جمهوری اسلامی ایران

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه زاری

(آبیاری ثقلی)

جلد سوم

زهکشی

نشریه شماره ۳-۳٤٦

وزارت جهاد کشاورزی

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

معاونت آب و خاک
دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی

معاونت برنامه‌ریزی
مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی

امور پیمان
omoorepeyman.ir

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۵/۰۰/۸۳

۱۳۸۵

فهرست‌برگه

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه زاری (آبیاری ثقلی)/ معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ وزارت جهاد کشاورزی، معاونت آب و خاک، دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی؛ معاونت برنامه‌ریزی مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی.- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۵.

۵ج.: مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۳۴۶) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۵/۰۰/۸۱ — ۸۵/۰۰/۸۵)

ISBN 964-425-815-0 (set)

مندرجات: ج. ۱. کلیات، تعاریف و مفاهیم پایه.- ج.۲. ضوابط مبانی آبیاری و تسطیح اراضی کشاورزی.- ج.۳. زهکشی.- ج.۴. سازه‌های آبی و جاده‌های دسترسی.-ج.۵. یکپارچه‌سازی اراضی کشاورزی.

۱. آبیاری- امکان‌سنجی. ۲. تسطیح اراضی- امکان‌سنجی. ۳. زهکشی - امکان‌سنجی. ۴. سازه‌های هیدرولیکی - طرح و محاسبه. ۵. یکپارچه‌سازی اراضی - امکان‌سنجی. ۶. کشاورزی - تأمین آب - امکان‌سنجی. الف. ایران. وزارت جهاد کشاورزی. دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی. ب. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. ج. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. د. عنوان. هـ فروست.

TA ۳۶۸ /س ۲۴ ۳۴۶ ش. ۱۳۸۵

شابک X-۸۱۰- ۴۲۵-۹۶۴

ISBN 964-425-810-X

مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی خشکه زاری (آبیاری ثقلی)، جلد سوم: زهکشی

تهیه‌کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

چاپ اول، ۱۰۰۰ نسخه

قیمت: ۲۰۰۰۰ ریال

سال انتشار: ۱۳۸۵

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ اتحاد

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

omoorepeyman.ir

بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رییس سازمان

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۱۰۰/۷۴۸۱۰
	تاریخ: ۱۳۸۵/۵/۴

موضوع:
مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی جلد سوم: زهکشی

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه کشور و آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی به پیوست نشریه شماره ۳-۳۴۶ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «**مبانی و ضوابط طراحی تجهیز و نوسازی اراضی جلد سوم: زهکشی**» از نوع گروه دوم، ابلاغ می‌شود.

شایسته است، دستگاه‌های اجرایی و مهندسان مشاور مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را - ضمن تطبیق با شرایط کاری خود - در طرح‌های عمرانی مورد استفاده قرار دهند.

فرهاد رهبر
معاون رییس جمهور و رییس سازمان

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

پیشگفتار

تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی به کلیه عملیاتی اطلاق می‌گردد که جهت استفاده بهینه از پتانسیل‌های آب و خاک در داخل واحد مزرعه صورت می‌گیرد و شامل اجزای زیر است:

احداث سامانه‌های آبیاری و زهکشی داخل مزرعه و ابنیه مربوط به آن؛

آرایش مناسب هندسی، قطعه‌بندی و تسطیح اراضی؛

احداث جاده‌های دسترسی؛ و

تجمیع و یکپارچه‌سازی اراضی.

اهدافی که در این عملیات مد نظر است فهرست‌وار عبارتند از :

تنظیم و آرایش هندسی قطعات زراعی نامنظم؛

قرار دادن آب در بالاترین نقطه قطعات زراعی و پخش یکنواخت آب در سطح آنها؛

توزیع آب بین قطعات زراعی؛

جمع‌آوری، هدایت و تخلیه مازاد آب آبیاری و بارندگی در واحدهای مزرعه؛

زهکشی زیرزمینی اراضی؛ و

ایجاد امکان دسترسی و ارتباط بین قطعات زراعی جهت انجام عملیات زراعی و مکانیزاسیون کشاورزی.

تمامی اهداف فوق به منظور دست‌یابی به استفاده بهینه از منابع آب و خاک و حصول به عملکرد هرچه اقتصادی تر محصول با استفاده از عملیات مکانیزه کاشت، داشت و برداشت می‌باشد.

نشریاتی که اینک در دسترس علاقمندان و دست‌اندرکاران قرار می‌گیرد، به "ضوابط و مبانی طراحی تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی به منظور آبیاری ثقلی" اختصاص دارد. این نشریه ها در پنج جلد به شرح زیر منتشر می‌شوند :

جلد اول : کلیات؛

جلد دوم : آبیاری؛

جلد سوم : زهکشی؛

جلد چهارم : سازه‌های آبی و جاده‌های دسترسی؛ و

جلد پنجم : یکپارچه‌سازی اراضی.

این نشریات، همانگونه که از نام آنها بر می‌آید، منحصر به آبیاری سطحی بوده و سامانه‌های تحت فشار را در بر نمی‌گیرند. علاوه بر این، مفاد این نشریات به آبیاری زراعتهای معمولی محدود می‌شود و مزارع شالیزاری، باغات، قلمستانها، گلکاریها و نظایر آن را شامل نمی‌شود.

امید است که مجموعه این پنج جلد که در حقیقت اجزای جدا ناشدنی یکدیگر به حساب می‌آیند، بتواند جای خالی ضوابط و مبانی طراحی تجهیز و نوسازی اراضی به منظور آبیاری ثقلی را تا حدود زیادی پر کند.

omoorepeyman.ir

این نشریه، جلد سوم از یک مجموعه پنج جلدی مربوط به « ضوابط و مبانی طراحی تجهیز و نوسازی اراضی بـه منظـور آبیـاری ثقلی» است که به « زهکشی» اختصاص دارد.

در این نشریه ابتدا ضوابط و مبانی زهکشی سطحی و پس از آن ضوبط و مبانی زهکشی زیرزمینـی و در پایـان ضـوابط و مبـانی مطالعه و اجرای عملیات اصلاح خاک و اراضی ارائه شده است.

متن اصلی این نشریه توسط مهندسین مشاور آبساران تهیه گردید، و در کمیته فنی متشکل از نمایندگان دفتر توسعه شبکه‌هـای آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی آقایان مهندس ادیمی، مهندس عادلی نوری و مهندس ابوالحسنی و نماینـدگان مؤسسـه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی آقایان مهندس پالوج و مهندس دهقان و مهندس سعیدنیا و سرکار خـانم مـاهوتی پـور و نمایندگان دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله آقایان مهندس علیرضـا دولتشـاهی و مهنـدس خشـایار اسفندیاری و نمایندگان مشاور، آقایان مهندس مجتبی اکرم و مهندس سید طاهر اسماعیلی نهایی گردیده است.

معاونت امور فنی از تمامی کسانی که در تهیه و تنظیم این نشریه همکاری داشته‌اند و بـه ویـژه جنـاب آقـای مهنـدس کـاظمی ریاست محترم مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی و جناب آقای مهندس سجادی مدیر کـل محتـرم دفتـر توسـعه شبکه‌های آبیاری و تجهیز و نوسازی اراضی کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی تشکر و قدردانی به عمل می‌آورد.

در پایان از تمامی متخصصان و کارشناسان تقاضا دارد با ابراز نظرات سازنده، این معاونت را در تحقق اهداف خود یاری نمایند.

حبیب امین‌فر

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۵

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول - زهکشی سطحی ۱

۱-۱- تعاریف کلی و اهمیت موضوع ۱
۱-۱-۱- سیستمهای زهکشی سطحی ۱
۱-۱-۲- موارد نیاز به احداث سیستم زهکشی سطحی ۲
۱-۱-۳- شکل دادن به اراضی برای زهکشی سطحی ۲
۱-۱-۳-۱- صاف کردن سطح اراضی ۳
۱-۱-۳-۲- شیب دادن به اراضی ۳
۱-۲- سیستمهای زهکشی سطحی برای اراضی مسطح ۶
۱-۲-۱- سیستم بسترسازی ۷
۱-۲-۲- سیستم زهکشی مزرعه‌ای موازی ۹
۱-۲-۳- سیستم زهکشی سطحی نامنظم ۱۱
۱-۲-۴- سیستم نهرچه های باز موازی ۱۲
۱-۳- سیستمهای زهکشی سطحی برای اراضی شیبدار ۱۳
۱-۳-۱- سیستم نهرچه عمود بر شیب ۱۴
۱-۳-۲- تراسهای استاندارد کنترل فرسایش ۱۵
۱-۴- تخلیه و انحراف آب ۱۷
۱-۴-۱- تخلیه آب در اراضی مسطح ۱۷
۱-۴-۲- تخلیه آب در اراضی شیبدار ۱۸
۱-۴-۳- انحراف و دفع آب ۱۹
۱-۵- برآورد دبی تخلیه در اراضی شیبدار ۲۰
۱-۵-۱- روش استدلالی یا منطقی ۲۰
۱-۵-۱-۱- مبانی ۲۱
۱-۵-۱-۲- تعیین زمان تمرکز (T_C) ۲۱
۱-۵-۱-۳- شدت بارندگی (I) ۲۲
۱-۵-۱-۴- ضریب رواناب (C) ۲۲
۱-۵-۲- روش مک- مث ۲۴
۱-۵-۳ - روش کوک ۲۵
۱-۵-۳-۱- حداکثر رواناب تعدیل نشده (P) ۲۶
۱-۵-۳-۲- عامل بارندگی (R) ۲۶
۱-۵-۳-۳- عامل فراوانی (F) ۲۷
۱-۵-۴- روش شماره منحنی (C_N) ۳۰
۱-۵-۴-۱- برآورد مقدار رواناب از یک مقدار بارندگی ۳۱
۱-۵-۴-۲- توزیع زمانی رواناب ۳۹
۱-۶- محاسبات دبی طراحی برای اراضی مسطح ۴۱
۱-۷- ضوابط و مبانی طراحی زهکشهای روباز در مزارع ۴۵
۱-۷-۱- زهکشهای روباز ۴۶
۱-۷-۲- مبانی طراحی کانالهای باز زهکشی ۴۷
۱-۸- ظرفیت طراحی زهکشهای روباز ۵۱
۱-۹- انتخاب شیب مناسب برای زهکشهای روباز ۵۳
۱-۱۰- انتخاب مسیر و اعمال ملاحظات خاص برای طراحی زهکشهای باز ۵۳
۱-۱۱- انحراف مسیر یا انحناء در زهکش روباز ۵۴
۱-۱۲- اتصال دو آبراهه (کانال باز یا نهرچه زهکشی) ۵۵

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۱۳- نگهداری از زهکشهای روباز ۵۶
۱-۱۳-۱- علل تخریب و یا بروز عملکرد نامطلوب در کانالهای باز زهکشی ۵۶
۱-۱۳-۲- اقدامات پیشگیرانه (احتیاطی) در نگهداری از کانالهای باز زهکشی ۵۶
۱-۱۳-۳- اقدامات اصلاحی در نگهداری از کانالهای باز زهکشی ۵۷
۱-۱۳-۴- هزینه‌های نگهداری از زهکشهای روباز ۵۸
۱-۱۳-۵- توصیه‌های لازم برای نگهداری از کانالهای باز زهکشی ۵۸

فصل دوم- زهکشی زیرزمینی ۵۹

۲-۱- تعاریف کلی و اهمیت موضوع ۵۹
۲-۱-۱- سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۵۹
۲-۱-۲- موارد نیاز به احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۶۰
۲-۱-۳- بررسیهای قابلیت زهکشی خاک و اراضی ۶۱
۲-۲- مبانی طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۶۳
۲-۲-۱- ضریب زهکشی عمقی یا شدت تخلیه زهکشهای زیرزمینی ۶۳
۲-۲-۲- منشاء و مقدار نفوذ عمقی و نوسانات خیز سطح ایستابی ۶۴
۲-۲-۳- عمق مناسب نصب زهکشهای زیرزمینی ۶۷
۲-۲-۴- خصوصیات پدولوژیکی و هیدرودینامیکی خاکها ۷۰
۲-۲-۴-۱- لایه محدود کننده ۷۰
۲-۲-۴-۲- هدایت هیدرولیکی اشباع خاکها ۷۱
۲-۲-۴-۳- تأثیر غیر همروندی و مطبق بودن نیمرخ خاکها ۷۳
۲-۲-۴-۴- رابطه بین بافت خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های زیرین خاک ۷۴
۲-۲-۴-۵- آبدهی ویژه یا درصد تخلخل قابل زهکشی (موثر) اراضی ۷۵
۲-۲-۵- ملاحظات اقتصادی و امکانات اجرائی در تعیین عمق بهینه استقرار زهکشهای زیرزمینی ۷۶
۲-۳- تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی ۷۷
۲-۳-۱- اهمیت موضوع ۷۷
۲-۳-۲- نظریه ماندگار بودن جریان ۸۰
۲-۳-۳- نظریه غیر ماندگار بودن جریان ۸۳
۲-۳-۴- محاسبه فاصله زهکشهای زیرزمینی برمبنای "دوره حداکثر نیاز آبی" ۸۴
۲-۳-۵- محاسبه فاصله زهکشهای زیرزمینی با روش "تعادل دینامیکی" ۸۵
۲-۳-۶- رهنمودهای کلی بر مبنای ویژگیهای خاک و اراضی در کشور ۸۵
۲-۴- مبانی طراحی روشهای زهکشی قائم ۸۷
۲-۴-۱- زهکشی اراضی از طریق تخلیه چاههای آبخوان‌های آزاد ۸۸
۲-۴-۲- تخلیه سفره‌های محصور برای تعدیل اثرات تغذیه‌ای ناشی از فشار آرتزین آبهای زیرزمینی ۹۱
۲-۵- زهکشی اراضی شیب‌دار و جریان آب بین دو آبراهه ۹۲
۲-۵-۱- احداث زهکش حایل برای تعدیل اثر آبهای ورودی ۹۳
۲-۵-۱-۱- شرایط مناسب برای استفاده از زهکش حایل ۹۳
۲-۵-۱-۲- لزوم انجام بررسیهای میدانی ۹۳
۲-۵-۱-۳- مبانی نظری در مورد روابط زهکش‌های حایل ۹۴
۲-۵-۲- زهکشی آبهای موضعی (محلی) ۹۷
۲-۵-۳- جریان آب بین دو آبراهه ۹۹
۲-۶- مجاری زهکشی بدون پوشش و روشهای زهکشی سازگار با محیط زیست ۱۰۰

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۷- لوله‌های زهکشی ۱۰۲
۲-۷-۱- کیفیت لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۰۳
۲-۷-۱-۱- ویژگی‌های مطلوب لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۰۳
۲-۷-۱-۲- لوله‌های بتونی ۱۰۴
۲-۷-۱-۳- لوله‌های سفالی ۱۰۴
۲-۷-۱-۴- لوله‌های پلاستیکی موجدار ۱۰۴
۲-۷-۲- ظرفیت طراحی زهکشهای زیرزمینی ۱۰۵
۲-۷-۳- انتخاب شیب مناسب زهکشهای زیرزمینی ۱۰۶
۲-۷-۴- ملاحظات خاص و انتخاب مسیر مناسب برای نصب زهکشهای زیرزمینی ۱۰۷
۲-۷-۵- فیلتر و مواد پوششی مورد نیاز زهکشهای زیرزمینی ۱۰۹
۲-۷-۶- مجاری ورود آب بدرون زهکشهای لوله‌ای زیرزمینی ۱۱۴
۲-۷-۷- مبانی هیدرولیکی محاسبه اندازه (قطر) زهکشهای زیرزمینی ۱۱۴
۲-۷-۷-۱- برای شرایط استقرار زهکش زیرزمینی بالاتر از لایه محدود کننده ۱۱۶
۲-۷-۷-۲- برای حالت استقرار زهکش زیرزمینی روی لایه محدود کننده ۱۱۷
۲-۷-۷- ۳- برای شرایط استقرار زهکش جمع کننده بالاتر از لایه محدود کننده ۱۱۷
۲-۷-۷- ۴- برای حالت استقرار زهکش جمع کننده روی لایه محدود کننده ۱۱۸
۲-۷-۷- ۵- برای حالت جریان یکنواخت ۱۱۹
۲-۷-۷-۶- برای حالت جریان غیریکنواخت ۱۱۹
۲-۷-۸- سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۱۱۹
۲-۷-۸-۱- شبکه زهکشی زیرزمینی طبیعی یا نامنظم ۱۱۹
۲-۷-۸-۲- شبکه زهکشی زیرزمینی جناقی ۱۲۰
۲-۷-۸-۳- شبکه زهکشی زیرزمینی موازی ۱۲۰
۲-۷-۸-۴- سیستم زهکشی زیرزمینی حایل ۱۲۰
۲-۷-۹- خروجی‌های سیستم زهکشی زیرزمینی ۱۲۱
۲-۷-۹-۱- ویژگیهای مطلوب خروجی‌ها برای زهکشهای زیرزمینی ۱۲۱
۲-۷-۹-۲- انواع خروجی‌های متداول و مرسوم برای زهکشهای زیرزمینی ۱۲۱
۲-۷-۱۰- طراحی برنامه پمپاژ برای تخلیه و دفع زه‌آبهای زهکشی ۱۲۲
۲-۷-۱۰-۱- تعیین ظرفیت طراحی ۱۲۲
۲-۷-۱۰-۲- قدرت مورد نیاز و راندمان پمپ ۱۲۲
۲-۷-۱۰-۳- منحنی کارکرد پمپ‌ها ۱۲۳
۲-۷-۱۰-۴- برنامه پمپاژ برای تخلیه و دفع زه‌آبهای زهکشی ۱۲۳
۲-۷-۱۱- ماشینهای حفاری و نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۲۷
۲-۷-۱۲- سازه‌های جانبی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۱۲۸
۲-۷-۱۲-۱- ورودی‌های سطحی ۱۲۸
۲-۷-۱۲-۲- ورودی‌های کور یا پنهان (زهکش فرانسوی) ۱۲۹
۲-۷-۱۲-۳- حوضچه‌های رسوب‌گیر ۱۲۹
۲-۷-۱۲-۴- چاهک‌های بازدید ۱۳۰
۲-۷-۱۲-۵- سازه‌های زهکشی کنترل شده ۱۳۱
۲-۷-۱۲-۶- لوله‌های کمکی و تهویه‌ای زهکشی ۱۳۱
۲-۷-۱۲-۷- چاههای آرتزین کمکی ۱۳۲
۲-۷-۱۳- موارد نگهداری از لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۲

omoorepeyman.ir

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲-۷-۱۳-۱- علل تخریب یا بروز عملکرد نامناسب در زهکشهای زیرزمینی ۱۳۲
۲-۷-۱۳-۲- اقدامات پیشگیرانه در نگهداری لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۳
۲-۷-۱۳-۳- اقدامات اصلاحی در نگهداری لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۴
۲-۷-۱۳-۴- توصیه‌های لازم برای نگهداری از لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۴
۲-۷-۱۴- مراحل طراحی و ساخت سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۵
۲-۷-۱۴-۱- هزینه‌های مرتبط در طراحی و احداث زهکشهای زیرزمینی ۱۳۵
۲-۷-۱۴-۲- مراحل طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۱۳۶
۲-۷-۱۴-۳- موارد نظارت و بازدید در دوره ساخت ۱۳۷

فصل سوم- ضوابط و مبانی مطالعه و اجرای عملیات اصلاح خاک و اراضی ۱۳۹

۳-۱- تعاریف کلی و اهمیت موضوع ۱۳۹
۳-۱-۱- خاک ۱۳۹
۳-۱-۲- اراضی ۱۳۹
۳-۱-۳- عملیات اصلاح و بهسازی خاک و اراضی ۱۴۰
۳-۱-۴- تشخیص مسئله ۱۴۰
۳-۲- خاکهای مرطوب ۱۴۱
۳-۲-۱- بیان مسئله ۱۴۱
۳-۲-۲- اقدامات اصلاحی لازم ۱۴۲
۳-۲-۲-۱- سیستم‌های زهکشی سطحی ۱۴۳
۳-۲-۲-۲- مراحل طراحی و ساخت ۱۴۶
۳-۲-۲-۳- شکل دادن به اراضی ۱۴۷
۳-۳- خاکهای مبتلا به شوری و سدیمی بودن ۱۴۸
۳-۳-۱- بیان مسئله ۱۴۸
۳-۳-۲- اقدامات اصلاحی لازم ۱۴۹
۳-۳-۲-۱- خاکهای شور ۱۵۰
۳-۳-۲-۲- خاکهای شور و سدیمی ۱۵۱
۳-۳-۲-۳- خاکهای سدیمی ۱۵۳
۳-۳-۲-۴- علایم ظاهری خاکهای مبتلا به شوری و سدیمی بودن ۱۵۴
۳-۳-۲-۵- مبانی نظری شوری زدائی املاح محلول از نیمرخ خاکها ۱۵۶
۳-۳-۲-۶- تعیین آب مورد نیاز آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها ۱۶۰
۳-۳-۲-۷- تعیین نوع و مقدار مواد اصلاح کننده خاکهای شور و سدیمی ، سدیمی ۱۶۷
۳-۳-۳- روشهای اجرای آزمایشهای شوری و سدیم زدایی خاکها ۱۷۱
۳-۳-۳-۱- آزمایشهای آزمایشگاهی ۱۷۱
۳-۳-۳-۲- آزمایشهای مزرعه‌ای ۱۷۲
۳-۳-۳-۳- روش فرآوری داده‌ها و ارائه مدل کاربردی مناسب ۱۷۴
۳-۴- خاکهای جزر و مدی ۱۷۷
۳-۴-۱- بیان مسئله ۱۷۷
۳-۴-۲- اقدامات اصلاحی لازم ۱۷۸
۳-۴-۳- فرایندهای تکامل خاکها ۱۷۹
۳-۴-۴- ماسه های ساحلی و شنهای روان ۱۸۰

omoorepeyman.ir

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- توصیه‌های لازم به توجه در خصوص انتخاب طول نوارها (ردیفها) در ارتباط با شیب و میزان (درجه) فرسایش پذیری خاکها..... ۶

شکل ۱-۲- اجزای شبکه (سیستم) زهکشی سطحی در یک قطعه زراعی (چند قطعه فرعی زراعی)..... ۶

شکل ۱-۳-مراحل ساخت و اجزای سیستم بسترسازی زهکشی سطحی در یک قطعه زراعی اصلی..... ۸

شکل ۱-۴- اجزای سیستم (شبکه) زهکشی مزرعه‌ای موازی در یک قطعه زراعی اصلی..... ۱۱

شکل ۱-۵- اجزای سیستم (شبکه) زهکشی سطحی نامنظم در یک قطعه اراضی..... ۱۲

شکل ۱-۶- اجزای سیستم (شبکه) زهکشی سطحی نهرچه‌های باز موازی در یک قطعه زراعی..... ۱۳

شکل ۱-۷- مشخصات ساخت (ایجاد) تراسهای نوع سکوئی یا پلکانی در اراضی شیب‌دار..... ۱۴

شکل ۱-۸- مقطع عرضی و اجزای سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب..... ۱۵

شکل ۱-۹- مقطع عرضی و اجزای تراسهای استاندارد کنترل فرسایش خاک (فرسایش آبی)..... ۱۷

شکل ۱-۱۰- شمای نوعی نهرچه برای انحراف و دفع آب در حد فاصل اراضی شیب‌دار و مسطح..... ۱۹

شکل ۱-۱۱- رابطه بین میزان بارندگی، رواناب و ضریب رواناب در شرایط آرمانی بر اساس روش استدلالی یا منطقی..... ۲۳

شکل ۱-۱۲- نمودار (گراف) تعیین میزان حداکثر رواناب تعدیل (تنظیم) نشده بر اساس روش کوک..... ۲۶

شکل ۱-۱۳- رابطه بین میزان بارندگی (P) و رواناب مستقیم (Q) در روش شماره منحنی (C_N)..... ۳۱

شکل ۱-۱۴- برآورد میزان رواناب مستقیم از بارندگی شدید (رگباری)..... ۳۷

شکل ۱-۱۵- هیدروگراف (آبنمود) واحد و بدون بعد توسعه یافته به وسیله سازمان حفاظت خاک کشور ایالات متحده آمریکا (SCS)..... ۳۹

شکل ۱-۱۶- هیدروگراف مثلثی شکل..... ۴۱

شکل ۱-۱۷- حل ترسیمی (گرافیکی) معادله (۲-۲۲) در شرایط بیان میزان بارندگی مازاد (Re)..... ۴۵

شکل۲-۱- رابطه بین میزان آبدهی ویژه (درصد حجمی) و هدایت هیدرولیکی خاک (سانتی‌متر در ساعت)..... ۷۵

شکل ۲-۲- راهنمای محاسبه عمق معادل "هوخهات" برای کاربرد در روابط تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی..... ۸۲

شکل ۲-۳- علائم و نشانه‌های به کار رفته در اشتقاق معادله "هوخهات" و حالت تعدیل شده آن..... ۸۳

شکل ۲-۴- علائم و نشانه‌های به کار رفته در اشتقاق معادله "گلاور-دام" برای شرایط استقرار زهکشهای زیرزمینی (لوله‌ای) روی لایه غیر قابل نفوذ و بالای لایه غیر قابل نفوذ..... ۸۶

شکل ۲-۵ - سطح مقطع نوعی چاه ثقلی (آزاد یا غیر محصور) در خاک با نیمرخ همگن (غیر مطبق)..... ۹۰

شکل ۲-۶- سطح مقطع نوعی چاه محصور(تحت فشار یا آرتزین)..... ۹۲

شکل ۲-۷- زهکش حایل در خاک همگن که لایه غیر قابل نفوذ با شیب یکنواخت در زیر آن قرار دارد..... ۹۶

شکل ۲-۸- زهکش حایل برای شرایطی که مقاومت شعاعی جریان را نتوان نادیده گرفت..... ۹۶

شکل ۲-۹ - استقرار زهکش حایل در اراضی شیب‌دار..... ۹۹

شکل ۲-۱۰- نشت آب از درون خاکریز (آب‌بند) با سطح تراوش عمودی..... ۱۰۰

شکل ۲-۱۱- شمای حوضچه پمپاژ کوچک زهکشی..... ۱۲۶

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۱-۱) نسبتهای خاکبرداری به خاکریزی برای انواع خاکها ۴

جدول(۱-۲) عرض توصیه شده برای عملیات بسترسازی در رابطه با وضعیت زهکشی داخلی خاکها ۷

جدول (۱-۳) ابعاد توصیه شده برای احداث زهکش‌های مزرعه ای ۹

جدول (۱-۴) ابعاد توصیه شده برای زهکشهای فرعی مزرعه‌ای ۱۰

جدول (۱-۵)- مقادیر متفاوت زمان تمرکز (T_C) برای حوضه‌های آبخیز کوچک ۲۲

جدول (۱-۶) ضریب رواناب (C) برای حوضه‌های آبخیز (خاکهای گروه B) ۲۳

جدول (۱-۷) مقادیر ضریب رواناب (C) برای کاربرد در معادله استدلالی یا منطقی ۲۴

جدول (۱-۸) مقادیر ضریب جریان یا تلفات (C) جهت کاربرد در رابطه مک- مث ۲۵

جدول (۱-۹) ویژگیهای موجد رواناب برای حوضههای زهکشی بازاء مقادیر وزنی (W) (ارقام داخل پرانتز میانگین وزنی می‌باشند) ۲۹

جدول (۱-۱۰) عوامل فراوانی (F) برای کاربرد در روش کوک ۳۰

جدول (۱-۱۱) حدود بارندگی فصلی برای شرایط رطوبت پیشین کلاس های مختلف ۳۴

جدول (۱-۱۲) - شماره منحنیهای رواناب برای شرایط متفاوت هیدرولوژیکی پوشش خاکها (برای شرایط حوضه آبخیز $I_A = 0.2$ S, II) ۳۵

جدول (۱-۱۳)- خصوصیات گروه‌های مختلف هیدرولوژیکی خاکها در حوضه‌های آبخیز ۳۶

جدول (۱-۱۴) ضرایب تبدیل شرایط منحنی گروههای مختلف هیدرولوژیکی خاکها به یکدیگر ۳۷

جدول (۱-۱۵) - شماره منحنیهای رواناب (C_N) ، ضرایب ثابت و تبدیلی ۳۸

جدول (۱-۱۶) مقادیر متوسط (مختصات) هیدروگراف بدون بعد پیشنهاد شده بوسیله (SCS) ۴۰

جدول (۱-۱۷)- رابطه مربوط به محاسبه سطح مقطع، محیط خیس شده، شعاع هیدرولیکی و عرض بالائی بعضی کانالهای باز ۴۹

جدول۱-۱۸- مقادیر محدودیت‌های سرعت جریان در ارتباط با جنس بستر، ضریب زبری، کیفیت فیزیکی آب انتقالی و مقادیر متفاوت نیروی کششی در کانالهای باز ۵۰

جدول (۱-۱۹)- حداکثر مقادیر شیب‌های جانبی برای طراحی کانالهای زهکشی باز (فواصل افقی به عمودی) ۵۱

جدول (۱-۲۰)- مقادیر انحناء توصیه شده برای کانالهای باز ۵۵

جدول (۲-۱)- بعضی ویژگیهای فیزیکی خاکها و مقادیر تراوشات عمقی مورد انتظار ۶۴

جدول (۲-۲)- برآورد نفوذ عمقی در روشهای آبیاری سطحی برای انواع خاکها ۶۵

جدول (۲-۳)- برآورد نفوذ عمقی در روشهای آبیاری سطحی با توجه به ۶۵

جدول (۲-۴)- برآورد راندمان کاربرد آب و مقادیر نفوذ عمقی در روشهای مختلف آبیاری ۶۶

جدول (۲-۵)- مقادیر متوسط ضریب زهکشی برای اراضی تحت آبیاری ۶۶

جدول (۲-۶)- ارقام پیشنهادی عمق مجاز تثبیت سطح ایستابی برای گیاهان متفاوت برای انتخاب و کاربرد روابط محاسبه فواصل و عمق نصب زهکشهای مزرعه‌ای ۶۸

جدول شماره (۲-۷)- آبدهی ویژه (تخلخل قابل زهکشی) در ارتباط با بافت و ساختمان خاک‌ها ۶۹

جدول (۲-۸)- عمق توسعه و ریشه دوانی بعضی از انواع گیاهان زراعی و باغی ۶۹

جدول (۲-۹)- رابطه بین بافت خاکها و هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های زیرین نیمرخ خاک ۷۴

جدول (۲-۱۰)- مقادیر ضریب زهکشی (زیرزمینی) برای اراضی مناطق مرطوب ۷۸

omoorepeyman.ir

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول (۲-۱۱)- فواصل زهکشهای زیرزمینی در شرایط وجود یا عدم وجود زهکش سطحی ۷۹

جدول (۲-۱۲)- متوسط عمق و فاصله برای نصب زهکشهای زیرزمینی مزرعه‌ای ۷۹

جدول (۲-۱۳)- خصوصیات کلی بعضی سازندهای آبدار زیرزمینی ۸۸

جدول (۲-۱۴)- شعاع تأثیر چاههای با سفره آزاد برحسب نوع سازندها و بافت خاکها ۸۹

جدول (۲-۱۵)- حداقل شیب زهکشهای زیرزمینی ۱۰۶

جدول (۲-۱۶)- حداکثر مقادیر اعماق توصیه شده جهت نصب لوله‌های زیرزمینی در خاکهای بدون ساختمان و ریزدانه (متر) ۱۰۸

جدول (۲-۱۷)- بارهای وارد شده بوسیله چرخهای وسایل نقلیه به لوله‌های زیرزمینی سخت ۱۰۹

جدول (۲-۱۸)- ضخامت فیلتر بعنوان تابعی از نسبت (F/A) ۱۱۱

جدول (۲-۱۹)- روابط بین چگونگی دانه‌بندی مواد اولیه (پایه) و مواد پوششی درجه بندی شده ۱۱۳

جدول (۲-۲۰)- ضرایب رابطه بین دبی تخلیه زهکش جمع کننده بازاء مقادیر متفاوت سطوح زهکشی ۱۱۸

جدول (۲-۲۱)- مخارج (قیمت) نسبی لوله‌های زهکشی از نظر اندازه (قطر) ۱۳۶

جدول (۳-۱)- مقاومت نسبی گیاهان به شرایط زهدار و ماندابی بودن ۱۴۲

جدول (۳-۲) ضریب زهکشی برای بعضی حوضه‌های معرف کشاورزی ۱۴۳

جدول (۳-۳) مشخصات نهرچه‌های زهکشی جهت کنترل سطح ایستابی در مزرعه ۱۴۴

جدول (۳-۴) محدودیتهای سرعت جریان و شیب جانبی برای کانالهای زهکشی بدون پوشش ۱۴۵

جدول (۳-۵) خصوصیات شیمیائی انواع مواد اصلاح کننده ۱۵۳

جدول (۳-۶) مقادیر مواد اصلاح کننده (گچ ، گوگرد و اسید سولفوریک) لازم جهت اعماق متفاوت نیمرخ خاک برای جایگزینی با مقادیر مشخصی سدیم تبادلی ، برحسب تن در هکتار ۱۶۹

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل اول

زهکشی سطحی

۱-۱- تعاریف کلی و اهمیت موضوع

۱-۱-۱- سیستم‌های زهکشی سطحی

زهکشی سطحی[1] عبارت از تخلیه آب اضافی از روی سطح و یا بخشی از لایه سطحی نیمرخ خاک از طریق سیستم کانال‌های باز و هدایت زه آبهای حاصله به محل تخلیه و دفع مناسبی است*. در اراضی مسطح، مسئله اصلی، تخلیه گاه به گاه آبهای جمع شده در گودال‌هاست. در حالیکه در اراضی شیب‌دار، معمولاً تخلیه آب اضافی بدون ایجاد فرسایش خاک مورد نظر است.

باید گفته شود که «زهکشی سطحی» یکی از قدیمی‌ترین روش‌های زهکشی است هر چند این مورد، هرگز در گذشته به صورت سیستماتیک مورد مطالعه قرار نگرفته و همواره به عنوان بخشی از عملیات کشت و کار محسوب می‌گردیده است. در چند دهه اخیر توجه خاصی به جنبه‌های نظری و عملی زهکشی سطحی معطوف شده و این اقدام منتج به دستیابی به راه کارهای مفید و مؤثری در جهت تعدیل مشکل گردیده است.

در قاره اروپا، روش زهکشی سطحی طی قرون ۱۶ و ۱۷ میلادی از طریق ایجاد جویچه‌های ته بسته[2] یا نهرچه‌های کوچک از طریق عملیات شخم و تبدیل این قبیل اراضی به بستر کشت گیاهان زراعی به انجام می‌رسیده است. در چند دهه اخیر، زهکشی سطحی کاربرد وسیعی یافته است.

عملیات قدیمی زهکشی سطحی، اغلب موجب بروز مشکلاتی در اجرای عملیات مکانیزه کشاورزی می‌گردید. این عامل، خود یکی از دلایل عطف توجه خاص به تحقیقات گسترده در زمینه زهکشی سطحی و دستیابی به روش‌های مؤثر زهکشی سطحی بود. عامل مهم دیگر لزوم توجه به شکل دادن به اراضی برای اهداف آبیاری و جلوگیری از فرسایش خاک بوده است. چنین دیدگاه‌هائی - موجب ابداع روش‌های مؤثرحل مشکلات زهکشی سطحی‌خاک گردیده است.

به‌رغم موارد بیان شده، بهرحال عملیات زهکشی سطحی هنوز به طور قابل ملاحظه‌ای به تجربیات عملی مهندسین طراح بستگی دارد.

1- Surface Drainage

* در تعریفی دیگر، زهکشی سطحی اقدامی برای تخلیه آب اضافی از سطح اراضی و هدایت زه‌آبهای مربوطه به مجاری روباز طبیعی و یا احیاء شده (لایروبی، اصلاح شکل هندسی، شیب دادن طولی و عرضی به آبراهه‌های طبیعی) و یا کانالهای زهکشی مصنوعی، هم چنین شکل دادن، شیب‌بندی سطح اراضی و هدایت زه‌آبهای حاصله به محل تخلیه و دفع مناسب، توصیف شده است.

۲- Dead Furrows

omoorepeyman.ir

۱-۱-۲- موارد نیاز به احداث سیستم زهکشی سطحی

نیاز به سیستم زهکشی سطحی، حاصل اثر مشترک عواملی مانند اقلیم، شرایط خاک، توپوگرافی، موارد کاربری اراضی و عوامل هیدرولوژیکی منطقه می‌باشد. بارندگی مازاد، رواناب حاصل از اراضی مرتفع بالادست و جریان‌های سیلابی رودخانه‌ها نیز ممکن است موجب حالت آب ماندگی در سطح اراضی گردد.

عامل « ماندابی[1]» در شرایطی که خاک دارای نفوذپذیری کمی بوده و از شرایط زهکشی داخلی مطلوبی برخوردار نباشد، تشدید می‌گردد*. در ارتباط با رابطه بین بارندگی، شرایط خاک و روان آب سطحی، دو مفهوم کلی قابل ملاحظه است:

مفهوم آستانه‌ای[2] : بدین معنی که بارندگی از سرعت نفوذ پایه اراضی تجاوز نمی‌نماید. بدین ترتیب خاک قادر به جذب آب حاصل از بارندگی تا حد اشباع شدن است و پس از آن، آب بر روی سطح اراضی شروع به جریان به صورت رواناب می‌نماید.

مفهوم نفوذپذیری[3] : بدین معنی که شدت بارندگی از سرعت نفوذ بیشتر است، بدین دلیل حالت ماندابی بودن بر روی سطح اراضی، حتی قبل از اشباع شدن نیمرخ خاک اتفاق می‌افتد.

بطور کلی در مناطق مرطوب که بارندگی با شدت زیاد اتفاق می‌افتد و بخصوص در شرایطی‌که بافت خاک سنگین تا بسیار سنگین باشد، ایجاد نوعی سیستم زهکشی‌سطحی اجتناب‌ناپذیر است. احداث سیستم زهکشی سطحی در صورت وجود یک یا چند مورد از حالتهای زیر نیز لازم است:

- بروز حالت آب‌ماندگی در گودال‌ها یااراضی پست برای مدت چند روز پس از یک دوره بارندگی سنگین.
- رنگ خاک لایه‌های زیرین نیمرخ‌خاک (از ۲۰-۴۰ سانتیمتر به پائین) دارای نشانه‌هایی به رنگ‌های خاکستری یا آبی و یا دارای رنگدانه‌های قهوه‌ای یا زرد رنگ باشد.
- وجود یک سخت لایه یا طبقه متراکم در افقهای فوقانی نیمرخ خاک.
- خاک لایه‌های زیرین نیمرخ خاک تا عمق ۱۰۰ سانتیمتری، حتی پس از یک دوره بارندگی سنگین کاملاً خشک (بدون رطوبت) باشد.
- رستنی‌هائی مانند نی، بوریا (لوئی)، علف‌های هرز و گیاهانی که در شرایط رطوبتی زیاد خاک رشد می‌نمایند، به تدریج در جویچه‌های ته بسته و یا در فرورفتگی‌های کم عمق شروع به رشد و نمو می‌نماید.

۱-۱-۳- شکل دادن به اراضی برای زهکشی سطحی

گاهی احداث سیستم زهکشی سطحی، که قادر به انتقال جریان‌های سطحی آنهم طی دوره‌های زمانی بخصوصی باشد، به عنوان راه حل مشکل زهکشی سطحی مزارع غیر کافی است، زیرا آب می‌تواند به صورت ساکن در گودال‌ها و فرورفتگی‌های موجود

1 - Ponding .

* حالت ماندابی شدن در شرایط تجمع آب اضافی برروی سطح خاک اتفاق می‌افتد و شرایط زهدار شدن (Waterlogging) اراضی در حالت تجمع آب اضافی در محدوده توسعه ریشه گیاهان و در نیمرخ خاک حاصل می‌گردد.

2- The Threshold Concept.

3- The Infiltration Concept.

omoorepeyman.ir

در سطح اراضی باقی بماند. بنابراین گاهی ضرورت دارد که علاوه بر ساخت سیستم کانالها، تغییراتی دایمی بر روی وضعیت توپوگرافی اراضی نیز به انجام رسد. این اقدام تحت عنوان «شکل دادن به اراضی[۱]» نامیده می‌شود*.

شکل دادن به اراضی نه تنها موجب بهبود جریان آب بر سطح اراضی می‌گردد، بلکه شرایط کاربرد مؤثر ماشین‌های کشاورزی در مزرعه را نیز افزایش می‌دهد. از دیدگاه عملیات زهکشی سطحی شکل دادن به سطح اراضی در مقایسه با اهداف آبیاری و جلوگیری از فرسایش خاک، اقدام جدیدی محسوب می‌گردد. شکل دادن به اراضی نه تنها از نظر فنی توجیه پذیر است، بلکه از جنبه‌های اقتصادی نیز اقدام قابل ملاحظه و مطلوبی محسوب می‌گردد. در عملیات شکل دادن به اراضی زراعی دو مفهوم کلی بایستی مورد نظر باشد که عبارتند از: صاف کردن سطح اراضی[۲] و شیب دادن به اراضی[۳]، که اقدام دوم حجم عملیات خاکی بیشتری را در مقایسه با مورد نخست ایجاب می‌نماید.

۱-۱-۳-۱- صاف کردن سطح اراضی

صاف کردن اراضی به معنی تسطیح مختصر سطح اراضی محدوده مورد نظر بدون ایجاد تغییر در وضعیت توپوگرافی کلی آن است. عملیات صاف کردن، موجب برطرف شدن اختلاف ارتفاع‌های کم و ایجاد نوعی شیب کلی از کلیه نقاط مزرعه به سمت زهکش سطحی مزرعه‌ای می‌گردد**. برای حصول اطمینان در عملیات صاف کردن اراضی بهتر است سطح اراضی مورد نظر کاملاً خشک و شخم‌خورده باشد.

عملیات صاف کردن سطح اراضی یکی از ارزان‌ترین و در عین حال مؤثرترین اقدامات برای زهکشی سطحی است. انجام این عملیات از طریق اتصال یک قطعه چوبی که به وسیله تراکتور کشیده می‌شود (روش قدیمی) تا بکارگیری ادوات پیشرفته‌ای نظیر انواع تسطیح کننده‌های کششی عملی است.

۱-۱-۳-۲- شیب دادن به اراضی

شیب‌بندی اراضی برای اهداف زهکشی سطحی مشتمل بر شیب دادن وضعیت ظاهری اراضی از طریق عملیات خاک‌برداری، خاک‌ریزی و صاف کردن سطح اراضی به صورت پیوسته و مورد نظر می‌باشد***

بطور کلی، شیب‌بندی اراضی اقدامی است که فقط یکبار به مرحله اجرا در می‌آید و بدین منظور از ماشین‌هائی نظیر بلدوزر، گریدر و اسکریپر استفاده می‌شود و مشتمل بر حمل و نقل خاک بر مبنای رقوم خاک برداری و خاک‌ریزی بر پایه شیب‌های غالب اراضی مورد نظر است. انتخاب ماشین‌های مورد نیاز مرتبط با فاصله جابجایی خاک، عمق خاک‌برداری و شرایط خاک مزرعه می‌باشد.

۱- Land Forming.

* شکل دادن اراضی، به حالت تغییر وضعیت فیزیکی و توپوگرافی سطح خاک قطعات اراضی گفته می‌شود. بطوریکه احتیاجات مورد نیاز عملیات زهکشی سطحی و آبیاری را برآورده نماید. این کار از طریق اقداماتی نظیر: بسترسازی، شیب دادن و صاف کردن سطح اراضی بانجام می‌رسد.

2- Land Smoothing (Planing).

3- Land Grading.

** صاف کردن اراضی، به حالت تسطیح مختصر سطح اراضی محدوده مورد نظر بوسیله عملیات ماله‌کشی و به منظور برطرف کردن گودالهای کوچک و برآمدگی‌های کم ارتفاع و بدون تغییر در وضعیت توپوگرافی کلی قطعه اراضی مربوطه توصیف شده است

*** شیب‌بندی اراضی، به شرایط تسطیح اراضی محدوده مورد نظر با شیب‌های از پیش محاسبه شده گفته می‌شود. بطوریکه هر ردیف با شیب‌های سطحی به زهکش مزرعه‌ای منتهی گردد

omoorepeyman.ir

شیب‌بندی اراضی برای اهداف زهکشی سطحی با عملیات تسطیح اراضی برای عملیات آبیاری تفاوت کلی دارد زیرا در حالت زهکشی، نیاز به اعمال شیب یکنواخت وجود ندارد و بدین ترتیب شیب‌های طولی (ردیف‌ها) می‌تواند تا حدی متغیر باشد. گر چه این امر متضمن عملکرد مطلوب زهکشی سطحی با حداقل میزان عملیات شیب‌بندی است، لیکن شیب اراضی در جهت زهکش‌ها بایستی پیوسته بوده و مقدارآن می‌تواند از حداقل ۰/۰۵٪ ، به طور ترجیحی ۰/۱ ٪ تا حداکثر ۰/۵ ٪ طراحی گردد.

حداکثر طول مجاز قطعات (ردیف‌ها) مرتبط با شیب، میزان نفوذپذیری خاک و خطرات احتمالی ناشی از فرسایش خاک است. بدون توجه به تفاوت خاک‌ها، هرچه شیب اراضی ملایم‌تر باشد، طول ردیف‌ها کوتاه‌تر خواهد بود. در اراضی بدون شیب و یا با شیب کم نیز می‌توان شیب مورد نظر را ایجاد کرد و یا آن را افزایش داد. انجام این اقدام از طریق ایجاد یک پشته (مرز) مصنوعی در حد وسط دو خط زهکش موازی و با ایجاد شیب یکنواخت بین دو خط زهکش موازی عملی است.

بطور کلی عملیات تسطیح اراضی با اهداف آماده نمودن زمین با شیب یکنواخت و مناسب در قطعات زراعی برای افزایش راندمانهای توزیع و کاربرد آب آبیاری، فراهم شدن شرایط مطلوب برای تخلیه جریانهای زهکشی سطحی، ایجاد تسهیلات لازم برای اجرای عملیات کاشت، داشت و برداشت محصولات تولیدی (زراعی و باغی) بانجام می‌رسد که نتیجه نهائی آن افزایش کمی و کیفی محصولات تولیدی است.

برداشت خاک لایه سطحی برای عملیات شیب دادن به سطح اراضی موجب کاهش عملکرد محصول به دلیل فقیر بودن خاک لایه‌های زیرین از مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌گردد*. بدین دلیل کاربرد مواد معدنی و آلی در سطح اراضی شیب داده شده، توصیه می‌گردد. در فرایند عملیات شیب دادن به سطح اراضی، خاک مزرعه متراکم می‌شود. میزان این فشردگی در شرایطی که خاک خشک و شخم خورده و فاصله حمل و نقل خاک در مزرعه زیاد نباشد، کاهش خواهد یافت. سطح خاک‌های متراکم شده را بایستی با استفاده از ادوات مخصوص (ریپیر یا زیرخاک‌کن معمولی و یا ویبره) به حالت غیر متراکم یا پوک درآورد. پس از عملیات شیب‌بندی اراضی، مناطق خاکریزی شده نشست خواهد نمود و بالعکس در مناطق خاکبرداری شده پس از اعمال عملیات شخم، خاک متورم می‌گردد. بدین دلیل محاسبات خاک‌ریزی و خاک‌برداری را بایستی قبل از اجرای عملیات شیب‌بندی تنظیم نمود. در جدول شماره (۱-۱) بعضی توصیه‌های لازم به توجه در مورد نسبت‌های خاک‌ریزی و خاک‌برداری برای انواع خاک‌ها ارائه شده است.

جدول (۱-۱) نسبت‌های خاک‌برداری به خاک‌ریزی برای انواع خاک‌ها

ردیف	بافت خاکها	خاک‌برداری به خاک‌ریزی * $\left(\frac{C}{F}\right)$
۱	خاک‌های ریز بافت (رسی)	۱/۳ تا ۱/۴
۲	خاک‌های درشت بافت (شنی)	۱/۱ تا ۱/۲
۳	خاک‌های بافت متوسط (رسی- لومی)	۱/۲ تا ۱/۳
۴	خاک‌های آلی (اورگانیک)	۱/۷ تا ۲/۰

* C ، مترادف با خاکبرداری و F ، مترادف با خاکریزی می‌باشد.

omoorenevman.ir

* بدیهی است این موضوع در مورد اراضی که خاکهای کم عمقی دارند، تشدید خواهد شد.

نسبت خاک‌برداری به خاکریزی بستگی زیادی به بافت خاک و حجم عملیات خاکی در واحد سطح دارد، بطوریکه برای خاکهای ریزدانه* در شرایطی که حجم عملیات خاکی (تسطیح) کمتر از ۴۰۰ مترمکعب در هکتار باشد، نسبت خاک‌برداری به خاک‌ریزی در حدود ۱/۴–۱/۵ و در شرایطی که حجم عملیات خاکی ۴۰۰–۶۰۰ مترمکعب در هکتار باشد نسبت مذکور ۱/۳۵–۱/۴۰ و برای عملیات تسطیح بیشتر از ۶۰۰ مترمکعب در هکتار این نسبت بطور تقریبی برابر با ۱/۳۰ خواهد بود.

طرح شیب دادن به سطح اراضی مشتمل بر عملی‌ترین شیب قابل اجرا در سطح مزرعه با منظور داشتن سیستم‌های آبیاری، زهکشی و جاده‌های مزرعه‌ای است. برای اجرای عملیات شیب دادن بایستی سطح اراضی مورد نظر از پوشش گیاهی پاک گردیده و برای اجرای عملیات تسطیح آماده شده باشد.

شیب دادن به اراضی اقدامی پر هزینه است. در صورت تفکیک دقیق و آگاهانه اراضی به زیربخش‌هایی که تقریباً دارای شیب و شرایط خاک مشابه باشند، می‌توان در میزان هزینه‌های مربوطه صرفه‌جویی نمود.

در نشریه شماره ۲۰۵ موسسه تحقیقات خاک و آب تحت عنوان « راهنمای طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری (سطحی یا ثقلی) در ایران» در خصوص نیاز به تسطیح اراضی برای اعمال روش‌های آبیاری سطحی موارد زیر بعنوان رهنمودهای کلی و کاربردی ارائه شده است:

(g) – نیاز به تسطیح کم، در مواردی که اراضی دارای پستی و بلندی‌های خیلی کم می‌باشند، در این شرایط اعماق خاک‌برداری و یا خاک‌ریزی کمتر از ۷/۵ سانتیمتر و حجم عملیات خاکی کمتر از ۳۷۵ مترمکعب در هکتار برآورد می‌گردد.

g – نیاز به تسطیح متوسط ، در شرایطی که اراضی دارای پستی و بلندی‌های کم (شیب کمتر از ۵ درصد) می‌باشند. در این حالت اعماق خاک‌برداری و یا خاک‌ریزی ۷/۵ – ۱۵/۰ سانتیمتر و حجم عملیات خاکی در حدود ۳۷۵ – ۷۵۰ مترمکعب در هکتار برآورد می‌شود.

G – نیاز به تسطیح زیاد، در مواردی که اراضی دارای پستی و بلندی‌های متوسط (شیب تا ۸ درصد) می‌باشند. در این شرایط اعماق خاک‌برداری و یا خاک‌ریزی ۱۵/۰ – ۳۰/۰ سانتیمتر و حجم عملیات خاکی در محدوده ۷۵۰ – ۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد می‌گردد.

G – نیاز به تسطیح خیلی زیاد ، در شرایطی که اراضی دارای پستی و بلندی‌های زیاد (شیب تا حداکثر ۱۲ درصد) می‌باشند. در این حالت اعماق خاک‌برداری و یا خاک‌ریزی بیشتر از ۳۰/۰ سانتیمتر و حجم عملیات خاکی بیشتر از ۱۵۰۰ مترمکعب در هکتار برآورد می‌شود.

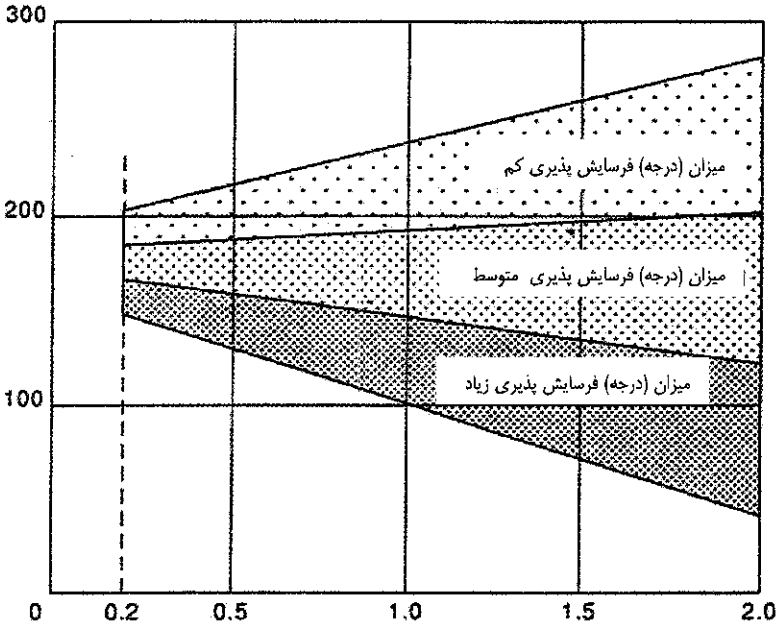
X – نیاز به تسطیح اراضی نامعین (نا مشخص)، در حالت‌هایی که اراضی دارای پستی و بلندی‌های خیلی زیاد (شیب بیشتر از ۱۲ درصد) می‌باشند. در این شرایط ضرورت دارد که سایر ویژگی‌های کیفی و ذاتی خاک‌ها نیز مورد نظر قرار گیرد. اظهار نظر در مورد وضعیت تسطیح این قبیل اراضی نیاز به بررسی‌های دقیق‌تری دارد.

امور پیمان
omoorepeyman.ir

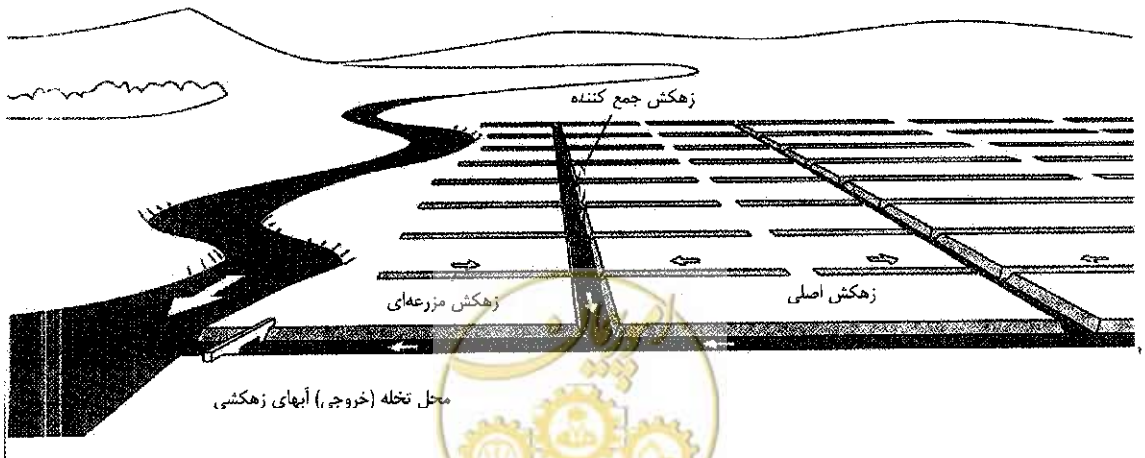
* Silty Clay, Clay Loam, Silty Clay Loam, Clay.

۱-۲- سیستم‌های زهکشی سطحی برای اراضی مسطح

سیستم‌های زهکشی سطحی اراضی مسطح (حداکثر شیب ۰.۲٪) با روش‌های مناسب برای اراضی شیب‌دار متفاوت می‌باشند، زیرا در اراضی مسطح، عامل محدود کننده، فقدان شیب کافی است در حالی که در اراضی شیب‌دار، عامل محدود کننده، شیب تند و خطرات ناشی از فرسایش خاک، تلقی می‌گردد. توصیه‌های لازم در مورد انتخاب طول نوارها یا ردیف‌ها در ارتباط با شیب و میزان فرسایش‌پذیری خاکها در شکل (۱-۱) و اجـزای شبکه (سیستم) زهکشی سطحی در شکل (۱-۲) نشان داده شده است. چهار نوع سیستم زهکشی سطحی برای اراضی مسطح در این زیر بخش مورد بحث قرار می‌گیرد که عبارتند از: سیستم‌های بسترسازی، زهکش‌های مزرعه‌ای موازی، زهکش‌های غیرمنظم و سیستم نهرچه‌های باز موازی.



شکل ۱-۱- توصیه‌های لازم به توجه در خصوص انتخاب طول نوارها (ردیفها) در ارتباط با شیب و میزان (درجه) فرسایش پذیری خاکها



شکل ۱-۲- اجزای شبکه (سیستم) زهکشی سطحی در یک قطعه زراعی (چند قطعه فرعی زراعی)

omoorepeyman.ir

۱-۲-۱- سیستم بسترسازی[1]

این روش یکی از قدیمی‌ترین عملیات زهکشی سطحی است که به طور عمده در اراضی مسطح با شرایط زهکشی ضعیف و نفوذپذیری آهسته قابلیت کاربرد دارد*. انجام عملیات خاک‌ورزی[2] در اراضی طی سالیان متمادی در امتداد شیب غالب اراضی موجب تشکیل نوعی بسترکشت می‌گردد که قطعات مربوطه بوسیله نهرچه‌های ته بسته‌ای از یکدیگر تفکیک می‌گردند. به جز عملیات شخم که همواره بایستی به موازات نهرچه‌ها بانجام رسد، سایر عملیات زراعی را می‌توان در هر دو جهت اعمال نمود. عملیات بسترسازی در اراضی با شیب طولی ۱/۵ درصد قابلیت کارایی مطلوبی را نمودار ساخته است. عرض بستر مرتبط با کاربری اراضی، شیب مزرعه، وضعیت نهرچه‌های ته بسته، نفوذپذیری خاک، چگونگی اجرای عملیات زراعی و عرض کار ماشینها و ادوات کشاورزی است. عرض مناسب بستر در ارتباط با وضعیت زهکشی داخلی خاک‌ها در جدول زیر ارائه شده است.

جدول(۱-۲) عرض توصیه شده برای عملیات بسترسازی در رابطه با وضعیت زهکشی داخلی خاکها

۱	خیلی آهسته	۰/۵۰	۱۲-۸
۲	آهسته	۱۰/۰ – ۵/۰	۱۷-۱۵
۳	مناسب	۲۰/۰ – ۱۰/۰	۳۰-۲۰

طول قطعات بستر بین ۱۰۰ – ۳۰۰ متر متفاوت است. ارتفاع بستر در اکثر خاک‌ها می‌تواند برای مرتع ۴۰ سانتیمتر و در سایر موارد ۲۰ سانتیمتر باشد. چنین ارتفاع بسترسازی را می‌توان از طریق تکرار عملیات شخم در یک جهت (با حفظ نهرچه ته بسته در محل اولیه) به مرور ایجاد نمود و یا اینکه از ماشین‌های جایجایی خاک استفاده کرد.

آب از طریق نهرچه‌های ته بسته به زهکش مزرعه‌ای که در پائین‌ترین بخش مزرعه و به صورت عمود بر نهرچه‌های ته بسته احداث گردیده ، تخلیه می‌شود. زهکش مزرعه‌ای نیز به زهکش فرعی مزرعه‌ای (لترال) متصل می‌گردد تا بدینوسیله آب‌های مازاد را به زهکش اصلی تخلیه و دفع نماید. زهکش‌های مزرعه‌ای از نوع کم عمق (با متوسط عمق ۲۵ سانتیمتر)، با شیب جانبی ملایم ۱ : ۸ تا ۱:۱۰ و دارای شیب طولی حداقل ۰/۱ درصد است. معایب سیستم بسترسازی را می‌توان به صورت زیر خلاصه نمود.

- شیب جانبی نهرچه‌ها در اکثر حالت‌ها غیر کافی است ، بخصوص در شرایطی که بوسیله عملیات شخم ایجاد شده باشند.
- در عملیات بسترسازی خاک لایه سطحی کناره‌های بستر به بخش میانی انتقال داده می‌شود. بدین دلیل ممکن است کاهش عملکرد محصول در حواشی نهرچه‌ها حاصل گردد.
- نهرچه‌های ایجاد شده به نگهداری منظم نیاز دارند. علاوه بر آن جلوگیری از رویش علف‌های هرز در آنها همواره بایستی به انجام رسد.
- ایجاد سیستم بسترسازی ممکن است در شرایطی موجب اختلال در امور مربوط به مکانیزاسیون عملیات مزرعه‌ای شود.

---

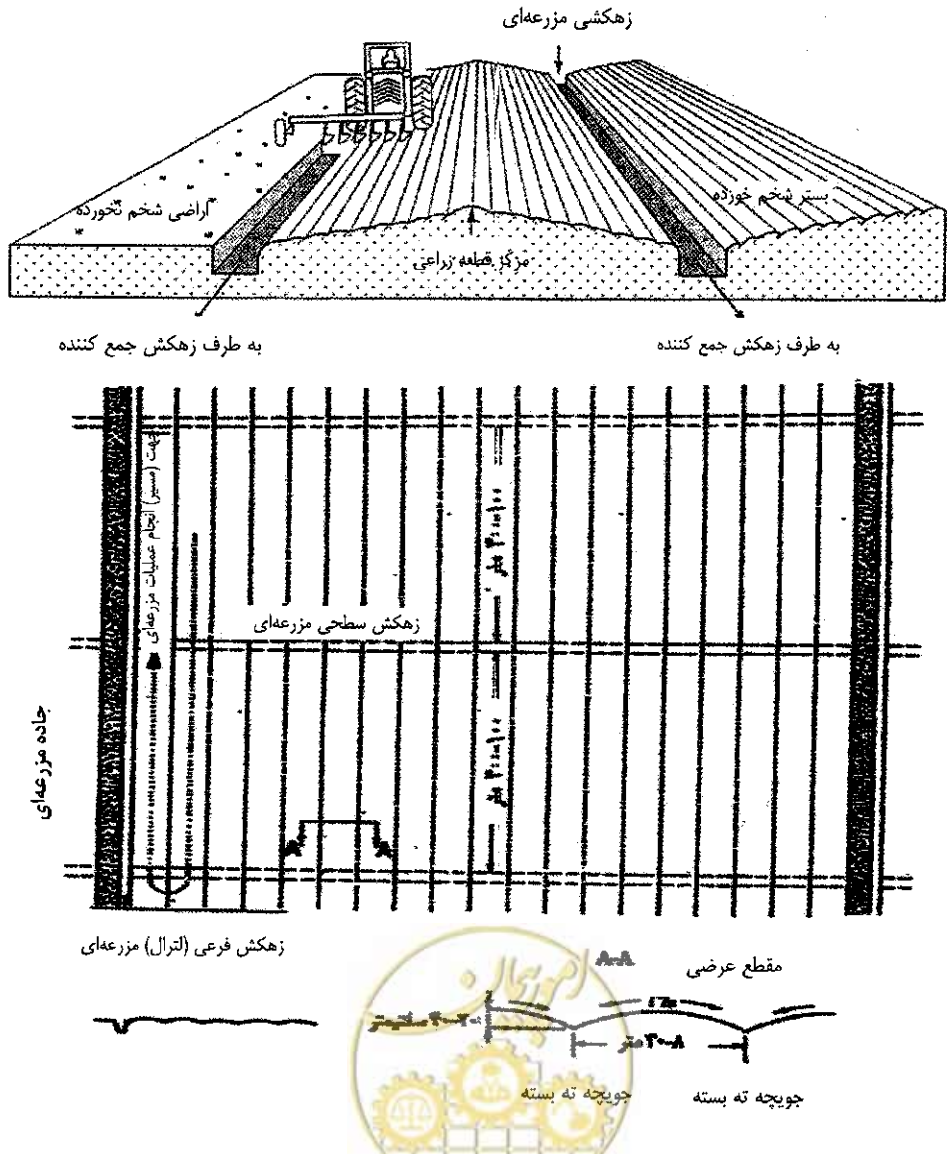
1 - Bedding .

* بسترسازی قطعات اراضی، یکی از روشهای زهکشی سطحی است که از طریق اجرای عملیات شخم برروی سطح اراضی محدوده مورد نظر بنحوی اعمال می‌گردد که منتج به حصول چند سری بستر گود (غیرمرتفع یا پست) که بوسیله زهکش‌های مزرعه‌ای از یکدیگر جدا می‌شوند، گردد.

2 - Tillage .

omoorepeyman.ir

هرگاه عملیات کشت و کار گیاهان زراعی به صورت ردیف‌هایی به موازات نهرچه‌های ته بسته به انجام رسد، سیستم بسترسازی اراضی از دیدگاه زهکشی سطحی نتایج رضایت بخشی را حاصل نمی‌نماید، زیرا پشته‌های ایجاد شده مانع از حرکت جانبی آب به روی سطح اراضی و به سمت نهرچه‌های ته بسته می‌گردد. بدین ترتیب جویچه‌های کشت بایستی الزاماً به زهکش مزرعه‌ای تخلیه و یا به این منظور نوعی زهکش‌کمکی عمودی بر جویچه‌های کشت ایجاد و نگهداری گردد. بنابراین سیستم بسترسازی قطعات منحصراً برای اهداف کاربری اراضی به صورت مرتع و یا کشت گیاهان علوفه‌ای و یا هر نوع زراعتی که امکان صاف کردن سطح اراضی را فراهم می‌آورد، توصیه می‌گردد. حتی در شرایطی که سطح اراضی نیز بسیار مسطح باشد، احداث سیستم زهکش‌های مزرعه‌ای موازی ترجیح داده می‌شود. مراحل ساخت و اجزای سیستم بسترسازی زهکشی سطحی در مزرعه در شکل (۱-۳) نشان داده شده است



شکل ۱-۳-مراحل ساخت و اجزای سیستم بسترسازی زهکشی سطحی در یک قطعه زراعی اصلی

@omoorepeyman.ir

۱-۲-۲- سیستم زهکشی مزرعه‌ای موازی

سیستم زهکشی مزرعه‌ای موازی یکی از موثرترین روش‌های زهکشی سطحی است. این سیستم بخصوص برای اراضی مسطح با شرایط زهکشی ضعیف که ناهمواریهای متعددی داشته باشد قابلیت کاربرد دارد. موفقیت کارایی این سیستم در آن است که شکل دادن به اراضی در آن به نحو مطلوبی بانجام رسد تا در نتیجه آن نوعی شیب مناسب برای ردیف‌های کشت حاصل گردد. چنین ردیف‌هایی جریان خود را به زهکش‌های مزرعه‌ای موازی که در محل مناسبی در مزرعه احداث گردیده‌اند تخلیه می‌نمایند. این گونه زهکش‌های مزرعه‌ای مشتمل بر نهرچه‌های شیب داری با شیب جانبی ملایم می‌باشند که امکان عبور ماشین‌ها و ادوات کشاورزی را فراهم می‌آورد. ابعاد زهکش مزرعه‌ای بیشتر با امکانات ایجاد و نگهداری از آن مرتبط است. بدین دلیل معیارهای هیدرولیکی طراحی در درجه اهمیت بعدی قرار دارد. بطورکلی این قبیل زهکش‌های مزرعه‌ای دارای شیب جانبی ۸ : ۱تا ۱:۱۰ ، با حداقل عمق ۲۵ سانتیمتر و مساحت سطح مقطع آنها حدود ۰/۵ مترمربع با میزان شیب طولی ۰/۱ تا ۰/۳ درصد می‌باشند. جدول (۱-۳) بعضی ابعاد توصیه شده برای ایجاد زهکشهای مزرعه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول (۱-۳) ابعاد توصیه شده برای احداث زهکش‌های مزرعه ای

ردیف	شکل سطح مقطع (تیپ زهکش)	عمق زهکش (متر)	عرض کف (متر)	شیب جانبی (افقی به عمودی)	ملاحظات کاربردی
۱	مثلثی (V)	۰/۱۵ – ۰/۳۰	—	۱:۱۰ یا ملایم تر	قابل عبور و پاکسازی
۲	ذوزنقه‌ای	۰/۲۵ – ۰/۵۰	۲/۵۰	۸:۱ یا ملایم تر	قابل عبور و پاکسازی

* پاک سازی به معنی تخریب و صاف نمودن مجدد محل زهکش ساخته شده است.

ضرورت دارد که تفاوت مابین زهکش‌های مزرعه‌ای منفرد (زهکش‌های V شکل)، زهکش‌های مزرعه‌ای ذوزنقه‌ای و زهکش‌های مزرعه‌ای دوتائی(زهکش‌های W شکل)توضیح داده شود. زهکش‌های دوتائی (W شکل) مشتمل بر دو زهکش منفرد (V شکل) می‌باشند که با فاصله نزدیکی به صورت موازی با یکدیگر احداث می‌گردند. در این شرایط خاک اضافی حاصل از حفاری زهکش‌ها در بین دو زهکش به عنوان پشته انباشته می‌شود. بطور اصولی زهکش‌های مزرعه‌ای دوتائی (W شکل) موقعی احداث می‌گردند که نتوان خاک اضافی حاصل از حفاری زهکش‌ها را بدون مسدود نمودن زهکش خارج و مصرف نمود. بطور معمول از این قبیل خاک‌ها در اراضی مسطح با ناهمواری‌های کم برای پر نمودن فرورفتگی و گودال‌های سطحی استفاده بعمل می‌آید.

فاصله بین زهکش‌ها با هدایت هیدرولیکی خاک، نوع گیاه مورد کشت، وضعیت توپوگرافی و شیب اراضی پس از عملیات تسطیح ارتباط دارد. در عمل این فاصله از ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر در اراضی بطور نسبی مسطح (با شیب‌های کمتر از ۰/۵ درصد) متفاوت است که پس از عملیات شیب‌بندی، اراضی شیب یکطرفه خواهند داشت. ردیف‌های کشت بطور مستقیم به زهکش‌های مزرعه‌ای متصل می‌گردند.

omoorepeyman.ir

بدین دلیل بایستی شیبی در حدود ۰/۱ تا ۰/۲ درصد را داشته باشند. هرگاه خاک فرسایش پذیر نباشد، شیب طولی را می‌توان تا حد ۰/۵ درصد نیز افزایش داد. در این شرایط، باید اراضی به موازات زهکش‌های مزرعه‌ای شخم زده شوند و سایر عملیات مزرعه‌ای را نیز بایستی در جهت عمود بر زهکش‌های مزرعه‌ای بانجام رسانید. این سیستم زهکشی سطحی در مقایسه با سایر روش‌ها بیشترین هزینه را دارا است. در عوض، متضمن برقراری شرایط زهکشی مطلوبی برای کلیه بخش‌های سطح مزرعه گردیده و مانعی برای اجرای عملیات مکانیزاسیون ایجاد نمی‌نماید. برای دور زدن ادوات و ماشین‌های کشاورزی، یک نوار گردش[1] در دورترین قسمت پائین سطح مزرعه در نظر گرفته می‌شود. این نوار گردش مکان مناسبی برای پخش خاک‌های اضافی حاصل از عملیات پاک سازی دوره‌ای زهکش‌های سطحی باز محسوب می‌گردد.

برای مزارع کاملا مسطح نوع خاص و تطابق یافته‌ای از شیب به نام « شیب سازی اراضی[2] » قابل اجرا می‌باشد که طی آن با جابجایی خاک نسبت به احداث پشته‌هائی کم ارتفاع، همزمان با ایجاد نهرچه‌های زهکشی با فاصله ۳۰ تا ۱۰۰ متر بانجام می‌رسد. در این حالت به اراضی نوعی شیب مصنوعی داده می‌شود که می‌تواند از نظر زهکشی سطحی شرایط بسیار مطلوبی را حاصل نماید لیکن این اقدام مشتمل‌بر جابجایی مقادیر قابل ملاحظه‌ای خاک است و هزینه‌های مرتبط با نگهداری زهکش‌ها نیز بسیار قابل ملاحظه خواهد بود.

آب جمع‌آوری شده از طریق زهکش‌های مزرعه‌ای به زهکش‌های فرعی مزرعه‌ای (لترالها) تخلیه می‌گردد. این قبیل زهکش‌ها خود بخشی از سیستم زهکشی اصلی مزرعه محسوب می‌گردند. طراحی سطح مقطع زهکش‌های مزرعه‌ای بایستی بنحوی بانجام رسد که ظرفیت انتقال، جلوگیری از فرسایش، عمق، شیب جانبی، شرایط نگهداری و ... را مورد توجه قرار داده باشد.

جدول (۱-۴) شیبهای جانبی قابل توصیه را در ارتباط با عمق مورد نیاز نشان می‌دهد. بطور کلی دو نوع سطح مقطع مثلثی (Vشکل) و ذوزنقه‌ای برای زهکش‌های فرعی مزرعه‌ای با مشخصات ارائه شده در جدول زیر قابل توصیه است.

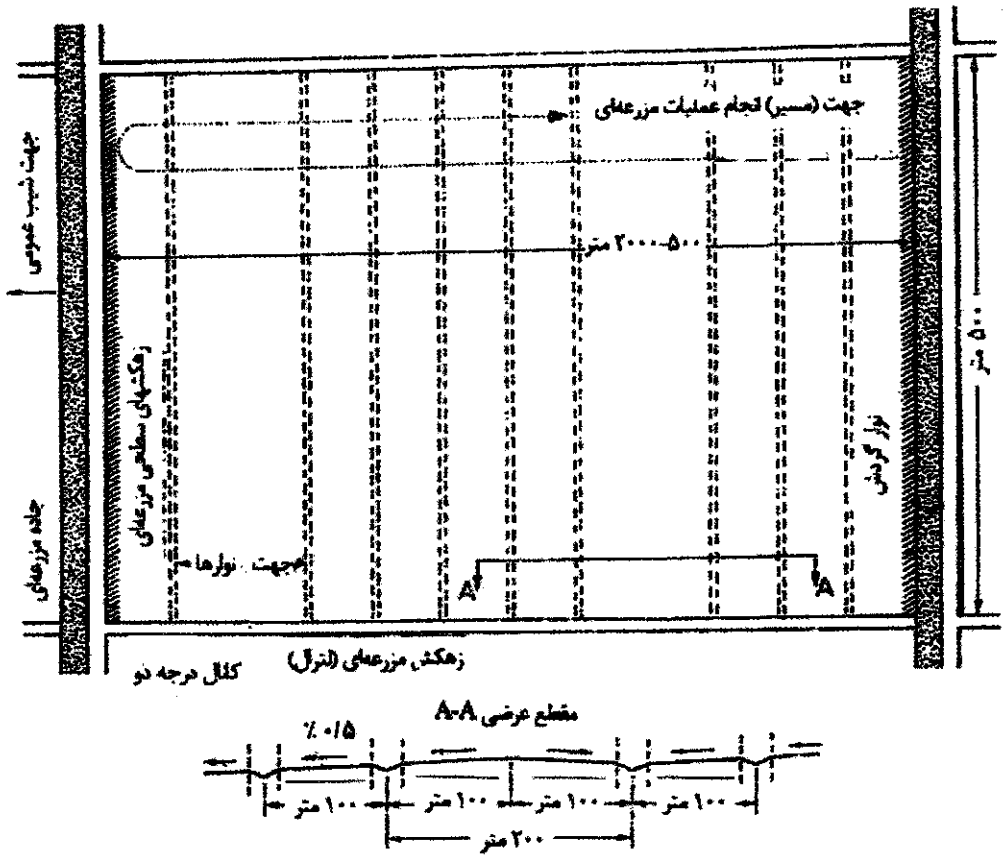
جدول (۱-۴) ابعاد توصیه شده برای زهکش‌های فرعی مزرعه‌ای

ردیف	نوع سطح مقطع زهکش	عمق زهکش (متر)	شیب‌های جانبی توصیه شده (افقی به عمودی)	حداقل شیب جانبی (افقی به عمودی)
۱	مثلثی (V)	۰/۶ – ۰/۳	۶ : ۱	۳ : ۱
۲	مثلثی (V)	>۰/۶	۴ : ۱	۳ : ۱
۳	ذوزنقه ای	۱/۰ – ۰/۳	۴ : ۱	۲ : ۱
۴	ذوزنقه ای	> ۱/۰	۱/۵ : ۱	۱ : ۱

اجزای سیستم زهکشی مزرعه‌ای موازی در مزرعه در شکل)۱-۴) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

۱- Turn Strip
2- Land Crowning



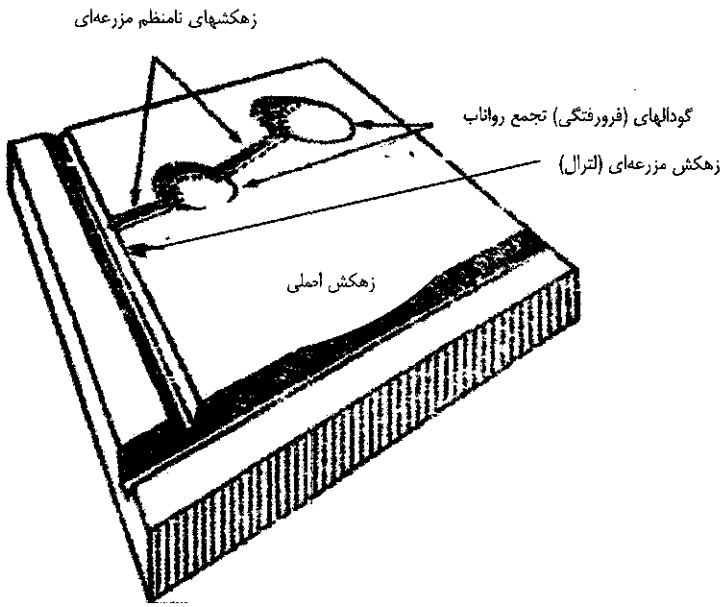
شکل ۱-۴- اجزای سیستم (شبکه) زهکشی مزرعه‌ای موازی در یک قطعه زراعی اصلی

۱-۲-۳- سیستم زهکشی سطحی نامنظم

سیستم زهکشی نامنظم بطور گسترده در شرایطی بکار برده می‌شود که در سطح اراضی محدوده مورد نظر گودال‌های کوچک لیکن پراکنده‌ای وجود داشته باشد. هرگاه این فرورفتگی‌ها دارای ابعاد قابل ملاحظه‌ای نیز باشند، پرنمودن آنها بوسیله عملیات خاکریزی و شکل دادن به سطح اراضی از نظر اقتصادی قابل توجیه نیست و بهتر آنست که از طریق نهرچه‌های باز و یا زهکش‌های سطحی نامنظم زهکشی شوند. در صورت امکان بهتر است که با ایجاد زهکش‌هائی، گودالی را به فرورفتگی دیگری متصل کرده و در نهایت آنها را به خروجی مناسبی هدایت نمود. عمق احداث این قبیل زهکش‌های سطحی با توجه به وضعیت توپوگرافیکی اراضی و ظرفیت تخلیه حداقل ۲۵ سانتیمتر می‌تواند باشد. شیب جانبی این قبیل زهکش‌ها را می‌توان ۸:۱ یا ۱۰ : ۱ در شرایط تردّد ماشین‌های کشاورزی منظور نمود. در شرایطی که عملیات مزرعه‌ای به موازات زهکش‌ها بانجام می‌رسد، شیب جانبی را می‌توان ۴ : ۱ نیز طراحی نمود. خاک اضافی حاصل از حفاری زهکش‌های سطحی نامنظم را می‌توان برای پر نمودن گودال‌های کوچک موجود درسطح مزرعه‌که به سیستم زهکشی متصل نمی‌باشند، بکار برد. کاربرد این سیستم با توجه به تعداد گودال یا فرورفتگی‌هائی که بایستی به یکدیگر مرتبط گردند، محدود می‌شود زیرا احداث تعداد زیادی زهکش، عملیات ماشینی را در سطح مزرعه با مشکل مواجه ساخته و علاوه بر آن هزینه‌های مرمت و نگهداری سیستم را نیز افزایش می‌دهد. زهکش‌های نامنظم (سطحی) در شرایطی که اراضی محدوده مورد نظر مسطح بوده و از نفوذپذیری کمی نیز برخوردار باشند، به همراه سیستم بسترسازی بکار گرفته می‌شود. در

omoorepeyman.ir

صورتی که شرایط نفوذپذیری خاک ایجاب نماید. این سیستم را می‌توان توام با سیستم زهکشی زیرزمینی بکار گرفت. اجزای سیستم زهکشی نامنظم در یک قطعه اراضی در شکل (۱-۵) نشان داده شده است.



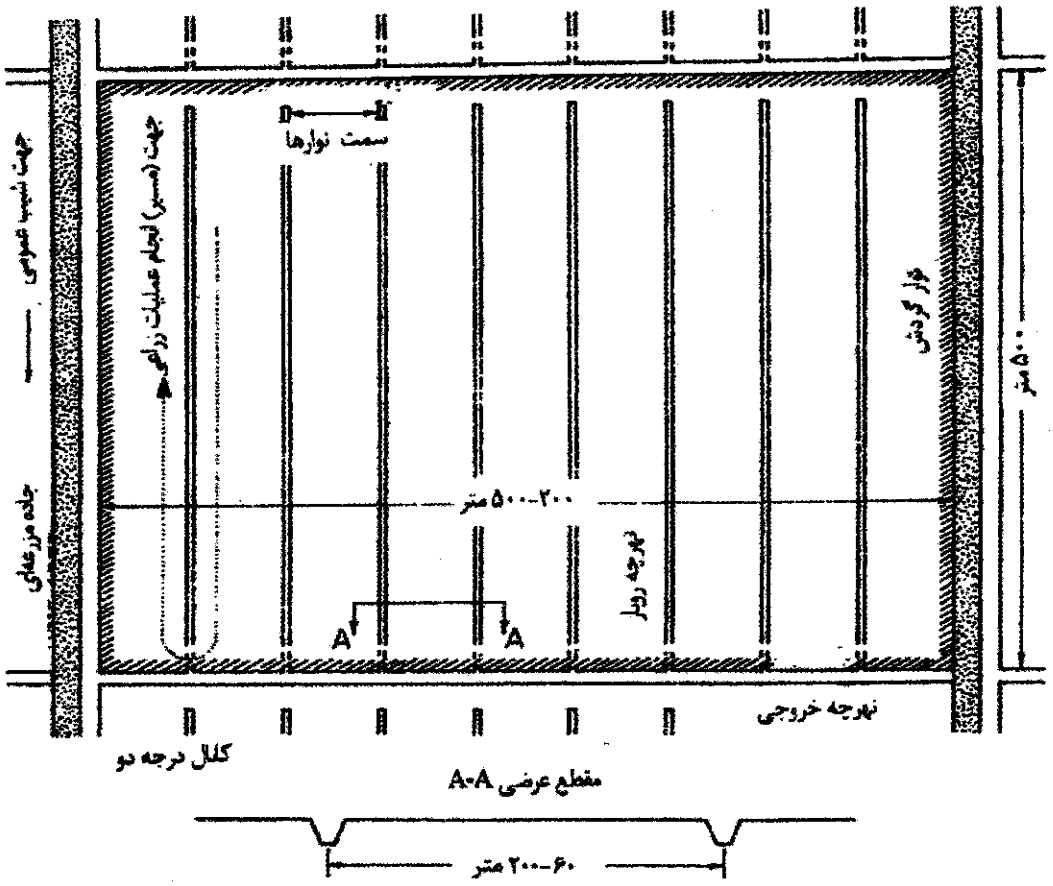
شکل ۱-۵- اجزای سیستم (شبکه) زهکشی سطحی نامنظم در یک قطعه اراضی

۱-۲-۴- سیستم نهرچه‌های باز موازی

سیستم نهرچه‌های باز موازی در مورد خاکهایی کاربرد دارد که اراضی آن نیاز به تعبیه هر دو نوع سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و باز را داشته باشند. این روش مشابه سیستم زهکشی‌های مزرعه‌ای موازی است، بجز آنکه در این حالت نهرچه‌های زهکشی بوسیله نهرچه‌های باز جایگزین می‌گردند. این نهرچه‌ها بطور معمول ۶۰ سانتیمتر تا ۱/۰ متر عمق داشته و دارای شیب جانبی ۱:۱ تا ۱: ۱/۵ بسته به نوع خاک می‌باشند که گاهی می‌تواند به حد ۱ : ۴ نیز برسد. حداکثر فاصله آنها بین ۶۰ تا ۲۰۰ متر متغیر است. به دلیل آنکه این نوع نهرچه‌ها در سطح مزرعه امکان تردد ماشین‌های کشاورزی را با اشکال مواجه می‌نمایند، کلیه عملیات مزرعه‌ای بایستی به موازات نهرچه‌ها بانجام برسد. امکان تخلیه آب سطحی اضافی ردیف‌های کشت از طریق زهکش‌های ردیفی[1] فراهم می‌گردد. این روش بطور عمده در اراضی با مواد آلی زیاد بکار برده می‌شود. در خاک‌های معدنی، استفاده از روش‌های دیگری از جمله سیستم زهکش‌های مزرعه‌ای موازی، بعنوان زهکش سطحی و سیستم لوله‌های زهکشی زیرزمینی، بدلیل سهولت اجرایی می‌تواند مورد توجه و اقدام قرار گیرد. اجزای سیستم زهکشی نهرچه‌های باز موازی در مزرعه در شکل (۱-۶) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

1 - Row Drains



شکل ۱-۶- اجزای سیستم (شبکه) زهکشی سطحی نهرچه‌های باز موازی در یک قطعه زراعی

۱-۳- سیستم‌های زهکشی سطحی برای اراضی شیب‌دار

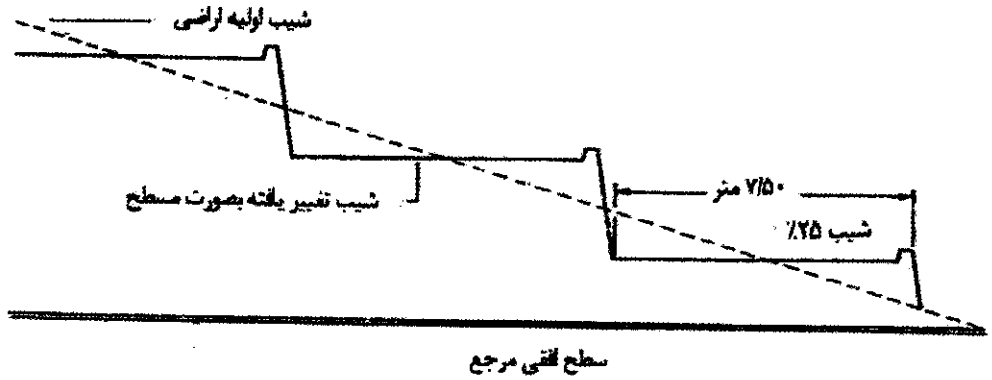
روش‌های زهکشی سطحی که در اراضی شیب‌دار بکار گرفته می‌شود (شیب‌های بیشتر از ۲/۰ درصد) تا اندازه زیادی به مسایل جلوگیری از فرسایش خاک مرتبط می‌باشند. این روشها مشتمل بر مواردی است که شرایط مطلوب را بنحوی ایجاد نماید که قادر به تنظیم و یا قطع جریان روی سطحی (رواناب) قبل از آنکه بعنوان نیروی فرساینده شود، گردد. که این نوع عملیات در واقع نوعی تراس بندی[1] محسوب می‌شود.

جلوگیری از فرسایش خاک، تنها دلیل ایجاد تراس در اراضی شیب‌دار نیست، بلکه در بعضی شرایط، هدف اصلی حفظ و ذخیره آب[2] می باشد. در این شرایط، تراس‌هایی از نوع سکوئی یا پلکانی ساخته می‌گردد. برای این منظور شیب اولیه اراضی شیب‌دار به نحوی تغییر داده می‌شود که تعدادی تراس پلکانی و عمودی احداث گردد. این قبیل تراس‌ها بایستی مسطح بوده و کانال‌های مربوط به هر ردیف تراس نیز فاقد شیب طولی است. مشخصات ساخت تراس‌های نوع سکوئی یا پلکانی در اراضی شیب‌دار در شکل (۱-۷)

1 - Terracing
2 - Water Conservation

omoorepeyman.ir

نشان داده شده است. تراس‌هایی که به منظور زهکشی و جلوگیری از فرسایش خاک در اراضی شیب‌دار احداث می گردند، از نظر اصولی مشتمل بر دو نوع: سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب و تراس‌های استاندارد جلوگیری از فرسایش خاک می‌باشند.



شکل ۱-۷- مشخصات ساخت (ایجاد) تراسهای نوع سکوئی یا پلکانی در اراضی شیب‌دار

۱-۳-۱- سیستم نهرچه عمود بر شیب

سیستم نهرچه عمود بر شیب نوعی تراس شیب دار و کانال شکل است که بنام تراس نیکولز[1] نیز نامیده می‌شود. موارد کاربرد آن در اراضی با شیب تا ۴٪ می‌باشد. سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب را می‌توان در اراضی با شیب‌های کم و در حدود ۰/۵تا ۰/۷۵ درصد نیز با موفقیت بکار برد. این سیستم در خاک‌هایی که از نظر وضعیت زهکشی داخلی ضعیف بوده و دارای شیب طولی قابل ملاحظه و منظمی بهمراه فرورفتگی‌های جزئی است، نیز می‌تواند قابلیت کاربرد مؤثر داشته باشد.

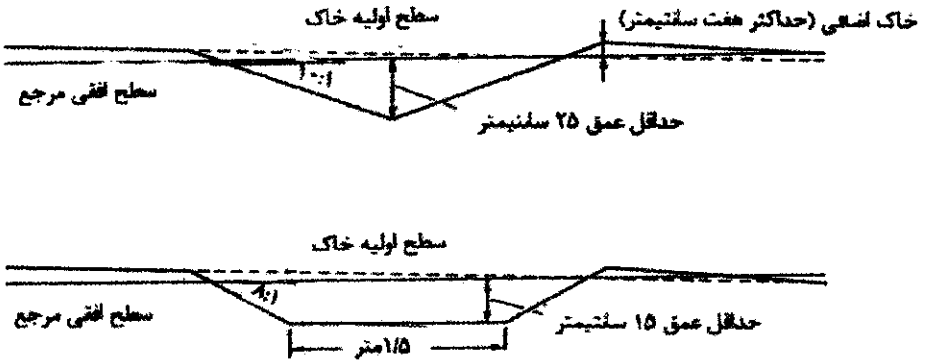
در این حالت نهرچه‌ها بایستی به طور تقریبی به موازات خطوط تراز ، شیب‌های با توجه به شرایط توپوگرافی محدوده، امتداد داشته باشند. استفاده از شیب‌های متغیر اغلب موجب انتخاب مسیرهای مطلوب‌تری برای تراس گردیده و باعث تطابق پذیری مناسب‌تر تراس در سطح مزرعه می‌شود. دراین حالت بایستی اراضی بین دونهرچه کاملاً صاف گردیده و عملیات مزرعه‌ای بموازات نهرچه‌ها بانجام رسد. خاک اضافی حاصل از عملیات حفاری نهرچه‌ها را می‌توان برای پرکردن فرورفتگی‌های جزئی و گاهی برای ساخت جاده‌های بین مزارع بکار برد و یا اینکه می‌توان آن را طوری برروی سطح اراضی (پائین دست نهرچه) پخش نمود که لایه‌ای به ضخامت حداکثر ۷/۰ سانتیمتر را ایجاد نماید.

نهرچه‌های عمود بر شیب می‌تواند مثلثی و یا ذوزنقه‌ای باشد. در هر حالت، شیب جانبی آنها می‌تواند از ۱:۴ تا ۱:۱۰ متغیر باشد. سطح مقطع این قبیل نهرچه‌ها می تواند بین ۰/۴ تا ۰/۷ مترمربع تغییر کند. عمق این گونه نهرچه‌ها بین ۱۵ تا ۲۵ سانتیمتر و عرض بالایی آنها ۵-۷ متر می‌تواند باشد. طول حداکثر نهرچه زهکشی درجه یک جهت به تنهایی می‌تواند ۳۵۰-۴۵۰ متر طراحی گردد. فاصله بین دو نهرچه مرتبط با عوامل متغیری از قبیل شیب، شدت بارندگی، درجه فرسایش پذیری خاک و نوع گیاه است که بهرحال از ۳۰ متر در اراضی با شیب ۴ درصد تا ۴۵ متر در اراضی با شیب ۰/۵ درصد متغیر می‌باشد. با کاربرد سیستم نهرچه عمود بر شیب،

omoorepeyman.ir

1 - Nichols Terrace

بین ۸۰ – ۱۰۰ ٪ آب موجود در نهرچه زیرسطح اولیه اراضی قرار دارد که بدین ترتیب خطرات احتمالی شکست خاک ریز اراضی پائین دست نهرچه کاهش حاصل می‌نماید. مقطع عرضی و اجزای سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب در شکل (۱–۸) نشان داده شده است.



شکل ۱–۸– مقطع عرضی و اجزای سیستم نهرچه‌های عمود بر شیب

۱–۳–۲– تراس‌های استاندارد کنترل فرسایش

تراس استاندارد کنترل فرسایش نوعی تراس پشته‌ای و شیب‌دار است که به نام تراس منگام[1] نیز نامیده می‌شود و در اراضی که شیب آن تا ۱۰ ٪ است مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفاوت بین نهرچه عمود بر شیب و تراس کنترل فرسایش در آن است که در نوع اخیر، خاک اضافی حاصل از احداث کانال، برای ساختن پشته نسبتاً مرتفعی در اراضی پائین دست (شیب) بکار گرفته می‌شود. در این قبیل کانال‌ها فقط ۵۰٪ آب موجود در کانال زیر سطح اولیه اراضی قرار می‌گیرد. برای ذخیره بیشتر آب، احتیاج به جابجایی مقادیر بیشتری خاک می‌باشد. در چنین شرایطی شکستگی پشته‌های ساخته شده نیز افزایش می‌یابد. نهرچه‌های عمود بر شیب، همانند کانال‌های مربوط به تراس‌های جلوگیری از فرسایش بایستی حدوداً به موازات خطوط تراز سطح اراضی، بهمراه شیب یکنواخت و یا متغیری که بین ۰/۱ تا ۰/۶ درصد است، ایجاد گردند. در مورد ایجاد این قبیل تراس‌ها بایستی دقت لازم بعمل آید تا محل و مسیر احداث آنها با موانع طبیعی (عوارض فیزیکی) برخورد ننموده و دارای قوس‌های تند نیز نباشد. هرگاه بریدگی ناگهانی در شیب اراضی وجود داشته باشد، حسب ضرورت بایستی نسبت به احداث یک رشته کانال در حد بالایی بریدگی اراضی اقدام نمود.

فاصله بین کانال‌ها مشابه عوامل موثر در طراحی نهرچه‌های عمود بر شیب است. از جمله شیب اراضی، شدت ریزش باران، وضعیت فرسایش‌پذیری خاک و گیاه مورد کشت. رابطه تجربی زیر برای کاربرد در کشور ایالات متحده آمریکا ارایه شده است.

$$V_i = a \,.\, S + b \qquad (۱–۱)$$

که در آن :

V_i ، فاصله قائم بین تراسهای متوالی (فوت)

S ، شیب متوسط اراضی (درصد)

a ، ثابت تجربی که مقدار آن از ۰/۳ تا ۰/۶ متغیر می باشد.

1 - Mangum Terrace

omoorepeyman.ir

b ، ثابت تجربی (b=۱ برای خاکهای فرسایش پذیر با پوشش ضعیف وb=۲ برای خاک‌های مقاوم در مقابل فرسایش با پوشش گیاهی خوب) است.

تذکر : برای تبدیل V_i برحسب فوت به متر بایستی رقم مربوطه را به عدد ۳/۲۸۱ تقسیم نمود.

طول تراس‌ها و به تبع آن طول کانال‌ها معمولاً مرتبط با وجود آبراهه مناسبی جهت تخلیه ودفع زه آب‌ها می‌باشد. این قبیل تراس‌ها از نظر طول نبایستی آنقدرکوتاه باشند که موجب اختلال در عملیات مزرعه‌ای گردند، همچنین نبایستی آنقدر طویل طراحی شوند که مقادیر قابل ملاحظه‌ای عملیات خاکی را ایجاب نمایند. حداکثر طول یک رشته کانال مربوط به تراس که زهکشی یک سمت را به انجام می‌رساند می‌تواند بین ۳۵۰-۴۵۰ متر باشد.

مقطع عرضی و اجزای تراس‌های استاندارد کنترل فرسایش خاک (فرسایش آبی) در شکل (۱-۹) نشان داده شده است.

با معلوم بودن طول تراس، مساحت اراضی واقع در بین دو رشته کانال را می‌توان محاسبه نمود و هرگاه ضریب زهکشی سطحی نیز معلوم باشد، میزان دبی تخلیه را نیز می‌توان محاسبه کرد. بدین ترتیب امکان کاربرد معادله مانینگ[1] برای محاسبه سطح مقطع - کانال مقدور می‌باشد.

$$V = \frac{۱}{n} . R^{0/67} . S^{0/5} \qquad (۲-۱)$$

که در آن:

V ، سرعت جریان آب در محل خروجی (متر بر ثانیه)

n ، ضریب زبری بستر (مقدار n=۰/۰۴ بعنوان متوسط)

R ، شعاع هیدرولیکی آبراهه یا کانال (متر)

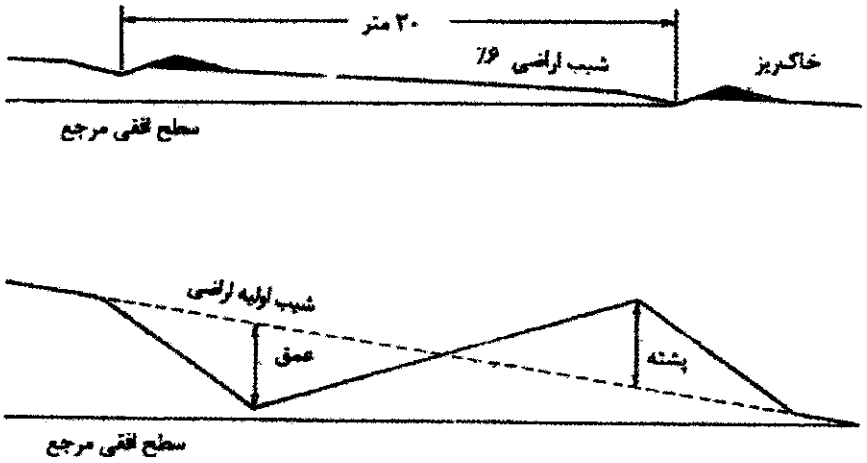
S ، شیب طولی کانال (متر بر متر)

سرعت جریان در محل خروجی نبایستی از مقدار سرعت بحرانی زیادتر باشد. مقادیر کاربردی آن معمولاً ۰/۶ متر در ثانیه منظور می‌گردد. برای خاک‌های سبک مقدار آن در حد ۰/۴۵ متر در ثانیه و برای خاک‌های کاملاً ماسه‌ای میزان آن ۰/۳۰ متر در ثانیه در نظر گرفته می‌شود. عمق کانال‌ها، متناسب با طول تراس و شیب اراضی است. بعنوان نمونه در اراضی با شیب ۲٪ عمق ۲۵ سانتیمتر برای تراس‌های با طول ۶۰ متر و عمق ۳۵ سانتیمتر برای تراس‌های با طول ۳۰۰ متر می‌تواند بکار گرفته شود. شیب جانبی کانال‌ها می‌تواند از ۱۰ : ۱ برای اراضی با شیب ۲٪ تا ۱:۴ برای اراضی با شیب ۱۰٪ منظور شود. این قبیل کانال‌ها می‌تواند مثلثی و یا ذوزنقه‌ای طراحی گردد. سطح مقطع این نـوع کانالها می‌تواند از ۰/۳۵ تا ۰/۹ مترمربع متغیر باشد. منظور نمودن ارتفاعی معادل ۱۰-۱۵ سانتیمتر بعنوان ارتفاع آزاد[2] برای کانال‌ها توصیه می‌گردد.

بدین ترتیب هرگاه مقدار دبی انتقالی (تخلیه) معلوم باشد، با انتخاب سرعت جریان بحرانی و شیب کانال، ترکیب مطلوبی از عمق جریان، عرض کف و شیب طولی کانال را می‌توان محاسبه نمود. در عملیات تراس بندی، انتخاب محل مناسب ایجاد تراس فوقانی بسیار با اهمیت است زیرا در صورتیکه این تراس شکسته شود، صدمات ناشی از آن در اکثر حالت‌ها متوجه تراس‌های زیرین نیز خواهد شد. بهرحال حوزه آبخیز تراس بالائی نبایستی بیشتر از ۰/۱- ۵/ ۱ هکتار مساحت داشته باشد.

1 - Manning Formula
2 - Freeboard

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۹- مقطع عرضی و اجزای تراسهای استاندارد کنترل فرسایش خاک (فرسایش آبی)

۱-۴- تخلیه و انحراف آب

۱-۴-۱- تخلیه آب در اراضی مسطح

روناب هر ردیف و یا یک قطعه زراعی نبایستی هرگز بطور مستقیم به درون زهکش فرعی مزرعه‌ای (لترال) تخلیه گردد، زیرا این اقدام ممکن است فرسایش دیواره جانبی زهکش فرعی مزرعه‌ای را فراهم آورد. بدین ترتیب روناب بایستی ابتدا در یک زهکش مزرعه‌ای که دیواره آن دارای شیب جانبی ملایمی (مسطحی) است گردآوری شده و سپس به سیستم زهکشی اصلی مزرعه تخلیه و دفع گردد.

در این خصوص، احتمالاً ایجاد نوعی سازه مانند آبشار قائم[1]، در محل اتصال زهکش جمع کننده به زهکش فرعی مزرعه‌ای برای جلوگیری از آب شستگی[2] بستر کانال فرعی ضروری خواهد بود. برای کاهش هزینه ایجاد تعدادی سازه آبشار قائم، در شرایطی امکان جمع آوری و هدایت زه آبها به یک زهکش جمع کننده عمیق‌تر و سپس تخلیه آب جمع‌آوری شده تنها از طریق ایجاد یک سازه دراپ می‌تواند مورد نظر قرار گیرد.

ممکن است مشکلاتی نیز در رابطه با تخلیه و دفع آب در مزارع با فرورفتگی‌های پراکنده پیش آید و یا امکان دارد در شرایطی گودال‌ها بقدری بزرگ باشند که زهکشی آنها از طریق سیستم نهرچه‌های غیر منظم مستلزم عملیات خاک برداری قابل ملاحظه‌ای باشد. در حالت‌هایی نیز می‌توان با تعبیه یک لوله زهکشی در عمیق‌ترین محل گودال آن را به یک زهکش باز هدایت و تخلیه نمود. راه حل دیگر آنست که از طریق یک زهکش قسمتی و یا کل آب موجود در یک فرورفتگی را به گودال دیگری هدایت نموده و در نهایت آنها را به یک نهرچه زهکشی و یا محل خروجی مناسبی تخلیه و دفع نمود. در شرایطی که سطح آب زیرزمینی کاملاً عمیق و لایه‌های زیرین دارای نفوذپذیری بسیار مناسبی باشند، عمل تخلیه و دفع آبهای مازاد را می‌توان از طریق یک زهکش قائم[3] و یا چاه معکوس[4]

1 - Drop Structure
2 - Scouring
3 - Vertical Drain
4 - Inverted Well

omoorepeyman.ir

بانجام رسانید. در شرایطی که راه کارهای بیان شده عملی نباشند، می‌توان آبهای مازاد را به یک مخزن فاضلاب عمودی که در کف گودال ایجاد می گردد، هدایت نموده و سپس نسبت به پمپاژ و دفع آن اقدام نمود.

۱-۴-۲- تخلیه آب در اراضی شیب‌دار

در اراضی شیب‌دار که در آن زهکش‌های مزرعه‌ای بطور تقریبی به موازات خطوط تراز امتداد دارند، آب مازاد را بایستی از طریق یک کانال زهکشی به سمت مناطق پائین دست اراضی شیب دار انتقال داده و دفع نمود. در شرایطی نیز وضعیت شیب اراضی بنحوی است که بدلیل تندی شیب، کانال را بایستی پوشش داده و یا آن را با جریان‌های روی سطح اراضی انطباق داد و برای جلوگیری از آب شستگی بستر کانال، نسبت به احداث سازه دراپ در آن اقدام نمود. در این راستا کانال‌های با پوشش گیاهی می‌تواند مزیت‌هایی را داشته باشد. پوشش گیاهی هرچند موجب کاهش سرعت جریان آب در کانال می‌گردد لیکن بطور نسبی عبور جریان را با مقادیر سرعت بالاتر امکان پذیر می‌نماید.

پوشش‌های گیاهی دایمی، متراکم و چمنی از جمله مناسب‌ترین پوشش‌های گیاهی برای این قبیل کانال‌ها محسوب می‌گردند هر چند که انتخاب نوع گیاه مرتبط با شرایط آب و هوایی، خاک و گونه‌های گیاهی قابل دسترسی در منطقه نیز می‌باشد.

سرعت‌های مجاز برای خاک‌های مقاوم به فرسایش که به وسیله گیاهان متراکم پوشیده شده‌اند، ۲/۰ متر در ثانیه برای شیب‌های تا ۵٪ و ۱/۷۵ متر در ثانیه، برای اراضی با شیب‌های تا ۱۰٪ می‌باشد. برای خاک‌های حساس به فرسایش، سرعت‌های مجاز در کانال‌های با پوشش گیاهی متراکم، ۱/۵ متر در ثانیه برای شیب‌های تا ۵٪ و ۱/۲۵ متر در ثانیه، برای اراضی با شیب‌های ۵ تا ۱۰٪ است. پوشش‌های غیرچمنی را می توان در اراضی تا شیب ۵٪ نیز بکار برد. در این شرایط سرعت مجاز آب به ترتیب برای خاکهای مقاوم به فرسایش و حساس به این پدیده ۱/۰ و ۰/۵ متر در ثانیه می‌تواند در نظر گرفته شود.

در طراحی مجاری آب بر با پوشش گیاهی، ضریب زبری بستر را می‌توان ۰/۰۴ در نظر گرفت. این رقم مترادف با شرایطی است که پوشش گیاهی مجرا تمیز شده باشد. هرگاه حداکثر رواناب در ایامی حاصل گردد که پوشش گیاهی کانال بدلیل رشد رویشی بیشترین ظرفیت بازداشت را دارا باشد، بایستی رقمی معادل ۱۰/۰٪-۱۵/۰ سانتیمتر را به عمق محاسبه شده طراحی اضافه نمود تا از عدم سرریز شدن جریان آب در کانال در حین عبور اطمینان حاصل گردد.

سطح مقطع مجاری آب بر می‌تواند سهمی، مثلثی و یا ذوزنقه‌ای باشد. شیب جانبی این قبیل مجاری انتقال آب نبایستی تندتر از ۱:۴ طراحی گردد تا عبور ماشینهای کشاورزی در اراضی زراعی امکان‌پذیر باشد. حداقل عرض کف معادل ۲/۵ متر منظورمی‌گردد. بنابراین هرگاه میزان دبی معلوم و شیب‌های جانبی و سرعت مجاز نیز انتخاب گردند، مناسب‌ترین ترکیب عرض کف، عمق جریان و شیب طولی آبراهه را می‌توان محاسبه کرد.

سایر موارد لازم را می‌توان بشرح زیر خلاصه نمود:

- مجرای آب بر با پوشش گیاهی نبایستی بطور مداوم مرطوب باشد. توجه به مهم برای جلوگیری از انهدام یا تخریب پوشش گیاهی کانال لازم است. هرگاه آب زیرزمینی به این مجرای آب بر پوشش‌دار جریان داشته باشد، چنین جریانی را بایستی از طریق یک لوله زهکشی‌حائل، قطع نمود. هرگاه جریان سطحی مداومی وجود داشته باشد، می‌توان آن را از طریق یک کانال پوشش‌دار که در کف مجرای آب بر ساخته می‌شود، انتقال داد.
- موارد حاصلخیزی خاک در مجرای آب بر با پوشش گیاهی نبایستی از نظر دور بماند.

- برای ایجاد پوشش گیاهی مطلوب در بستر مجرای آب بر، کشت مخلوط گیاهان یکساله با رشد سریع، گیاهان چمنی و گیاهان دایمی توصیه می‌شود.
- پوشش گیاهی مجاری آب بر را بایستی بنحو مطلوبی نگهداری و مواظبت نمود. بدین دلیل در شرایطی که خاک بستر آبراهه مرطوب است نبایستی ماشین‌های کشاورزی از روی آن تردّد نمایند.
- توجهات خاصی به مجاری خروجی تراس‌ها (ورودی به مجاری آب‌بر) بایستی معطوف‌گردد تا پوشش گیاهی بستر کانال پوشش‌دار به درون تراس‌ها، حتی به فاصله کم نفوذ ننماید.

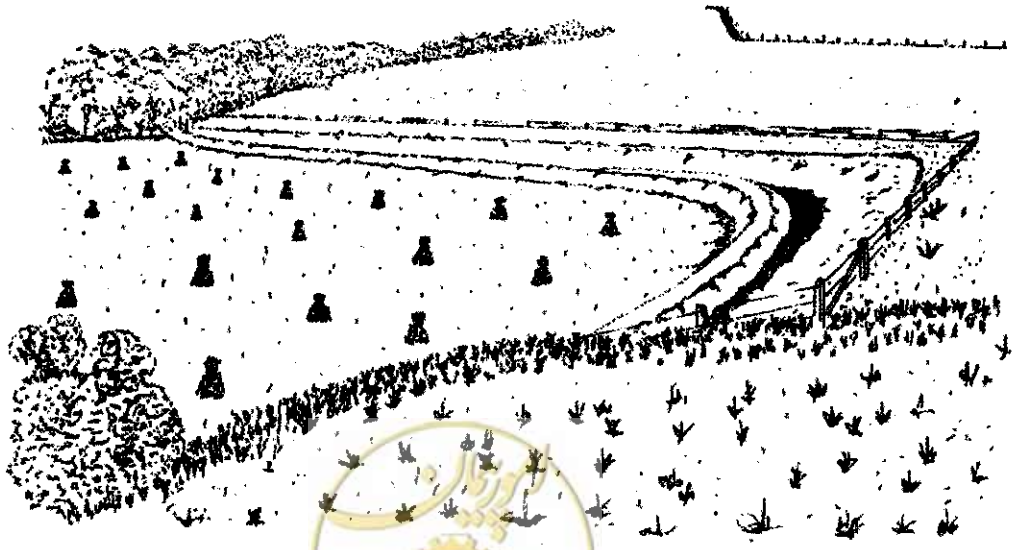
۱-۴-۳- انحراف و دفع آب

برای حفاظت اراضی مسطح از جریانهای سیلابی اراضی مجاور و مرتفع، باید نوعی سازه انحراف یا نهر حایل در حد فاصل اراضی شیب‌دار و مسطح ایجاد گردد.

در اکثر شرایط برای قطعاتی که مساحت آنها بیشتر از ۲/۰- ۲/۵ هکتار نمی‌باشد، می‌توان سازه انحراف یا نهرچه‌های حایل زهکشی را طوری ایجاد نمود که تراسهای مربوطه را احاطه نماید. برای اراضی وسیعتر، باید زهکش حائل را بصورت آبراهه‌هایی با پوشش گیاهی متراکم ایجاد نمود.

در ارتباط با موارد طراحی، مبانی گفته شده قبلی در خصوص نهرچه‌های تراسی و یا مجاری آب بر با پوشش گیاهی می‌تواند بکار گرفته شود. در هر حال، عمق نهرچه‌ها در حدود ۰/۴۵ متر و سطح مقطع آن در حد ۰/۷۰ متر مربع بایستی بعنوان مقادیر حداقل در امور طراحی مورد نظر قرار گیرد.

شمای نوعی نهرچه برای انحراف و دفع آب در حد فاصل اراضی شیب‌دار و مسطح در شکل (۱-۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۰- شمای نوعی نهرچه برای انحراف و دفع آب در حد فاصل اراضی شیب‌دار و مسطح

omoorepeyman.ir

۱-۵- برآورد دبی تخلیه در اراضی شیب‌دار*

روش‌های مورد استفاده در محاسبه دبی‌های طراحی تخلیه، بطور قابل ملاحظه‌ای با وضعیت توپوگرافی منطقه مورد نظر تفاوت می‌نماید. سیستم‌های زهکشی سطحی در اراضی مسطح برای انتقال و دفع مقادیر معینی از حجم رواناب طی مدت زمان محدودی که از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر باشد، به انجام می‌رسد، لیکن در اراضی شیب‌دار، سیستم‌های زهکشی سطحی بایستی مقدار روان آب حداکثر را با احتمال وقوع مشخصی تخلیه و دفع نمایند. چنین مقادیر رواناب حداکثری به طور معمول از طریق الگوی زهکشی طبیعی حوضه آبخیز مشخص می‌گردد.

روش‌هایی که در این بخش ارائه می‌شود، مرتبط به حوضه‌های زهکشی کشاورزی با مساحت کم، در ارتباط با بارندگی‌هائی با شدت زیاد که در مدت کوتاهی اتفاق می‌افتد، است. در این حوضه‌ها اثرات کاربری اراضی برروی رابطه « بارندگی- رواناب » تحت تاثیر جریان‌های آبراهه‌ای و یا ذخیره آب‌های زیرزمینی قرار نمی‌گیرد. با این تعریف اندازه حوضه‌های کوچک ممکن است از چند هکتار تا حدود ۴۰۰ هکتار و حتی در شرایطی تا ۱۰۰۰۰ هکتار را نیز شامل گردد. روش‌هائی که در زیر ارایه می‌گردند عبارتند از:

- روش استدلالی یا منطقی[1]
- روش مک- مث[2]
- روش کوک [3]
- روش شماره منحنی[4]

اغلب روش‌های بیان شده در کشور ایالات متحده امریکا توسعه یافته‌اند و از لحاظ نظری ممکن است فقط در شرایط ویژه‌ای که روش برای آن بنیان شده است، کاربرد داشته باشند. هر چند این روشها دارای مبانی مجرّد نظری نیستند، لیکن می‌توان آنها را به عنوان ابزاری برای برآورد روانابهای حداکثر در حوضه‌های کشاورزی کوچک که معمولاً در مورد آنها ارقام هیدرولوژیکی کافی وجود ندارد، بکار برد.

۱-۵-۱- روش استدلالی یا منطقی

این روش از نظر اصولی برای حوضه‌های آبریز شهری توسعه یافته است. فرضیات اولیه که در این روش بکار رفته است، بطور تقریبی در آن صدق می‌نماید، این روش را می‌توان برای حوضه‌های کوچک زهکشی اراضی کشاورزی، هرگاه مساحت آن از ۴۰ تا ۸۰ هکتار تجاوز ننماید نیز بکار برد.

omoorepeyman.ir

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات پیش‌نویس " راهنمای برآورد رواناب در طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی" نشریه ۲۸۳- الف، دفتر استاندارد مهندسی آب- وزارت نیرو (۱۳۸۳) مراجعه شود.

1 - Rational Method
2 - Mac Math
3 - Cook Method
4 - Curve Number Method

۱-۵-۱-۱- مبانی

با احتمال وقوع مجدد یکسان، متوسط حداکثر شدت بارندگی با افزایش دوره تناوب مورد نظر کاهش خواهد یافت (منحنی‌های شدت- فراوانی بارندگی[1]). هرگاه مدت بارندگی از زمان تمرکز[2] بیشتر شود، متوسط شدت بارندگی کمتر از متوسط شدت طی مدت زمان برابر با زمان تمرکز خواهد بود. در نتیجه به دلیل آنکه کلیه اراضی در حال تولید رواناب خواهند بود، میزان رواناب حوضه آبخیز کمتر است. از جهت دیگر هرگاه مدت بارندگی کمتر از زمان تمرکز باشد، شدت بارندگی مورد نظر بیشتر خواهد بود، لیکن فقط بخشی از اراضی حوضه آبخیز در حال تولید رواناب خواهند بود.

بدین ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری نمود که حداکثر میزان رواناب[3] زمانی حاصل می‌شود که دوره بارندگی در حوضه معادل با زمان تمرکز باشد. مفاهیم بیان شده را از نظر ریاضی می‌توان به شرح زیر و به عنوان رابطه استدلالی یا منطقی ارائه نمود.

$$Q_P = ۰/۰۰۲۸\ C\ .\ I\ .\ A \qquad (۳-۱)$$

که در آن :

Q_P ، حداکثر میزان رواناب (متر مکعب در ثانیه)

C ، ضریب رواناب (بدون بعد، مثبت و کوچکتر از واحد)

I ، متوسط شدت بارندگی در مدتی برابر با زمان تمرکز (میلیمتر در ساعت)

A ، مساحت اراضی حوضه آبخیز (هکتار)

توجه : امکان ارایه حداکثر میزان رواناب (Q_P) برحسب واحدهای دیگری از طریق کاربرد ضریب تبدیل متناسب و مربوطه به بیان مقادیر متفاوت واحدهای (A) و (I) همواره وجود دارد.

۱-۵-۱-۲- تعیین زمان تمرکز (T_C)

زمان تمرکز طبق تعریف به دوره زمانی بین شروع بارندگی و لحظه‌ای گفته می‌شود که کلیه محدوده مورد نظر و بالادست نقطه خروجی رواناب تولید می‌نماید. طبق تعریف بیان شده رابطه تجربی زیر ارائه شده است[4].

$$T_C = ۰/۰۱۹۵\ (K)^{۰/۷۷} = ۰/۰۱۹۵\ L^{۰/۷۷}\ .\ S^{-۰/۳۸۵} \qquad (۴-۱)$$

که در آن :

$K = \frac{L}{\sqrt{S}}$ و $S = \frac{H}{L}$ (شیب برحسب متر بر متر)

T_C ، زمان تمرکز (دقیقه)

L ، حداکثر طول آبراهه در حوضه آبخیز (متر)

H ، اختلاف ارتفاع بین دورترین نقطه تا محل خروجی (متر)

1 - Rainfall Intensity Frequency Curves
2 - Time of Concentration
3 - Peak Runoff Rate
4 - Kirpich (1940)

omoorepeyman.ir

برآورد بسیار دقیق از زمان تمرکز را می‌توان بطور مستقیم از اندازه‌گیری سطح آب در کانال یا آبراهه مربوط به حوضه آبخیز بدست آورد مشروط برآنکه شرایط زهکشی طبیعی بالای نقطه خروجی بدون تغییر باقی بماند. در جدول زیر، موارد محاسبه شده زمان تمرکز برای مقادیر متفاوت حداکثر طول آبراهه و شیب‌های مختلف حوضه‌های آبخیز کوچک ارایه شده است.

جدول (۱-۵)- مقادیر متفاوت زمان تمرکز (T_C) برای حوضه‌های آبخیز کوچک

ردیف	حداکثر طول آبراهه (متر)	شیب اراضی حوضه آبخیز					
		۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰	۰/۰۵۰
		زمان تمرکز (T_C) برحسب دقیقه					
۱	۱۵۰	۱۷	۱۳	۷	۶	۴	۳
۲	۳۰۰	۲۹	۲۳	۱۲	۹	۷	۵
۳	۶۰۰	۵۰	۳۸	۲۱	۱۶	۱۲	۹
۴	۱۲۰۰	۸۵	۶۵	۳۵	۲۷	۲۱	۱۵
۵	۱۸۰۰	۱۱۷	۸۹	۴۸	۳۷	۲۸	۲۰
۶	۲۴۰۰	۱۴۶	۱۱۲	۶۰	۴۶	۳۵	۲۵
۷	۳۰۰۰	۱۷۳	۱۳۳	۷۱	۵۵	۴۲	۲۹
۸	۶۰۰۰	۲۹۵	۲۲۶	۱۲۲	۹۳	۷۱	۵۰

* محاسبه شده از معادله (۱-۴)

۱-۵-۱-۳- شدت بارندگی (I)

بطور کلی، برای فراوانی مشخص، شدت بارندگی (I) را برای زمان تمرکز (T_C) می‌توان از منحنی‌های « فراوانی – مدت بارندگی[1] » بدست آورد. از طرفی در روش استدلالی یا منطقی، شدت بارندگی در طول مدت بارش بایستی یکنواخت باشد و بارندگی تمامی سطح حوضه آبخیز را بپوشاند (توزیع یکنواخت در زمان و مکان). بدین دلیل است که موارد کاربرد این روش فقط برای حوضه‌های کوچک توصیه شده است. هم چنین شدت بارندگی برحسب دوره بازگشت طرح انتخاب می‌گردد و مدت بارندگی معادل زمان تمرکز حوضه آبخیز انتخاب می‌شود (بدین ترتیب بایستی $T_r \geq T_C$ انتخاب گردد که در آن T_r طول مدت بارندگی است).

۱-۵-۱-۴- ضریب رواناب (C)

کلیه عواملی که به روی رواناب سطحی موثرند، به جز موارد مرتبط با مساحت اراضی حوضه آبخیز (A) و شدت بارندگی (I)، در مقدار ضریب رواناب (C) در نظر گرفته می‌شوند. ضریب رواناب سطحی به ویژگی‌های هندسی حوضه، پوشش گیاهی، وضعیت خاک، میزان رطوبت اولیه خاک، شدت نفوذ اراضی حوضه و سرانجام میزان بارندگی حوضه آبخیز وابسته است.

از طرفی ضریب رواناب با شدت بارندگی رابطه مستقیمی دارد و تابعی از میزان نفوذ سطحی حوضه آبخیز است. رابطه بین ضریب رواناب (C) و شدت بارندگی (I) غیرخطی می‌باشد. آزمایشهای بانجام رسیده نمایانگر آنست که مقدار رواناب با افزایش شدت بارندگی، افزایش می‌یابد. جدول زیر، رابطه ضریب رواناب (C) با شدت بارندگی را برای خاکهای با نفوذپذیری نسبتاً زیاد نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

1 - Rainfall – Frequency - Duration

جدول (۱-۶) ضریب رواناب (C) برای حوضه‌های آبخیز (خاکهای گروه B)

ردیف	نوع گیاه و شرایط هیدرولوژیکی (وضعیت حوضه آبخیز)	ضرایب رواناب برای شدت‌های متفاوت بارندگی		
		۲۵ (میلیمتردرساعت)	۱۰۰ (میلیمتردرساعت)	۲۰۰ (میلیمتردرساعت)
۱	زراعت ردیفی- عملیات زراعی ضعیف	۰/۶۳	۰/۶۵	۰/۶۶
۲	زراعت ردیفی- عملیات زراعی خوب	۰/۴۷	۰/۵۶	۰/۶۲
۳	گیاهان دانه‌ریز- عملیات زراعی ضعیف	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸
۴	گیاهان دانه‌ریز- عملیات زراعی خوب	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲
۵	چمن‌زار در تناوب زراعی- وضعیت خوب	۰/۲۹	۰/۳۶	۰/۳۸
۶	مراتع دایمی- وضعیت خوب	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۲۳
۷	باغ و درخت- وضعیت خوب	۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۱۵

* ضریب رواناب (C) جهت کاربرد در معادله منطقی یا استدلالی موضوع معادله (۱-۴)

ضریب رواناب را می‌توان بصورت زیر نیز ارایه نمود:

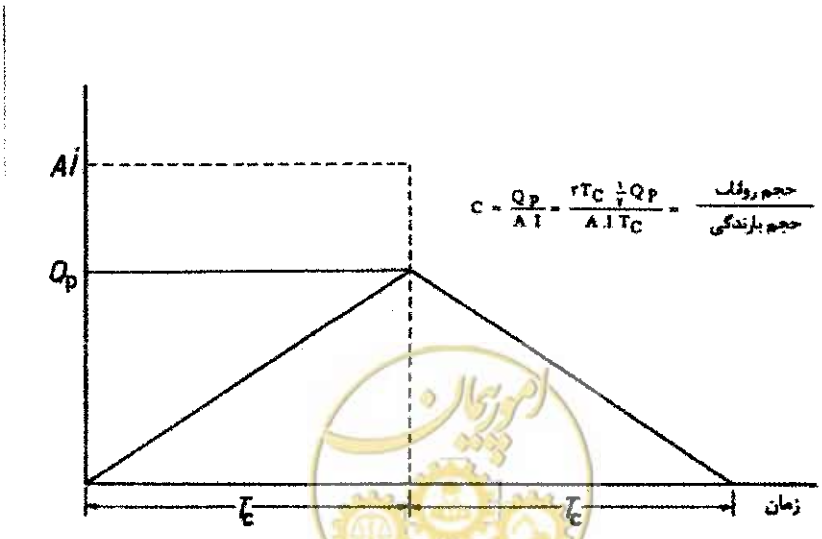
$$C = \frac{Q_P}{A.I} \qquad (۱-۵)$$

با اندازه‌گیری یا محاسبه شدت بارندگی (I) و حداکثر میزان رواناب (Q_P) و با استفاده از معادله گفته شده می‌توان ضریب رواناب (C) را محاسبه نمود. برای شرایط آرمانی مقدار(C) را می‌توان نمایانگر "نسبت حجم رواناب به حجم بارندگی" در نظر گرفت یعنی:

$$C = \frac{Q_P}{A.I} = \frac{2T_C \cdot \frac{1}{2} Q_P}{A.I.T_C} = \frac{\text{حجم رواناب}}{\text{حجم بارندگی}} \qquad (۱-۶)$$

که در آن کلیه علائم قبلاً تعریف شده‌اند.

رابطه بین میزان بارندگی، رواناب و ضریب رواناب در شرایط آرمانی براساس روش استدلالی یا منطقی در شکل (۱-۱۱) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱- رابطه بین میزان بارندگی، رواناب و ضریب رواناب در شرایط آرمانی بر اساس روش استدلالی یا منطقی

omoorepeyman.ir

به دلیل آنکه شرایط بندرت آرمانی است، در نتیجه مقدار (C) می‌تواند به میزان معنی‌داری کمتر از نسبت حجم رواناب به حجم بارندگی باشد.

یکی از مشکلات تجزیه و تحلیل مقدار ضریب رواناب (C)، آن است که از لحظه‌ای به لحظه دیگر به دلیل تغییر در عوامل مؤثر برروی رواناب سطحی و بخصوص در رابطه با شرایط رطوبتی خاک متغیر است. برای طراحی سیستم‌های زهکشی سطحی، معمولاً مقادیری بکار گرفته می‌شود که مرتبط با خاک‌های اشباع ؛ در زمانی است که بارندگی آغاز می‌شود. این بدان معنی است که بایستی نوعی عامل شناخته نشده را به عنوان ضریب اطمینان معرفی نمود تا نقیصه عدم بارش همیشگی را برروی خاک‌های اشباع تعدیل‌نمود. مقادیر ضرایب رواناب(C) که بطور گسترده‌ای درکشور ایالات متحده امریکا بکار می‌رود در جدول(۱-۷) ارائه شده است.

جدول (۱-۷) مقادیر ضریب رواناب (C) برای کاربرد در معادله استدلالی یا منطقی

ردیف	کاربری اراضی	شیب اراضی (٪)	بافت خاک		
			لومی شنی	رسی و لومی سیلتی	رس فشرده
۱	جنگل	۵ – ۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۴۰
۲		۱۰ – ۵	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۵۰
۳		۳۰ – ۱۰	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۶۰
۴	مرتع	۵ – ۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۰/۴۰
۵		۱۰ – ۵	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۵۵
۶		۳۰ – ۱۰	۰/۲۰	۰/۴۰	۰/۶۰
۷	اراضی قابل کشت	۵ – ۰	۰/۳۰	۰/۵۰	۰/۵۰
۸		۱۰ – ۵	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۷۰
۹		۳۰ – ۱۰	۰/۵۰	۰/۷۰	۰/۸۰

از آنجائی که حوضه‌های آبخیز به ندرت همگن می‌باشند، بهتر آنست که کل محدوده حوضه مورد نظر را به چند قسمت همگن تفکیک نموده و سپس با عنایت بر عوامل متغیر (تیپ خاکها، درصد شیب اراضی و نوع کاربری آنها) برای هر زیربخش مقدار ضریب رواناب مربوطه (C) را تعیین نموده و نسبت به محاسبه میانگین وزنی برای کل اراضی محدوده مورد نظر اقدام نمود.

۱-۵-۲- روش مک- مث

این روش برای برآورد حداکثر میزان رواناب در اراضی کشاورزی و تحت آبیاری کوچک ارایه شده است و اساس آن برمبنای تعدیلاتی است که به روی روش استدلالی (منطقی) بانجام رسیده است. کاربرد این روش محدود به حوضه‌های کوچک کشاورزی و مناطق روستائی می‌باشد و پیش‌نیاز کاربری آن، معلوم بودن کلیه مشخصات حوضه آبخیز مورد نظر است. معادله مک- مث بصورت زیر قابل ارائه می‌باشد.

$$Q_P = ۰/۰۹۱\, C\, I\, S^{۰/۲۰}.\, A^{۰/۸} \qquad (۱-۷)$$

که در آن :

Q_P، حداکثر میزان رواناب (مترمکعب برثانیه)

omoorepeyman.ir

C ، ضریب تلفات و آن تابعی از ویژگی‌های حوضه آبخیز مانند تراکم و وضعیت پوشش گیاهی، بافت خاک و شیب حوضه آبخیز است.

I ، شدت بارندگی در مدتی برابر با زمان تمرکز (میلی‌متر بر ساعت)

S ، شیب آبراهه اصلی از محل بلندترین نقطه روی محیط حوضه تا نقطه خروجی موردنظر(متر برکیلومتر)

A ، مساحت اراضی حوزه آبخیز (کیلومترمربع)

توجه : مقدار ضریب(C) از ۰/۲ تا ۰/۷۵ متغیر است، هرچه پوشش گیاهی کمتر و غیرمتراکم‌تر، بافت خاک سنگین‌تر و شیب حوضه آبخیز تندتر باشد، مقدار عددی این ضریب به رقم ۰/۷۵ نزدیکتر می‌گردد. مقادیر مختلف ضریب (C) برای کاربرد در روش مک– مث در جدول زیر ارایه شده است.

جدول (۱–۸) مقادیر ضریب جریان یا تلفات (C) جهت کاربرد در رابطه مک– مث

ردیف	توانمندی تولید رواناب (استعدادسیلاب‌خیزی)	وضعیت پوشش گیاهی (c_1)		بافت خاکها (c_2)		شرایط توپوگرافیکی (c_3)	
۱	بسیارکم	بسیار متراکم	۰/۰۸	شنی	۰/۰۸	مسطح	۰/۰۴
۲	کم	نسبتاً متراکم	۰/۱۱	بافت سبک	۰/۱۲	شیب ملایم	۰/۰۶
۳	متوسط	نسبتاًمتراکم تا متوسط	۰/۱۶	بافت متوسط	۰/۱۶	شیب‌متوسط‌تاتپه‌ای	۰/۰۸
۴	زیاد	متوسط تا غیرمتراکم	۰/۲۲	بافت سنگین	۰/۲۲	پرشیب و تپه‌ماهور	۰/۱۱
۵	بسیار زیاد	غیرمتراکم‌تابدون‌پوشش	۰/۳۰	سنگی وصخره‌ای	۰/۳۰	شیب زیاد	۰/۱۵

* مقدار ضریب (C) مشتمل بر حاصل جمع، $C_1 + C_2 + C_3$ مندرج در جدول می‌باشد. به عنوان نمونه در خاکی با پوشش متوسط تا غیر متراکم، با بافت متوسط در زمینی با شیب زیاد، مقدار C = ۰/۱۵ + ۰/۱۶ + ۰/۲۲ = ۰/۵۳ است.

۱–۵–۳ – روش کوک

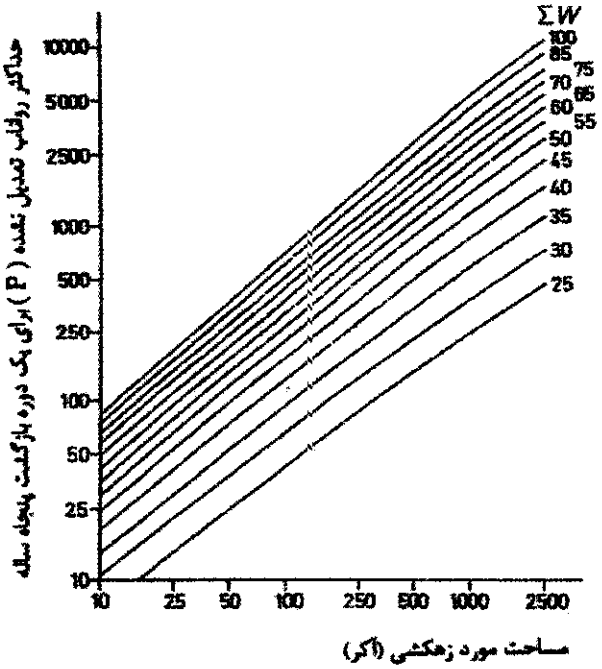
روش کوک رابطه‌ای تجربی است که بوسیله سازمان حفاظت خاک (SCS) کشور ایالات متحده امریکا و برای کاربرد در آن کشور توسعه یافته است و آن را می‌توان فقط برای حوضه‌های کوچک کشاورزی و آبیاری با شرایط طبیعی مشابه آن کشور و مساحت کمتر از ۲۵۰ هکتار بکار برد. همانند روش استدلالی، این روش نیز امکان برآورد مقادیر حداکثر رواناب سطحی را با احتمال وقوع مشخصی فراهم می‌آورد. بنیان این روش بر آن است که حداکثر میزان رواناب (Q_P) را از طریق حاصل ضرب سه عامل: میزان حداکثر رواناب تعدیل نشده (P)، بارندگی (R) و فاکتور فراوانی (F) بصورت زیر ارائه می‌نماید.

$$Q_P = P \cdot R \cdot F \qquad (۱–۸)$$

که در آن :

Q_P ، حداکثر میزان رواناب که ارایه آن در سیستم متریک (مترمکعب برثانیه یا ساعت) مطلوبتر است. و برای این منظور باتوجه به واحدهای بیان سایر عوامل بایستی از ضریب تبدیل متناسب و مربوطه استفاده نمود. نمودار تعیین میزان حداکثر رواناب تعدیل (تنظیم) نشده براساس روش کوک در شکل (۱–۱۲) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۱۲- نمودار (گراف) تعیین میزان حداکثر رواناب تعدیل (تنظیم) نشده بر اساس روش کوک

توجه : برای تبدیل مساحت مورد زهکشی به هکتار، مقدار آکر را بایستی بر عدد ۲/۴۷ تقسیم نمود.

۱-۵-۳-۱- حداکثر رواناب تعدیل نشده (P)

مقدار (P) از طریق انتساب مقادیر عددی چهار عامل مؤثر در ایجاد رواناب یعنی: پستی و بلندی اراضی، نفوذپذیری خاک، پوشش گیاهی و ذخیره سطحی حاصل می‌گردد. با کاربرد جدول (۱-۹) مجموع مقادیر عددی این عوامل [$\sum W=W=(R+I+V_C+S)$] را می‌توان محاسبه نمود و با معلوم بودن مساحت حوضه آبخیز، میزان حداکثر رواناب تعدیل نشده (P) را برای یک دوره بازگشت ۵۰ ساله می‌توان محاسبه و یا از گراف‌های تهیه شده استخراج نمود.

۱-۵-۳-۲- عامل بارندگی (R)

مشکل اصلی کاربرد « روش کوک » خارج از کشور ایالات متحده امریکا آنست که هیچ گونه عامل بارندگی در سایر نقاط وجود ندارد. برای کاربرد این روش در داخل کشور ایالات متحده امریکا و برای هر محل، نوعی عامل بارندگی را می‌توان از نقشه‌های تهیه شده (نقشه‌های عامل بارندگی) استخراج نمود. با مقایسه نمودارهای شدت- فراوانی بارندگی که بوسیله سازمان هواشناسی کشور ایالات متحده امریکا تهیه گردیده و نقشه‌های هم باران آن کشور، نوعی برآورد غیردقیق از عامل بارندگی را می‌توان از طریق منظور نمودن (R) بعنوان نیمی از بارندگی ۳۰ دقیقه‌ای بر حسب اینچ با دوره بازگشت ده ساله* منظور نمود. بهرحال در این مورد انحراف در حد ۱۰٪ غیر قابل انتظار نیست.

omoorepeyman.ir

* دوره بازگشت، یک سری زمانی، عبارت است از " دوره لازم برای بازگشت یک مقدار به میزان پیشین مساوی خودش" . این عبارت به مفهوم فاصله زمانی متوسطی است که در آن یک واقعه معین مساوی خودش و یا بیشتر از آن خواهد شد، دوره بازگشت برحسب " سال" بیان می‌شود.

۱-۵-۳-۳- عامل فراوانی (F)

همانطوریکه قبلاً گفته شد، استخراج عامل (P) از گراف‌های تهیه شده در اکثر حالت‌ها مربوط به یک دوره بازگشت[1] ۵۰ ساله است. با استفاده از جدول (۱-۱۰) می‌توان مقادیر (P) را کاهش داد زیرا عامل فراوانی (F) در جدول اخیر بعنوان تابعی از مقادیر میانگین وزنی نفوذپذیری (I) و پوشش گیاهی (V_c) برطبق مندرجات جدول (۱-۹) و معدل سالیانه مقادیر بارندگی برحسب اینچ و میلیمتر ارائه شده است.[اعداد متن جدول، ضریب تعدیل یا تبدیل(K)برای تغییر ارقام پنجاه‌و بیست و پنج ساله به ده ساله می‌باشند].

توجه : هر دو روش گفته شده (استدلالی یا منطقی و کوک) منتج به میزان حداکثر رواناب می‌گردد.

بدیهی است که نتایج این روشها به علت تخمین‌هایی که در آنها به کار رفته می‌تواند متفاوت باشد. این روش‌ها تشریح کننده مشکلاتی هستند که قضاوت مطلوب را طلب می‌نماید. بدین دلیل برآورد مقادیر رواناب نیاز به مهارت و تجربیات مهندسی دارد.

1 - Recurrence Interval (The Return Period)

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۹) ویژگی‌های موجد رواناب برای حوضه‌های زهکشی بازاء مقادیر وزنی (W) (ارقام داخل پرانتز میانگین وزنی می‌باشند)

ردیف	خصوصیات شاخص حوضه آبخیز	ویژگی‌های موجد رواناب سطحی			
		خیلی زیاد [۱۰۰]	زیاد [۷۵]	معمولی (نرمال) [۵۰]	کم [۲۵]
۱	پستی و بلندی اراضی (وضعیت طبیعی زمین) (R)	(۴۰) شیب‌های تند ، ناهموار با عوارض فیزیکی، شیب‌های متوسط بیش از ۳۰٪	(۳۰) تپه ماهور، با شیب‌های متوسط ۱۰ -- ۳۰٪	(۲۰) اراضی ناهموار (دست اندازی)، با شیب‌های متوسط ۵ -- ۱۰٪	(۱۰) اراضی تقریباً هموار با شیب‌های متوسط ۰ -- ۵٪
۲	میزان نفوذپذیری خاک (I)	(۲۰) بدون پوشش موثر، صخره‌ای یا پوشش خاک ضعیف با ظرفیت نفوذ قابل اغماض	(۱۵) آهسته برای جذب آب ، رس یا سایر خاکها با ظرفیت نفوذپذیری کم مانند خاکهای گلی و سنگین	(۱۰) معمولی (نرمال)، لومی عمیق با نفوذپذیری تقریباً مشابه با خاکهای تیپیک چمن زاری	(۵) زیاد ، ماسه عمیق و یا سایر خاکها که آب را به سرعت و به سهولت دریافت می‌کند
۳	پوشش گیاهی اراضی (V_C)	(۲۰) بدون پوشش گیاهی قابل ملاحظه ، خاک سخت به همراه پوشش گیاهی بسیار تنک	(۱۵) کم تا متوسط، کشت‌های منظم ردیفی با پوشش طبیعی کم ، کمتر از ۱۰٪ محدوده زهکشی زیر پوشش است	(۱۰) خوب تا متوسط ،تقریباً ۵۰٪ محدوده زهکشی علف زار و یا درختستان و یا معادل آن پوشش دارد. بیش از ۵۰٪ اراضی کشت منظم ندارد.	(۵) خوب تا عالی ، تقریباً ۹۰٪ محدوده زهکشی را علف‌زارها و درختستان یا پوشش معادل آن تشکیل می‌دهد.
۴	بازداشت سطحی اراضی (S)	(۲۰) قابل اغماض، معدودی گودال‌های سطحی کم عمق، مجاری زهکشی تند و کوچک، بدون مناطق آب مانده یا باتلاقی	(۱۵) کم، دارای سیستم خوب با آبراهه‌های زهکشی کم ،بدون مناطق آب مانده و یا باتلاقی	(۱۰) معمولی، دارای گودال‌های سطحی با ظرفیت ذخیره زیاد سیستم زهکشی شبیه اراضی مرغزاری ،حوضچه ،دریاچه و باتلاق کمتر از ۲۰٪	(۵) زیاد ،ظرفیت بازداشت درفرو رفتگی‌های زیاد، سیستم زهکشی با شیب تند نیست. ظرفیت زیاد دشت سیلابی ، دریاچه، استخر و باطلاق زیاد

* – تذکر اعداد داخل کروشه [ ] جمع اعداد داخل پرانتز ستون‌های مربوط به هر حالت (خیلی زیاد، زیاد، معمولی و کم) می‌باشد.

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۱۰) عوامل فراوانی (F) برای کاربرد در روش کوک

نفوذپذیری خاک + پوشش گیاهی اراضی ($I + V_C$)	معدل بارندگی سالیانه برحسب اینچ (میلیمتر)					
	۱۰ (۲۵۴)	۲۰ (۵۰۸)	۳۰ (۷۶۲)	۴۰ (۱۰۱۶)	۶۰ (۱۵۲۴)	۸۰ (۲۰۳۲)
	نسبت : بیست و پنج ساله به پنجاه ساله					
۵	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۸	۰/۵۱
۱۰	۰/۴۱	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۶۶
۱۵	۰/۵۰	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۷۷
۲۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۷۶	۰/۸۲	۰/۸۷
۲۵	۰/۶۰	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۹۰	۰/۹۲
۳۰	۰/۶۴	۰/۷۶	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۲
۳۵	۰/۶۷	۰/۸۱	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲
۴۰	۰/۷۱	۰/۸۵	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲
	نسبت : ده ساله به پنجاه ساله					
۵	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۷
۱۰	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۳۴
۱۵	۰/۱۶	۰/۲۵	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۵۱
۲۰	۰/۲۱	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۶۰	۰/۶۸
۲۵	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۷۵	۰/۸۰
۳۰	۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۶۲	۰/۷۴	۰/۸۰	۰/۸۰
۳۵	۰/۳۶	۰/۵۸	۰/۷۳	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰
۴۰	۰/۴۲	۰/۶۸	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰

۱-۵-۴- روش شماره منحنی (C_N)

روش شماره منحنی[1] نیز در سازمان حفاظت خاک (SCS) کشور ایالات متحده امریکا توسعه یافته است و کاربرد آن برای حوضه‌های وسیعتر از آنچه در روش‌های قبل بیان شده می‌باشد. این روش از نظر اصولی مشتمل بر دو بخش است. در گام نخست برآوردی از حجم رواناب حاصل از بارندگی بانجام می‌رسد و در گام بعدی، توزیع زمانی[2] رواناب معین می‌گردد که مشتمل بر میزان رواناب حداکثر می‌باشد. به دو گام مورد اشاره در زیر ارائه شده است.

omoorepeyman.ir

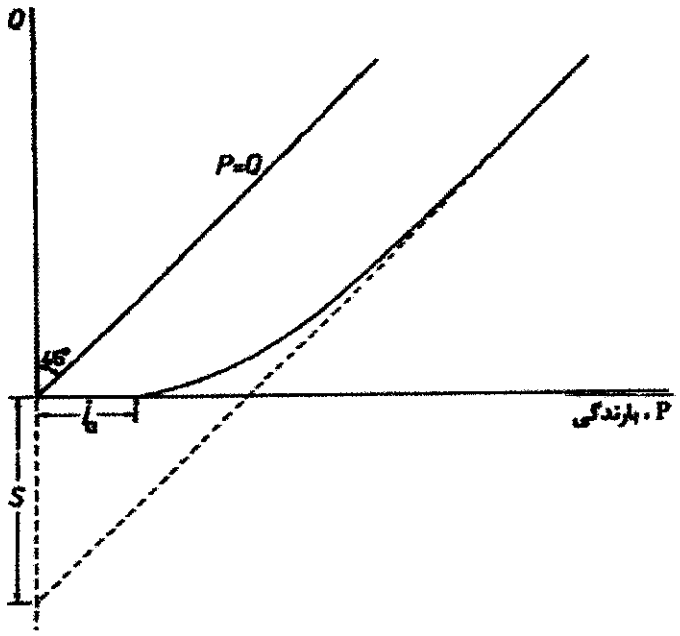
1 - Curve Number
2 - Time Distribution

۱-۵-۴-۱- برآورد مقدار رواناب از یک مقدار بارندگی

در اغلب شرایط، ارقام بارندگی قابل دسترس از طریق ایستگاه‌هایی حاصل می‌گردد که فاقد باران سنج ثبات می‌باشند. برای کاربرد این قبیل داده‌ها رابطه « بارندگی- رواناب» توسعه یافته است. این ارقام بطور معمول مشتمل بر مجموع بارندگی یک یا چند رگبار است که در یک روز تقویمی اتفاق می‌افتدو هیچ گونه اطلاعی در مورد توزیع زمانی آنها مشخص نمی‌باشد. بدین ترتیب در این شرایط عامل زمان، یک متغیر ضمنی[1] (غیرصریح) خواهد بود. با ترسیم مقادیر رواناب (Q) در مقابل مقادیر بارندگی مربوطه (P) می‌توان رابطه بین آنها را بدست آورد (مقادیر رواناب و بارندگی به ترتیب برروی محورهای مختصات عمودی و افقی در نظر گرفته می‌شوند).

رابطه بین میزان بارندگی (P) و رواناب مستقیم (Q) در روش شماره منحنی(C_N) در شکل (۱-۱۳) نشان داده شده است.

برای مقادیر بارندگی (P) کوچکتر از بازداشت یا نگهداری سطحی (I_a) هیچ گونه روانابی (Q) بوقوع نخواهد پیوست. بازداشت یا نگهداری سطحی (I_a) بطور عمده مشتمل بر نگهداشت به وسیله پوشش گیاهی منطقه، ذخیره یا نگهداری در گودال‌ها (فرورفتگی‌ها) و نفوذپذیری (در خاک) قبل از وقوع رواناب به روی سطح اراضی محدوده مورد نظر است.



شکل ۱-۱۳- رابطه بین میزان بارندگی (P) و رواناب مستقیم (Q) در روش شماره منحنی (C_N)

- **تعیین عامل نفوذپذیری خاک**

در بررسیهای هیدرولوژیکی در اکثر حالت‌ها نیاز بر آنست که بتوان برای محاسبه رواناب حاصل از بارندگی، تغییرات میزان نفوذ را طی دوره بارندگی تعیین نمود. برای نمایش تغییرات میزان سرعت یا شدت نفوذ نسبت به زمان معادله‌های متعددی پیشنهاد شده است. یکی از معروفترین آنها که عمومیت کاربرد دارد، مدل یا معادله هورتون[2] می‌باشد. این رابطه که برای بررسی چگونگی تغییرات

1 - Explicit
2 - Horton (1940).

omoorepeyman.ir

نفوذپذیری خاک در مزرعه توسعه یافته است، مبتنی بر وضعیت عمومی نفوذ در خاکهای متفاوت و بر پایه نوعی فرایند فیزیکی می‌باشد، که آن را بصورت زیر می‌توان ارایه نمود.

$$i = i_f + (i_o - i_f)\exp(-\beta.t) \qquad (۹-۱)$$

که در آن :

i، میزان یا شدت نفوذ به عنوان تابعی از زمان (t)

i_f، میزان نفوذ نهایی که در زمان طولانی حاصل می‌گردد.

i_o، میزان نفوذ اولیه در لحظه t = o

β ، پارامتر مرتبط با خاک که بیانگر چگونگی کاهش میزان نفوذپذیری است.

t ، عامل زمان از شروع فرایند نفوذ آب به سطح و درون خاک.

برای اینکه امکان مقایسه آن با سایر مدلهای نفوذپذیری)تجربی یا نظری) فراهم باشد، بایستی از معادله بالا انتگرال‌گیری نمود،که نتیجه بصورت زیر است:

$$I = i_f.t + \frac{i_f - i_o}{\beta}[\exp(-\beta.t)] \qquad (۱۰-۱)$$

که در آن : I میزان نفوذ تجمعی است و سایر علایم معانی پیشین را دارا هستند.

تذکر : واحدهای متداول برای بیان i ، i_f ، i_o برحسب سانتی‌متر یا میلیمتر در ساعت یا دقیقه، t برحسب دقیقه یا ساعت و I را می‌توان برحسب متر یا سانتیمتر بیان نمود.

کاهش میزان نفوذ با افزایش زمان و پس از شروع فرایند نفوذپذیری در خاک، بطور قابل ملاحظه‌ای بوسیله عواملی که در سطح خاک وجود دارند، کنترل می‌گردد. این عوامل مشتمل بر تورم کلوئیدهای خاک و بسته شدن درز و ترک‌های کوچک و موجود در سطح خاک است که بطور قابل ملاحظه‌ای موجد انسداد سطحی می‌گردد. هم چنین متراکم شدن سطح خاک بوسیله قطرات باران در شرایطی که خاک فاقد پوشش گیاهی باشد، عامل مهمی است. بررسیهای بانجام رسیده بوسیله پژوهشگران متعدد نمایانگر آنست که کاهش سرعت نفوذ طی مدت ۲-۳ ساعت پس از تولید رواناب حاصل از رگبار اتفاق می‌افتد. بطوریکه میزان نفوذپذیری در نهایت به مقدار ثابتی می‌رسد (سرعت نفوذ نهائی یا پایه اراضی) که در اکثر شرایط مقدار آن از میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک کمتر است. محبوس شدن حباب‌های هوای درون منفذی ذرات خاک و غیراشباع بودن لایه خاک از جمله عوامل موجد فرایند گفته شده اخیر می‌باشند.

بهرحال همانگونه که از مدل هورتون استنباط می‌گردد، معادله ارایه شده نوعی تابع نمائی را برای بیان کاهش سرعت نفوذ خاک ارایه می‌دهد که تطابق‌پذیری رضایت بخشی را با ارقام مربوطه نمودار می‌سازد.

- **نمایه نفوذپذیری[1]**

نمایه نفوذپذیری از جمله روشهای بسیار متداول و مرسوم برای تعیین میزان هدر رفت مقادیر بارندگی می‌باشد. در این روش ابتدا یک مقدار ثابت بعنوان نفوذپذیری از مقدار بارندگی به درون خاک و برای تمامی مدت بارندگی منظور می‌گردد. نمایه نفوذپذیری بنام

omoorepeyman.ir

1 - Infiltration Index

اندیس فی [ϕ (phi) index] نیز نامیده می‌شود. روش دیگری در این خصوص اندیس دبلیو [W- index] می‌باشد که نگهداشت اولیه آب حاصل از بارندگی را شامل می‌گردد. بدلیل آنکه تعیین میزان نگهداشت اولیه مشکل می‌باشد، بدین دلیل استفاده از اندیس دبلیو (W) کاربرد مرسومی ندارد.

نمایه نفوذپذیری (ϕ) معرف میزان نگهداشت متوسط آب حاصل از بارندگی است، و بقیه حجم بارندگی که بصورت رواناب سطحی از دسترس خارج می‌گردد بنام « حجم بارندگی اضافی[1] » نامیده می‌شود و فرض بر آنست که مقدار آن برابر « حجم رواناب اضافی» است. حجم رواناب اضافی، از طریق حجم رواناب حاصل از آبنمود (هیدروگراف) رگبار پس از تفکیک میزان جریان پایه[2] حاصل می‌گردد. هم چنین دوره زمانی که طی آن « بارندگی مازاد» بوجود می‌آید بعنوان « دوره زمانی موثر[3] » دانسته می‌شود.

اقدامات لازم جهت تعیین نمایه نفوذپذیری (ϕ) بشرح زیر است:

- ترسیم هیتوگراف[4] بارندگی رگباری و محاسبه حجم کل بارندگی
- محاسبه حجم رواناب اضافی، از آبنمود رگبار از طریق تفکیک میزان جریان پایه
- کسر مقدار « حجم رواناب اضافی» از « حجم کل بارندگی» برای مشخص نمودن میزان نفوذ کل بارندگی به درون خاک
- تقسیم میزان نفوذ کل بارندگی به درون خاک بر « دوره زمانی مؤثر » بارندگی برای بدست آوردن « نمایه نفوذپذیری (ϕ) » . و بدین ترتیب :

$$\phi \text{ index} = \frac{\text{میزان نفوذ کل بارندگی به درون خاک}}{\text{دوره زمانی موثر}} \qquad (۱۱-۱)$$

که در آن، نمایه نفوذپذیری برحسب سانتیمتر در ساعت می‌باشد. برای دستیابی به جواب منطقی و لازم بایستی از روش «تقاریب متوالی[5] » استفاده نمود.

پیرو آنچه در مبحث « برآورد مقدار رواناب از یک مقدار بارندگی» اشاره شد، با افزایش میزان بارندگی، منحنی رواناب (Q) در مقابل بارندگی (P) به صورت خط مستقیم مجانب و موازی با خط [P = Q] در می‌آید. فاصله عمودی بین این دو خط (S) تحت عنوان « پتانسیل نگهداشت حداکثر[6]» نامیده می‌شود. این مقدار، حداکثر میزان آبی است که حوضه آبخیز از مقدار بارندگی می‌تواند نگهداری نماید. بایستی متذکر شد که این امکان به دلیل کاربرد عامل زمان به عنوان یک متغیر غیر صریح می‌باشد. بدین ترتیب تعداد زیادی منحنی را می‌توان یافت که شرایط عبور از نقطه (I_a , O) را دارا بوده و می‌توانند با خط [Q = P - S] به صورت مجانب در آیند. بنابراین برای تعریف شکل منحنی بایستی عامل لازم دیگری را نیز معرفی نمود. اعمال این مهم از طریق بیان این موضوع که بازداشت واقعی [$(P - I_a) - Q$] و پتانسیل نگهداشت حداکثر (S) برابر با نسبت رواناب واقعی (Q) به پتانسیل حداکثر رواناب ($P - I_a$) می‌باشد و بصورت زیر قابل ارائه است.

$$\frac{[(P-I_a)-Q]}{S} = \frac{Q}{(P-I_a)} \rightarrow Q = \frac{(P-I_a)^2}{[(P-I_a)+S]} \qquad (۱۲-۱)$$

1 - Excess Rainfall Volume
2 - Base Flow
3 - Effective Time Period
4 - Hyetograph
5 - Iterative
6 - Potential Maximum Retention

omoorepeyman.ir

تجربیات عملی نشان داده است که نگهداشت اولیه، (I_a) در حدود ۲۰٪ پتانسیل نگهداشت حداکثر یعنی ($I_a = ۰/۲\ S$) می‌باشد. با معرفی این تساوی، معادله برآورد رواناب بصورت زیر درمی‌آید:

$$Q = \frac{(P - 0/2S)^2}{(P + 0/8S)} \qquad (۱-۱۳)$$

رابطه مقدار پتانسیل نگهداشت حداکثر (S برحسب اینچ) با شماره منحنی رواناب (C_N) بصورت زیر تعریف می‌شود.

$$C_N = \frac{1000}{10 + S} \rightarrow S = \frac{1000}{C_N} - 10 \qquad (۱-۱۴)$$

و برای مقدار پتانسیل نگهداشت حداکثر (S برحسب میلیمتر) روابط زیر قابل ارائه است.

$$C_N = \frac{25400}{S + 254} \rightarrow S = \frac{25400}{C_N} - 254 \qquad (۱-۱۵)$$

برای مناطق پوشش‌دار (اندود شده) [$S = ۰$ و $C_N = ۱۰۰$] خواهد بود و در شرایطی که هیچ گونه روانابی حاصل نگردد، [$S = \infty$ و $C_N = ۰$] می‌باشد. نمودارهائی موجود است که مقادیر برآوردی رواناب مستقیم را از ارقام بارندگی‌های رگباری ارائه می‌دهد (حل گرافیکی معادله رواناب برای شماره منحنی‌های متفاوت). برای تعیین حجم رواناب، بایستی برآوردی برای شماره منحنی (C_N) به انجام رساند. مقدار شماره منحنی بستگی به خصوصیات حوضه آبخیز از جمله: موارد کاربری اراضی، شرایط خاک و میزان رطوبت اولیه اراضی حوضه در زمان وقوع بارندگی دارد. سه کلاس متفاوت برای وضعیت رطوبت پیشین یا قبلی[1] (AMC) خاکها مشخص گردیده است که در جدول (۱-۱۱) ارایه شده است.

جدول (۱-۱۱) حدود بارندگی فصلی برای شرایط رطوبت پیشین کلاس های مختلف

ردیف	کلاسهای وضعیت رطوبت پیشین خاکها (AMC)	مجموع بارندگی های پنج روز پیشین (میلیمتر)	
		فصل خواب	فصل رویش
۱	I	< ۱۲/۷	< ۳۵/۵
۲	II	۲۷/۹ – ۱۲/۷	۵۳/۳ – ۳۵/۵
۳	III	> ۲۷/۹	> ۵۳/۳

اثرات ویژگی‌های حوضه آبخیز برروی شماره منحنی (C_N)، در جدول (۱-۱۲) نشان داده شده است. علاوه بر کاربری اراضی، پوشش و نوع عملیات (زراعی) موارد مشخصه‌ای برای حالت‌های ضعیف، متوسط و خوب شرایط هیدرولوژیکی حوضه آبخیز محسوب می‌گردند. در مجموع چهار گروه هیدرولوژیکی برای خاک‌ها مشخص شده است. شرایط هیدرولوژیکی مقدمتاً از طریق تراکم پوشش گیاهی مشخص می‌گردد. بعنوان مثال مراتع طبیعی با پوشش متراکم بعنوان « ضعیف» و مرغزار و چمنزارهای غیرمتراکم بصورت « خوب» طبقه‌بندی می‌شوند.

omoorepeyman.ir

1 - Antecedent Moisture Classes (AMC)

جدول (۱-۱۲) – شماره منحنی‌های رواناب برای شرایط متفاوت هیدرولوژیکی پوشش خاکها (برای شرایط حوضه آبخیز $I_a = 0.2$ S, II).

کاربری اراضی یا پوشش	تیمار و عملیات زراعی	شرایط هیدرولوژیکی	گروه های هیدرولوژیکی خاک			
			A	B	C	D
آیش	ردیفی مستقیم	ضعیف	۷۷	۸۶	۹۱	۹۴
گیاهان ردیفی	ردیفی مستقیم	ضعیف	۷۲	۸۱	۸۸	۹۱
	ردیفی مستقیم	خوب	۶۷	۷۸	۸۵	۸۹
	کشت کنتوری	ضعیف	۷۰	۷۹	۸۱	۸۸
	کشت کنتوری	خوب	۶۵	۷۵	۸۲	۸۸
	کنتوری و تراسی	ضعیف	۶۶	۷۴	۸۰	۸۲
	کنتوری و تراسی	خوب	۶۲	۷۱	۷۸	۸۱
گیاهان دانه ریز	ردیفی مستقیم	ضعیف	۶۵	۷۶	۸۴	۸۸
	ردیفی مستقیم	خوب	۶۳	۷۵	۸۳	۸۷
	کشت کنتوری	ضعیف	۶۳	۷۴	۸۲	۸۵
	کشت کنتوری	خوب	۶۱	۷۳	۸۱	۸۴
	کنتوری و تراسی	ضعیف	۶۱	۷۲	۷۹	۸۲
	کنتوری و تراسی	خوب	۵۹	۷۰	۷۸	۸۱
کشت بقولات بصورت متراکم یا علوفه در تناوب زراعی	ردیفی مستقیم	ضعیف	۶۶	۷۷	۸۵	۸۹
	ردیفی مستقیم	خوب	۵۸	۷۲	۸۱	۸۵
	کشت کنتوری	ضعیف	۶۴	۷۵	۸۳	۸۵
	کشت کنتوری	خوب	۵۵	۶۹	۷۸	۸۳
	کنتوری و تراسی	ضعیف	۶۳	۷۳	۸۰	۸۳
	کنتوری و تراسی	خوب	۵۱	۵۷	۷۶	۸۰
گیاهان مرتعی		ضعیف	۶۸	۷۹	۸۶	۸۹
		مناسب	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
		خوب	۳۹	۶۱	۷۴	۸۰
	کشت کنتوری	ضعیف	۴۷	۶۷	۸۱	۸۸
	کشت کنتوری	مناسب	۲۵	۵۹	۷۵	۸۳
	کشت کنتوری	خوب	۶	۳۵	۷۰	۷۹
علف زار دایمی		خوب	۳۰	۳۸	۷۱	۷۸
جنگل یا درختکاری		ضعیف	۴۵	۶۶	۷۷	۸۳
		مناسب	۳۶	۶۰	۷۳	۷۹
		خوب	۲۵	۵۵	۷۰	۷۷
مناطق روستائی			۵۹	۷۴	۸۲	۸۶
جاده – خاکی			۷۲	۸۲	۸۷	۸۹
جاده – با پوشش سخت			۷۴	۸۴	۹۰	۹۲

omoorepeyman.ir

گروه‌های مختلف هیدرولوژیکی خاکها برحسب توانمندی آنها برای عبور جریان آب (نفوذپذیری) مشخص می‌گردند. بعنوان مثال گروه (A) با نفوذپذیری زیاد، گروه (B) با نفوذپذیری متوسط، گروه (C) دارای نفوذپذیری آهسته و گروه (D) نفوذپذیری خیلی آهسته‌ای را دارا می‌باشند. خصوصیات گروههای مختلف هیدرولوژیکی خاکهای مختلف در جدول زیر ارایه شده است.

جدول (۱-۱۳)- خصوصیات گروه‌های مختلف هیدرولوژیکی خاکها در حوضه‌های آبخیز

ردیف	گروههای هیدرولوژیکی خاکها	ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاکهای حوضه آبخیز			
		توانمندی تولید رواناب	وضعیت نفوذپذیری	وضعیت فیزیکی خاکها	سرعت نفوذ نهائی (میلیمتر در ساعت)
۱	گروه (A)	خیلی کم	زیاد	خاکهای عمیق شنی و سنگریزه‌ای با مقدار کمی سیلت (لای) و رس، وضعیت زهکشی طبیعی خوب تا بسیار خوب	۸-۱۲
۲	گروه (B)	متوسط	متوسط	خاکهای با بافت نسبتاً ریز تا نسبتاً درشت و عمق متوسط، وضعیت زهکشی طبیعی متوسط تا خوب	۴-۸
۳	گروه (C)	زیاد	آهسته	خاکهای با بافت نسبتاً ریز تا ریزدانه، نوعی لایه نفوذناپذیر (تا کم‌نفوذپذیر) در عمق آنها قرار دارد، وضعیت زهکشی طبیعی ضعیف تا متوسط	۱-۴
۴	گروه (D)	خیلی زیاد	خیلی‌آهسته	خاکهای با نوعی رس متورم شونده، لایه نفوذناپذیر (تا کم نفوذپذیر) بسیار سطحی، سطح آب زیرزمینی دایمی کم عمق، وضعیت زهکشی طبیعی بسیار ضعیف تا ضعیف	۰-۱

با کاربرد جدول (۱-۱۲) و با داشتن مقدار کمی تجربه عملی، شماره منحنی برای وضعیت رطوبتی پیشین (AMC) کلاس II را می‌توان برای هر نقطه بخصوص در حوضه زهکشی برآورد نمود، و سپس با استفاده از نمودارهای موجود می‌توان میزان رواناب حاصل از یک مقدار معین بارندگی را استخراج نمود.

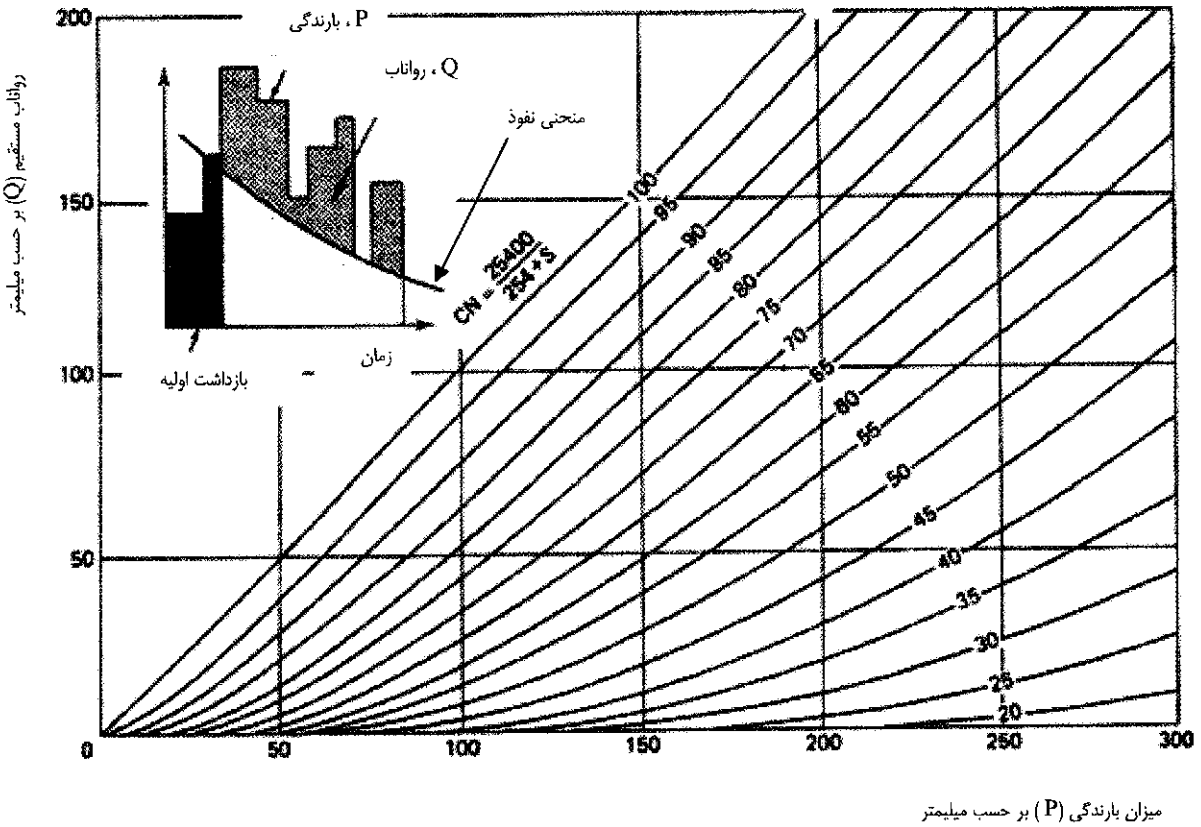
برآورد میزان رواناب مستقیم از بارندگی شدید یا رگباری در شکل (۱-۱۴) نشان داده شده است. برای بدست آوردن کل مقدار رواناب در تمامی محدوده زهکشی مورد نظر، میزان رواناب هر زیرحوزه با شماره منحنی (C_N) مربوط را بایستی برآورد نمود و مقادیر مربوطه جمع نمود. روش دیگر در این ارتباط محاسبه میانگین وزنی برای ارقام شماره منحنی (C_N) برای کل محدوده مورد مطالعه زهکشی است که بدین طریق مقادیر رواناب کمتری حاصل می‌گردد و سرانجام با استفاده از جدول (۱-۱۵) می‌توان شماره منحنی (C_N)های مربوط را به شرایط رطوبت پیشین کلاس (II) را برای شرایط رطوبت پیشین کلاسهای (III) و (I) تبدیل نموده و بکار گرفت. هم چنین ضرایب تبدیل شرایط گروههای مختلف هیدرولوژیکی خاکها در جدول زیر ارایه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۱۴) ضرایب تبدیل شرایط منحنی گروههای مختلف هیدرولوژیکی خاکها به یکدیگر

ردیف	نوع گیاه و شرایط هیدرولوژیکی (وضعیت جوضه آبخیز)	ضرایب تبدیل مقادیر ضرایب رواناب (C) از گروه (B) به سایر گروههای هیدرولوژیکی خاکها		
		گروه (A)	گروه (C)	گروه (D)
۱	زراعت ردیفی- عملیات زراعی ضعیف	۰/۸۹	۱/۰۹	۱/۱۲
۲	زراعت ردیفی- عملیات زراعی خوب	۰/۸۶	۱/۰۹	۱/۱۴
۳	گیاهان دانه‌ریز- عملیات زراعی ضعیف	۰/۸۶	۱/۱۱	۱/۱۶
۴	گیاهان دانه‌ریز- عملیات زراعی خوب	۰/۸۴	۱/۱۱	۱/۱۶
۵	چمن‌زار در تناوب زراعی- وضعیت خوب	۰/۸۱	۱/۱۳	۱/۱۸
۶	مراتع دایم- وضعیت خوب	۰/۶۴	۱/۲۱	۱/۳۱
۷	باغات درختکاری - وضعیت خوب	۰/۴۵	۱/۲۱	۱/۴۰

* ضرایب تبدیلی با استفاده از ارقام جدول (۱-۱۲) از طریق تقسیم شماره منحنی(C_N) گروه هیدرولوژیکی خاک مورد نظر به شماره منحنی گروه هیدرولوژیکی خاک (B) حاصل گردیده است.



شکل ۱-۱۴- برآورد میزان رواناب مستقیم از بارندگی شدید (رگباری)

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۱۵) - شماره منحنی‌های رواناب (C_N) ، ضرایب ثابت و تبدیلی

شماره منحنی (C_N) برای شرایط	شماره منحنی (C_N) برای شرایط		مقادیر ضریب (S)		مقادیر (P) برای شروع منحنی	
II	I	III	اینچ	میلیمتر	اینچ	میلیمتر
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۹۸	۹۴	۹۹	۰/۲۰۴	۵/۱۸۲	۰/۰۴۰	۱/۰۱۶
۹۶	۸۹	۹۹	۰/۴۱۷	۱۰/۵۶۲	۰/۰۸۰	۲/۰۳۲
۹۴	۸۵	۹۸	۰/۶۳۸	۱۶/۲۰۵	۰/۱۳۰	۲/۳۰۲
۹۲	۸۱	۹۷	۰/۸۷۰	۲۲/۰۹۸	۰/۱۷۰	۴/۳۱۸
۹۰	۷۸	۹۶	۰/۱۱۰	۲۸/۱۹۴	۰/۲۲۰	۵/۵۸۸
۸۸	۷۵	۹۵	۱/۳۶۰	۳۴/۵۴۴	۰/۲۷۰	۶/۸۵۸
۸۶	۷۲	۹۴	۱/۶۳۰	۴۱/۴۰۲	۰/۳۳۰	۸/۳۸۲
۸۴	۶۸	۹۳	۰/۹۰۰	۴۸/۲۶۰	۰/۳۸۰	۹/۶۵۲
۸۲	۶۶	۹۲	۲/۲۰۰	۵۵/۸۸۰	۰/۴۴۰	۱۱/۱۷۶
۸۰	۶۳	۹۱	۲/۵۰۰	۶۳/۵۰۰	۰/۵۰۰	۱۲/۷۰۰
۷۸	۶۰	۹۰	۲/۸۲۰	۷۱/۶۲۸	۰/۵۶۰	۱۴/۲۲۴
۷۶	۵۸	۸۹	۳/۱۶۰	۸۰/۲۶۴	۰/۶۳۰	۱۶/۰۰۲
۷۴	۵۵	۸۸	۳/۵۱۰	۸۹/۱۵۴	۰/۷۰۰	۱۷/۷۸۰
۷۲	۵۳	۸۶	۳/۸۹۰	۹۸/۸۰۶	۰/۷۸۰	۱۹/۸۱۲
۷۰	۵۱	۸۵	۴/۲۸۰	۱۰۸/۷۱۲	۰/۸۶۰	۲۱/۸۴۴
۶۸	۴۸	۸۴	۴/۷۰۰	۱۱۹/۳۸۰	۰/۹۴۰	۲۳/۸۷۶
۶۶	۴۶	۸۲	۵/۱۵۰	۱۳۰/۸۱۰	۱/۰۳۰	۲۶/۱۶۲
۶۴	۴۴	۸۱	۵/۶۲۰	۱۴۲/۷۴۸	۱/۱۲۰	۲۸/۴۴۸
۶۲	۴۲	۷۹	۶/۱۶۰	۱۵۶/۴۶۴	۱/۲۳۰	۳۱/۲۴۲
۶۰	۴۰	۷۸	/۶۷۰	۱۶۹/۴۱۸	۱/۳۳۰	۳۳/۷۸۲
۵۸	۳۸	۷۶	۷/۲۱۰	۱۸۳/۱۳۴	۱/۴۵۰	۳۶/۸۳۰
۵۶	۳۶	۷۵	۷/۸۶۰	۱۹۹/۶۴۴	۱/۵۷۰	۳۹/۸۷۸
۵۴	۳۴	۷۳	۸/۵۲۰	۲۱۶/۴۰۸	۱/۷۰۰	۴۳/۱۸۰
۵۲	۳۲	۷۱	۹/۲۳۰	۲۳۴/۴۴۲	۱/۸۵۰	۴۶/۹۹۰
۵۰	۳۱	۷۰	۱۰/۰۰۰	۲۵۴/۰۰۰	۲/۰۰۰	۵۰/۸۰۰
۴۸	۲۹	۶۸	۱۰/۸۰۰	۲۷۴/۳۲۰	۲/۱۶۰	۵۴/۸۶۴
۴۶	۲۷	۶۶	۱۱/۷۰۰	۲۹۷/۱۸۰	۲/۳۴۰	۵۹/۴۳۶
۴۴	۲۵	۶۴	۱۲/۷۰۰	۳۲۲/۵۸۰	۲/۵۴۰	۶۴/۵۱۶
۴۲	۲۴	۶۲	۱۳/۸۰۰	۳۵۰/۵۲۰	۲/۷۶۰	۷۰/۱۰۴
۴۰	۲۲	۶۰	۱۵/۰۰۰	۳۸۱/۰۰۰	۳/۰۰۰	۷۶/۲۰۰
۳۸	۲۱	۵۸	۱۶/۳۰۰	۴۱۴/۰۲۰	۳/۲۶۰	۸۰۴۸۲
۳۶	۱۹	۵۶	۱۷/۸۰۰	۴۵۲/۱۲۰	۳/۵۶۰	۹۰/۴۲۴
۳۴	۱۸	۵۴	۱۹/۴۰۰	۴۹۲/۷۶۰	۳/۸۸۰	۹۸/۵۵۲
۳۲	۱۶	۵۲	۲۱/۲۰۰	۵۳۸/۴۸۰	۴/۲۴۰	۱۰۷/۶۹۶
۳۰	۱۵	۵۰	۲۳/۳۰۰	۵۹۱/۸۲۰	۴/۶۶۰	۱۱۸/۳۶۴
۲۵	۱۲	۴۳	۳۰/۰۰۰	۷۶۲/۰۰۰	۶/۰۰۰	۱۵۲/۴۰۰
۲۰	۹	۳۷	۴۰/۰۰۰	۱۰۱۶/۰۰۰	۸/۰۰۰	۲۰۳/۲۰۰
۱۵	۶	۳۰	۵۶/۷۰۰	۱۴۴۰/۱۸۰	۱۱/۳۴۰	۲۸۸/۰۳۶
۱۰	۴	۳۲	۹۰/۰۰۰	۲۲۸۶/۰۰۰	۱۸/۰۰۰	۴۵۷/۲۰۰
۵	۲	۱۳	۱۹۰/۰۰۰	۴۸۲۶/۰۰۰	۳۸/۰۰۰	۹۶۵/۲۰۰
۰	۰	۰	بینهایت	بینهایت	بینهایت	بینهایت

توضیح :

$$C_N\,(AMC\ = III) = \frac{23\ C_N\,(II)}{10 + 0/13\ C_N\,(II)}$$

و

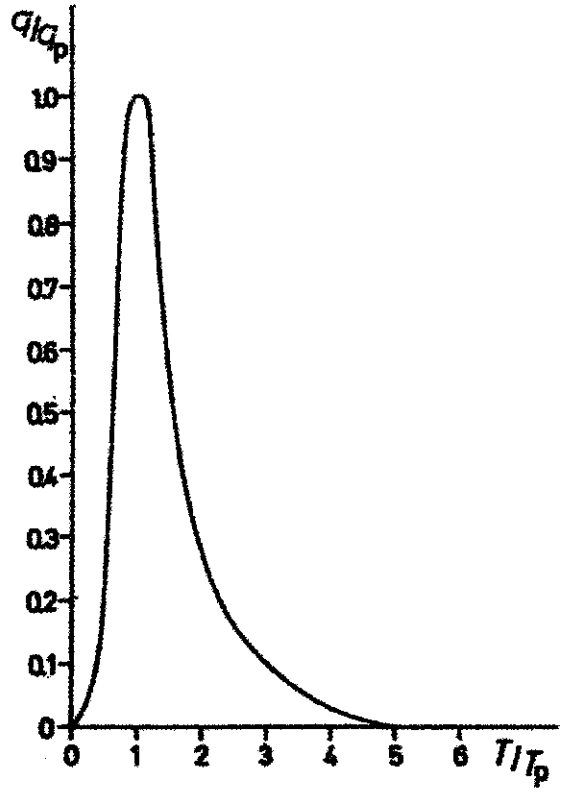
$$C_N\,(AMC\ = I) = \frac{4/2 C_N\,(II)}{10 - 0/058\ C_N\,(II)}$$

omoorepeyman.ir

۱-۵-۴-۲- توزیع زمانی رواناب

برای دستیابی به توزیع زمانی برای حجم معینی از رواناب، کاربرد هیدروگراف واحد و بدون بُعد توسعه یافته بوسیله سازمان حفاظت خاک (SCS) کشور ایالات متحده آمریکا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

این هیدروگراف در شکل (۱-۱۵) نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۵- هیدروگراف (آبنمود) واحد و بدون بعد توسعه یافته به وسیله سازمان حفاظت خاک کشور ایالات متحده آمریکا (SCS)

بدین ترتیب چگونگی توزیع زمانی رواناب از طریق شکل این هیدروگراف واحد و بدون بُعد از قبل می‌تواند متصور باشد. مقیاس زمانی هیدروگراف بصورت واحدهائی از زمان اوج هیدروگراف بیان گردیده و مقادیر رواناب نیز بحالت واحدهایی از زمان اوج خیز هیدروگراف ارائه شده است. مقادیر رواناب نیز برحسب واحدهائی از حداکثر میزان رواناب ترسیم و یا بصورت جدول (۱-۱۶) موجود است.

برای تبدیل درجه‌بندی‌های بدون بُعد هیدروگراف به مقادیر واقعی بایستی بناچار دوره زمانی رسیدن به اوج و رواناب حداکثر معلوم باشد. مقدار اخیر را می‌توان از طریق رابطه‌ای که از هیدروگراف مثلثی سنتز[1] حاصل گردیده، بدست آورد.

هیدروگراف مثلثی سنتز در شکل (۱-۱۶) نشان داده شده است.

$$q_p = \frac{2Q}{T_p + T_R} \qquad (۱-۱۶)$$

که در آن:

1 - Triangular Hydrograph Synthesis

omoorepeyman.ir

q_p ، مقدار حداکثر رواناب

Q ، حجم رواناب مستقیم

T_P ، زمان اوج یا زمان تا حصول حداکثر رواناب

T_R ، زمان از ایجاد حداکثر رواناب تا خاتمه آن می‌باشد.

ضمن تجزیه و تحلیل تعداد زیادی هیدروگراف مشخص گردید که رابطه (T_R =۱/۶۷ T_P) برقرار است. با جایگزینی این تساوی در معادله بالا نتیجه زیر حاصل می‌شود.

$$q_p = 0/75\frac{Q}{T_p} \qquad (۱۷-۱)$$

هرگاه مساحت برحسب کیلومتر مربع، رواناب برحسب میلیمتر و q_p برحسب مترمکعب بر ثانیه و T_P برحسب ساعت بیان شود نتیجه به صورت زیر حاصل می‌شود.

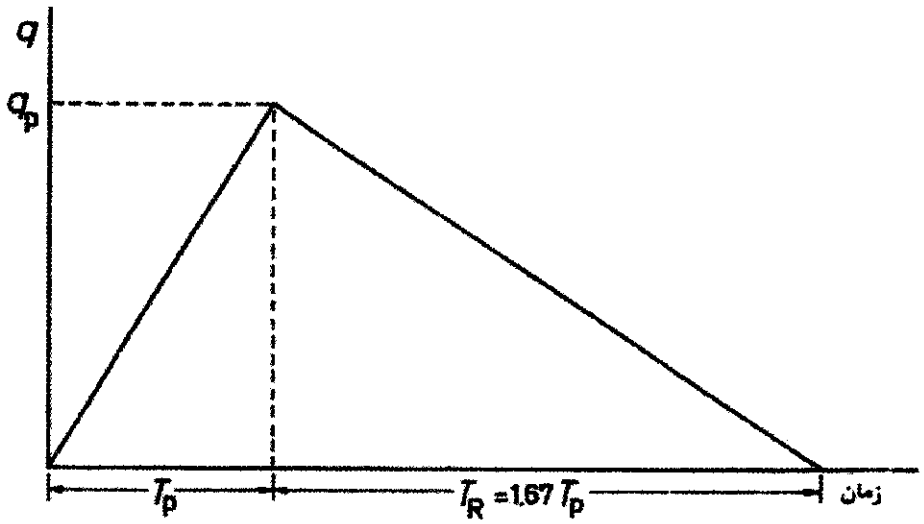
$$q_p = 0/75\frac{0/2775.A.Q}{T_P} = 0/208\frac{A.Q}{T_P} \qquad (۱۸-۱)$$

دوره زمانی واحد معمولاً به صورت (T_P / ۴) در نظر گرفته می‌شود و زمان اوج رواناب را بدین ترتیب می‌توان از زمان تمرکز و با استفاده از رابطه (T_P = ۰/۷ T_C) بدست آورد. به هرحال بهتر است مقادیر اندازه گیری شده (T_P) را بجای برآورد آن از رابطه تجربی گفته شده بکار برد.

جدول (۱-۱۶) مقادیر متوسط (مختصات) هیدروگراف بدون بعد پیشنهاد شده بوسیله (SCS)

ردیف	نسبت زمانی t/T_P	نسبت دبی q_t/q_p	ردیف	نسبت زمانی t/T_P	نسبت دبی q_t/q_p	ردیف	نسبت زمانی t/T_P	نسبت دبی q_t/q_p
۱	۰/۰۰	۰/۰۰۰	۸	۱/۷۵	۰/۴۵۰	۱۵	۳/۵۰	۰/۰۳۶
۲	۰/۲۵	۰/۱۲۰	۹	۲/۰۰	۰/۳۲۰	۱۶	۳/۷۵	۰/۰۲۶
۳	۰/۵۰	۰/۴۳۰	۱۰	۲/۲۵	۰/۲۲۰	۱۷	۴/۰۰	۰/۰۱۸
۴	۰/۷۵	۰/۸۳۰	۱۱	۲/۵۰	۰/۱۵۰	۱۸	۴/۲۵	۰/۰۱۲
۵	۱/۰۰	۱/۰۰۰	۱۲	۲/۷۵	۰/۱۰۵	۱۹	۴/۵۰	۰/۰۰۹
۶	۱/۲۵	۰/۸۸۰	۱۳	۳/۰۰	۰/۰۷۵	۲۰	۴/۷۵	۰/۰۰۶
۷	۱/۵۰	۰/۶۶۰	۱۴	۳/۲۵	۰/۰۵۳	۲۱	۵/۰۰	۰/۰۰۴

omoorepeyman.ir



شکل ۱-۱۶- هیدروگراف مثلثی شکل

۱-۶- محاسبات دبی طراحی برای اراضی مسطح*

اراضی مسطح که در این مبحث مورد نظر است، بطور معمول حوضه‌های آبخیز (آبریز) کوچک کشاورزی و آبیاری می‌باشند که متوسط شیب اراضی آنها کمتر از ۱٪ باشد. در این شرایط چنین سوالی مطرح نیست که مقدار حداکثر رواناب با دوره بازگشت مشخص چقدر می‌باشد. لیکن سوال این است که دوره زمانی لازم (تناوب زمانی) برای تخلیه حجم مشخصی آب اضافی سطحی که با میزان احتمال وقوع مشخصی بوجود می‌آید، چقدر است. این موضوع محاسبه دبی طراحی را برای اراضی مسطح بسیار پیچیده می‌نماید.

روشی که برای محاسبه دبی طراحی در اراضی مسطح در این زیر بخش مورد بحث قرار می‌گیرد، بر مبنای تجربه سالیان متمادی در کشور ایالات متحده امریکا می‌باشد، که تجربیات متعددی در مورد کاربرد موفقیت‌آمیز آن در پروژه‌های آبیاری و زهکشی کشور نیز وجود دارد.

با تاکید ویژه بر ارزشمندی این روش، بایستی اذعان نمود که کاربرد مستقیم (تعدیل نشده) این رابطه تجربی، ممکن است منتج به حصول پیامدهای ناخواسته و جدّی گردد. هر چند بعضی از اهداف این روش، بهرحال و بطور یقین برای برآورد دبی طراحی در مناطق مرطوب خارج از کشور ایالات متحده امریکا، هم چنان ارزشمند است که بحث در مورد این هدف خارج از رویه مورد نظر در ارائه مطالب در این زیربخش می‌باشد.

- **رابطه سیپرس- کریک** [1]

طی سال‌های ۱۹۳۵ تا ۱۹۳۷ تعداد زیادی حوضه‌های آبخیز (زهکشی) در کشور ایالات متحده امریکا با شیب متوسطی معادل ۰/۴۵ درصد مجهز به شاخص اندازه‌گیری جریان گردیدند. مقادیر دبی‌های اندازه‌گیری شده با ارقام و اطلاعاتی که از قبل موجود

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات پیش‌نویس " راهنمای برآورد رواناب در طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی" نشریه ۲۸۳- الف، دفتر استاندارد مهندسی آب- وزارت نیرو (۱۳۸۳) مراجعه شود.

1 - Cypress Creak Formula

omoorepeyman.ir

بوده مورد بررسی، تجزیه و تحلیل قرار گرفت و این در شرایطی بود که قبلاً چهار ناحیه مختلف و مرطوب در این کشور تفکیک و مشخص گردیده بود. برای هر منطقه لگاریتم میزان دبی متوسط و حداکثر دبی مشاهده شده در ۲۴ ساعت در مقابل لگاریتم مساحت هر حوضه زهکشی ترسیم گردید. همزمان با آن تبادل نظرهائی نیز با بهره‌برداران و کارکنان فنی مزرعه‌ای و در رابطه با تجربیات نامبردگان در مورد کفایت سیستم زهکشی، با در نظر گرفتن موارد کاربری اراضی و غیره بانجام رسید. در رابطه با این بررسی دشوار، مشخص گردید که بطور کلی امکان ترسیم خط مستقیمی برروی نمودار لگاریتمی در رابطه با موارد کاربرد خاص اراضی و کفایت سیستم‌های جدید زهکشی مقدور می‌باشد. از این خطوط به عنوان رهنمودی برای تعیین ظرفیت مورد نیاز سیستم زهکشی می‌توان استفاده نمود. شکل کلی ارائه شده برای محاسبه دبی طراحی بصورت رابطه زیر ارائه گردیده است:

$$Q_P = C \cdot A^{\frac{5}{6}} \qquad (۱-۱۹)$$

که در آن:

Q_P، دبی طراحی (مترمکعب بر ثانیه)

C، ضریب جریان که به خصوصیات پوشش گیاهی (کاربری اراضی)، نوع خاک و ارتفاع بارندگی بستگی دارد

A ، مساحت اراضی محدوده مورد نظر (برحسب کیلومترمربع) می‌باشد.

این معادله که بعنوان « رابطه سیپرس- کریک » نامیده می‌شود، بطور کلی نوعی رابطه تجربی است که شرایط هیدرولوژیکی و همچنین توجیهات اقتصادی را در بر دارد. مقدار دبی طراحی (Q_P) نبایستی با میزان دبی حداکثر تخلیه اشتباه شود. زیرا در شرایطی احتمال دارد که میزان دبی حداکثر (تخلیه) از میزان دبی طراحی (محاسبه شده از رابطه سیپرس- کریک) زیادتر باشد که در این مورد بعنوان مثال می‌توان دبی حالت سیلابی حاصل از بارش یک رگبار را برشمرد. بهرحال مقدار دبی طراحی (Q_P) بطور ضمنی بعضی ملاحظات اقتصادی ناشی از شرایط غرقاب یا ماندابی شدن اراضی را نیز شامل می‌گردد.

در نقاط زیادی از کشور ایالات متحده امریکا، مقادیر ضریب جریان (C) که بایستی در معادله (۱-۱۹) بکار رود، طی سالیان متمادی تجربیات محلی مشخص شده است. بعضی پژوهشگران رابطه‌ای را برای مرتبط نمودن مقدار ضریب جریان (C) با میزان بارندگی اضافی (R_e) بشرح زیر استخراج و ارایه نموده‌اند.

$$C = 0/21 + 0/0075 \cdot R_e \qquad (۱-۲۰)$$

که در آن:

R_e ، میزان بارندگی مازاد حاصل از یک رگبار بر حسب میلیمتر است که بایستی آن را از مقدار بارندگی‌های شدید ۲۴ ساعته بدست آورد.

ضرایب ارایه شده در رابطه بالا، فقط برای مناطق خاصی که رابطه برای آن بدست آمده معتبر می‌باشند، بنابراین ضرروت دارد که به روش دستیابی به آن نیز اشاره گردد. بارندگی مازاد را می‌توان از روش شماره منحنی (C_N) بدست آورد و موارد کاربری آن در اراضی مسطح بایستی دقیقاً مد نظر باشد که روش شماره منحنی فقط در مواردی کاربرد دارد که شرایط زهکشی آزاد برقرار باشد و کاربری آن منحصراً برای برآورد مولفه مستقیم روان آب سطحی مورد توصیه است. روش محاسبه میزان بارندگی اضافی (مازاد) همانگونه که قبلاً نیز مورد اشاره قرار گرفت (مبحث ۱-۵-۴) بشرح زیر است:

omoorepeyman.ir

$$S = (\frac{۱۰۰۰}{C_N} - ۱۰) \times ۲۵/۴ = (\frac{۲۵۴۰۰}{C_N} - ۲۵۴) \qquad (۲۱-۱)$$

$$R_e = P_n = Q = \frac{(P - ۰/۲S)^۲}{(P + ۰/۸S)} \qquad P > ۰/۲S \qquad (۲۲-۱)$$

که در آن :

$Q = P_n = R_e$، ارتفاع یا میزان بارندگی مازاد حاصل از یک رگبار برحسب میلیمتر،

P ، ارتفاع یا بارندگی (برحسب میلیمتر) با دوره بازگشت مشخص

و سایر علایم (شماره منحنی، C_N و پتانسیل نگهداشت حداکثر S) قبلاً تعریف شده‌اند و دارای معانی و ابعاد پیشین می‌باشند.

مفهوم کلی تخلیه (دفع) ۲۴ ساعته بر آن مبنا می‌باشد که بارندگی مازاد که از یک رگبار بخصوص حاصل می‌گردد بایستی از حوضه آبخیز طی مدت ۲۴ ساعت پس از اتمام بارندگی تخلیه شود، لیکن در حقیقت تخلیه از زمانی آغاز می‌گردد که بارندگی مازاد بصورت رواناب توسعه می‌یابد. از آنجائیکه رگبار بحرانی برای اراضی مسطح ممکن است در مدت زمان قابل ملاحظه‌ای حاصل گردد، بنابراین تجزیه و تحلیل برای تعیین بارندگی مازاد (R_e) بایستی بصورت ترجیحی از طریق کاربرد مقادیر بارندگی حداکثر ۴۸ ساعته و برای آن مقدار فراوانی که اقدامات حفاظتی برای آن لازم است، بانجام رسد.

برای این منظور بهتر است، ابتدا مقدار آب مازاد حاصل از بارندگی ۴۸ ساعته را محاسبه نموده و حاصل را بر دو تقسیم نمود (بجای محاسبه مقدار آب مازاد ناشی از بارندگی ۲۴ ساعته) و مقدار اخیر را در رابطه محاسبه ضریب جریان (C) بکار گرفته و نتیجه حاصله را در « معادله سیپرس- کریک » مورد استفاده قرار داد.

برای مناطق با تراکم (شدت) بارندگی زیاد (مقدار زیاد R_e)، کاربرد معادله برآورد یا محاسبه ضریب جریان (C)، موجب کاهش « دبی ویژه طراحی[1] » می‌گردد که البته این موضوع به وضعیت اراضی حوضه آبخیز نیز بستگی دارد و بدین ترتیب رابطه زیر ارائه شده است.

$$\alpha = \frac{(16/39 + 14/75\, R_e).A^{0/832}}{26/89.R_e.A} \qquad (۲۳-۱)$$

که در آن :

R_e ، میزان بارندگی مازاد (اضافی) حاصل از یک بارندگی رگباری (سیلابی) برحسب اینچ،

A ، مساحت اراضی حوضه آبخیز مورد نظر (برحسب مایل مربع).

α ، یک ثابت تجربی است که هرگاه در مقدار بارندگی مازاد (R_e) ضرب شود میزان «دبی ویژه طراحی» برحسب میلیمتر (اینچ) در ۲۴ ساعت بدست می‌آید و مقدار آن (α) با افزایش مساحت اراضی مورد نظر (A) کاهش حاصل می‌نماید در نتیجه میزان دبی طراحی (Q_P) محاسبه شده از طریق کاربرد رابطه سیپرس- کریک بدلیل کاهش ضریب جریان [موضوع معادله (۱-۲۰)] تعدیل می‌گردد.

تذکر : در این معادله عدد ۲۶/۸۹ در مخرج کسر مرتبط با این واقعیت است که یک اینچ در ۲۴ ساعت برابر با ۲۶/۸۹ فوت مکعب بر هر مایل مربع می‌باشد.

1 - Specific Design Discharge

omoorepeyman.ir

حل ترسیمی معادله (۱-۲۳) در شرایط بیان میزان بارندگی مازاد (R_e) برحسب اینچ یا میلیمتر در روز و مساحت (A) برحسب مایل مربع یا هکتار در شکل (۱-۱۷) نشان داده شده است.

بدون داشتن تجربیات محلی بسیار مشکل است که بتوان در مورد دبی طراحی « کاملاً مقتصدانه[1] » اظهار نظر نمود.

نکته دیگر در این رابطه آن است که کاربرد « معادله سیپرس- کریک » برای دبی تخلیه تابع خطی از مساحت نمی‌باشد. بنابراین چنانچه در محل تقاطع دو آبراهه زهکشی، مساحتهای حوضه آبخیز و یا مقادیر دبی‌های تخلیه آنها با یکدیگر جمع شوند، نتایج حاصله متفاوت خواهد بود. جمع نمودن دبی‌ها منتج به حصول دبی تخلیه زیادتری برای اراضی پائین دست در مقایسه با جمع نمودن مساحت اراضی زیر حوضه‌های مربوطه خواهد بود.

روش توصیه شده بوسیله سازمان حفاظت خاک (SCS) کشور ایالات متحده امریکا برای تعیین دبی طراحی پس از محل تقاطع دو آبراهه مبتنی بر راه کار تجربی زیر است که تحت عنوان « قاعده یا قانون ۴۰ – ۲۰» نامیده می‌شود.

(۱) هرگاه اراضی مربوط به‌یک شاخه فرعی دوحوضه مجاور برابر با ۴۰ – ۵۰٪ کل اراضی حوضه آبخیز باشد، ظرفیت مورد نیاز آبراهه پائین دست محل اتصال آبراهه‌ها، از طریق جمع کردن ظرفیت طراحی نهرچه‌های بخش فوقانی محل اتصال مشخص می‌شود.

$$Q = C(A_1^{\frac{5}{6}} + A_2^{\frac{5}{6}}) \qquad (۱-۲۴)$$

(۲) هرگاه مساحت اراضی آبخیز یک حوضه فرعی کمتر از ۲۰٪ کل محدوده اراضی حوضه آبخیز باشد ظرفیت طراحی آبراهه پائین دست محل تقاطع از طریق کاربرد معادله برای کل اراضی محدوده بالای محل تقاطع محاسبه می‌گردد.

$$Q = C(A_1 + A_2)^{\frac{5}{6}} \qquad (۱-۲۵)$$

(۳) هرگاه مساحت حوضه آبخیز (آبریز) یک حوضه فرعی از دو حوضه مجاور، در حدود ۲۰-۴۰٪ کل محدوده مورد بررسی باشد، دبی طراحی بایستی متناسب با دبی تخلیه کوچکتر و محاسبه شده از روش (۲) به دبی تخلیه زیادتر محاسبه شده، از روش (۱) باندازه ۴۰٪ باشد. دراین محدوده بایستی محاسبات بر مبنای هر دو روش بانجام رسیده و اختلاف آنها را برحسب مترمکعب در ثانیه بدست آورد و سپس با میان یابی، « دبی طراحی » برای آبراهه پائین دست محل تقاطع مشخص گردد.

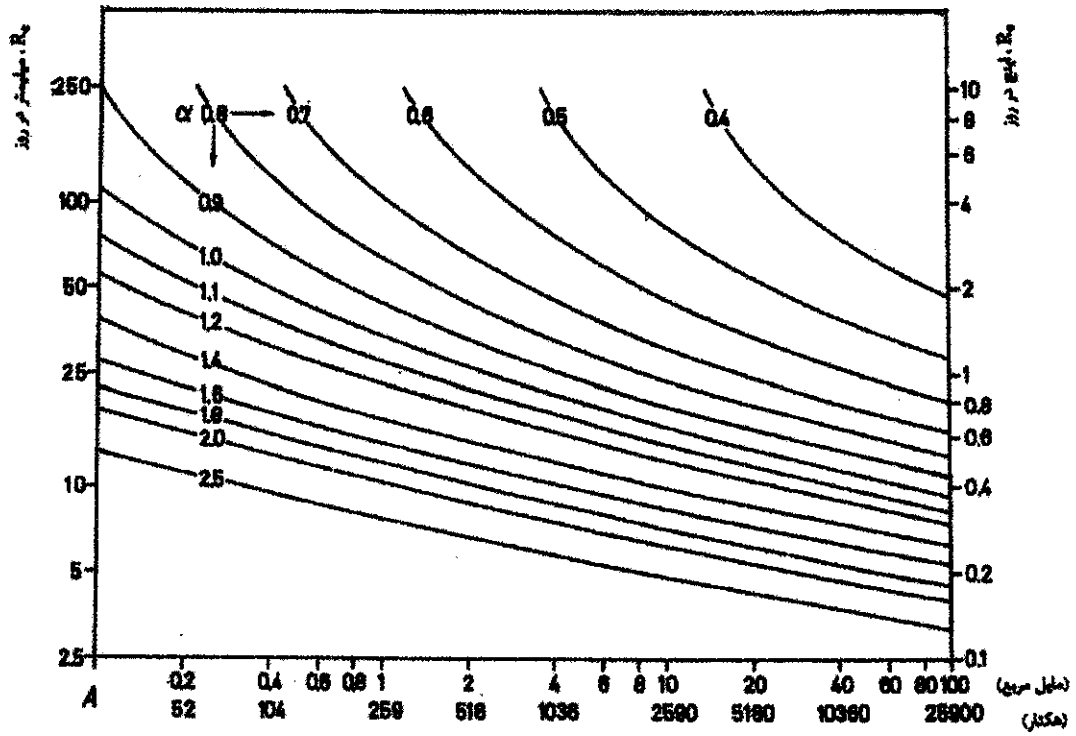
مشکل دیگری با کاربرد مقادیر متفاوت ضریب جریان (C) برای نقاط مختلف یک حوضه آبخیز حاصل می‌گردد. در این شرایط « روش مساحت معادل زهکشی » بکار گرفته می‌شود و این بدان معنی است که از طریق « آزمون و خطا » مساحت محدوده‌ای که برحسب ضریب جریان (C) مشخصی بایستی زهکشی گردد به « مساحت فرضی » که بایستی زهکشی شود، برحسب ضریب جریان (C) دیگری بنحوی تبدیل می‌گردد که در مجموع « ظرفیت مورد نیاز » ثابت باقی بماند.

توجه : بدلیل آنکه در برنامه‌های توسعه و ایجاد شبکه‌های آبیاری و زهکشی، موارد تجهیز و نوسازی اراضی مستلزم تغییرات کلی و اساسی در وضعیت فیزیکی و توپوگرافیکی اراضی محدوده مورد نظر است، موارد مطروحه در این فصل در شرایط اجرای شبکه‌های آبیاری و زهکشی کاربرد مستقیم نخواهد داشت. بنابراین بطور ترجیحی « روش شماره منحنی C_N » که برآورد رواناب سطحی در آن مستلزم منظور نمودن نوع خاک، شیب، نحوه کاربردی اراضی، ویژگیهای عملیات زراعی و... است می‌تواند مورد توصیه

omoorepeyman.ir

1 - Most Economical

و کاربری قرارگیرد. بدیهی است که در شرایط عدم اعمال « موارد تجهیز و نوسازی اراضی» در شرایطی کاربرد رابطه « سیپرس- کریک » و روش « استدلالی یا منطقی» می‌تواند بعنوان گزینه مطلوب مورد امعان نظر و اقدام قرار گیرد.



شکل ۱-۱۷- حل ترسیمی (گرافیکی) معادله (۱-۲۳) در شرایط بیان میزان بارندگی مازاد (Re) بر حسب اینچ یا میلیمتر در روز و مساحت (A) بر حسب مایل مربع یا هکتار

۱-۷- ضوابط و مبانی طراحی زهکشهای روباز در مزارع

عملیات زهکشی، اصلاح و بهسازی فیزیکی خاکها و اراضی را می‌توان در شرایط فنی، اقتصادی- اجتماعی و اجرایی مختلف بوسیله انواع زهکشهای سطحی[1]، زیرزمینی[2] و یا تلفیقی از آنها بانجام رسانید*. واضح است که در تعیین قطعی نوع زهکشهائی که بایستی در هر منطقه ایجاد گردد، علل و عوامل طبیعی و غیرطبیعی موجد حالت‌های ماندابی بودن، زهداری، شوری و سدیمی شدن منابع خاک و اراضی نیز بایستی بطور دقیق مطالعه و مورد نظر قرار گیرد.

بطور کلی زهکشهای مزرعه‌ای می‌تواند مشتمل بر یک و یا احتمالاً چند مورد از انواع زیر باشد:

- زهکشهای باز یا نهرچه‌های زهکشی.
- مجاری زهکشی[3] یا حفره‌های بدون پوشش زیرزمینی.

1 - Surface Drainage
2 - Subsurface Drainage

* مجموعه مجاری روبازی که هرزآبهای آبیاری و روان‌آبهای ناشی از رگبارها را در شبکه آبیاری جمع‌آوری، هدایت و تخلیه می‌کند، شبکه زهکشی سطحی نامیده می‌شود که جزئی از شبکه آبیاری است

3 - Mole Drains

omoorepeyman.ir

- لوله‌های زهکشی زیرزمینی* (تنبوشه‌های زهکشی) که ممکن است از انواع سفالی، سیمانی و یا پلاستیکی (صاف و یا موجدار) باشند که در عمق معینی از سطح خاک استقرار می‌یابند.

در طبقه‌بندی دیگری، زهکشهای مزرعه‌ای را می‌توان به دو گروه: زهکشهای باز و زیرزمینی (مجاری زهکشی و لوله‌های زهکشی زیرزمینی) نیز دسته‌بندی نمود.

در این زیربخش ضوابط و مبانی طراحی زهکشهای روباز مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد و موارد مرتبط با زهکشهای زیرزمینی (عمقی) در فصل دوم به تفصیل مورد عنایت قرار گرفته است.

۱-۷-۱- زهکشهای روباز

این قبیل زهکشها ممکن است بطور طبیعی در منطقه‌ای وجود داشته و یا آن را بطور مصنوعی ایجاد نمود. در مقایسه با زهکشهای زیرزمینی (لوله‌ای)، کانالهای روباز دارای مزایا و معایب زیر می‌باشند:

- **محاسن زهکشهای رو باز**

- این نوع زهکشها را می‌توان بمنظور تخلیه آب زیرزمینی (زه‌آب) و رواناب سطحی و یا بصورت دو منظوره مورد بهره‌برداری قرار داد.
- در مقایسه با لوله‌های زهکشی زیرزمینی، میزان شیب لازم برای انتقال آب به مراتب کمتر است. بطوریکه اگر گرادیان مطلوب برای نهرچه‌های باز زهکشی ۰/۰۰۱ باشد این میزان برای زهکشهای لوله‌ای زیرزمینی حدود ده برابر (بیشتر) بایستی در نظر گرفته شود. بدین علت ظرفیت انتقال دبی در زهکشهای روباز در مقایسه با زهکشهای زیرزمینی بمراتب بیشتر است.
- بازرسی و بررسی نحوه عملکرد زهکشهای باز آسان بوده، احداث آن سهل‌تر، سریع‌تر و ارزانتر از سایر انواع زهکشهاست.

- **معایب زهکشهای باز**

- چنین زهکشهائی معمولاً و به ویژه در صورتیکه شیب جانبی احداث آنان ملایم باشد، مساحت قابل توجهی از سطح اراضی را اشغال می‌نماید**.
- هزینه‌های نگهداری از آن به سبب لزوم جلوگیری از رویش علفهای هرز آب دوست و فرسایش آبی گران است.
- با ایجاد این قبیل زهکشها، اراضی زراعی به قطعات مجزا تفکیک می‌گردد که برای دسترسی به قطعات مجاور یکدیگر احداث پل یا سازه‌های مرتبط کننده الزامی است. این مسئله در حالت‌هایی که فاصله زهکشهای باز بطور نسبی کم باشد، تشدید می‌گردد.

امور نگهبان
omoorepeyman.ir

* زهکشهایی هستند که مستقیماً آب اضافی درون مزرعه را جمع‌آوری و به زهکشهای جمع‌کننده تخلیه می‌نمایند، این زهکشها معمولاً به صورت لوله‌های زیرزمینی طراحی می‌گردند

** در هر صورت اجرای این روش مقداری از سطح اراضی را اشغال می‌نماید، که این موضوع (ارزش اراضی اشغالی) بستگی به محل، منطقه، ارزش زمین در آن ناحیه، چگونگی بهره‌برداری از اراضی و... سایر ملاحظات اقتصادی دارد

۱-۷-۲- مبانی طراحی کانالهای باز زهکشی

کانالهای باز به مجاری‌ای اطلاق می‌شود که برای اهداف زهکشی و یا انتقال آب (زه‌آب، رواناب و یا مازاد آب آبیاری) احداث و یا مورد استفاده قرار می‌گیرد. نهرچه‌های باز که دارای عمق و عرض کم هستند و امکان تردّد ماشینها و ادوات کشاورزی را در مزرعه فراهم می‌آورند تحت عنوان زهکش‌های سطحی مزرعه‌ای نامیده می‌شوند. کانالهای روباز زهکشی بعنوان خروجی لوله‌های زهکشی زیرزمینی عمل نموده و رواناب سطحی اراضی محدوده مربوطه را نیز دریافت، انتقال و دفع می‌نماید*. سیستم‌های زهکشی روباز معمولاً مساحت قابل ملاحظه‌ای از حوضه آبخیز را نیز زهکشی می‌نمایند.

مبانی طراحی کانالهای پوشش دار و یا خاکی که آب آبیاری را از مخازن ذخیره و یا چاه‌ها انتقال می‌دهند از نظر اصولی مشابه با مبانی طراحی انهار روباز زهکشی می‌باشد. بهرحال، برای اهداف آبیاری و آب‌رسانی میزان دبی می‌تواند تنظیم شده باشد. در حالیکه جریان زهکشها چندان تنظیم شده نیست.

بطور کلی کانال روباز بدون پوششی که برای اهداف آبیاری و یا زهکشی بطور مطلوبی طراحی شده باشد، بایستی بخشی و یا کلیه شرایط زیر را تأمین نماید :

- میزان سرعت جریان در آن موجب فرسایش یا رسوب‌گذاری نگردد.
- برای انتقال ظرفیت طراحی شده، مناسب باشد.
- دارای شیب طراحی مناسبی باشد بطوریکه عمق آب مورد نظر را فراهم آورد.
- از نظر شیب جانبی پایداری مطلوب را داشته باشد.
- هزینه احداث و نگهداری از آن در دوره بهره‌برداری بطور نسبی حداقل باشد.

علاوه بر نکات یادشده درخصوص کانالهای روباز آبیاری، میزان تراوش از بدنه و بستر کف نیز بایستی مورد توجه باشد. علاوه بر آن مهندس طراح ضرورت دارد که از امکانات، محدودیت‌ها و تجهیزات موجود نیز مطلع بوده و این ملاحظات را نیز در امور طراحی و ساخت مدنظر داشته باشد.

ظرفیت مورد نیاز برای طراحی کانالهای زهکشی بدون پوشش گیاهی بطور اصولی با آنچه درخصوص آبراهه‌های با پوشش گیاهی مطرح است، تفاوت می‌نماید. کانالهای زهکشی بدون پوشش گیاهی معمولاً با شیب طولی ملایمی طراحی می‌گردند که بدین دلیل مقدار سرعت جریان آهسته‌تر و شیب جانبی آنها تندتر از کانالهای با پوشش گیاهی می‌باشد و در مجموع برای انتقال جریان معینی، دارای عمق بیشتری هستند. در مناطق مرطوب احداث کانالهای باز با پوشش گیاهی برای انتقال رواناب حداکثر طراحی می‌شوند، لیکن در مناطق غیرمرطوب و تحت آبیاری، کانالهای باز زهکشی برای تخلیه و دفع رواناب اراضی محدوده موردنظر ایجاد می‌گردند که در چنین شرایطی میزان سرعت جریان در کانال بطور نسبی آهسته و طوری انتخاب می‌گردد که در مواقع سیلابی از ایجاد خسارت جدی به گیاهان و اراضی مجاور جلوگیری بعمل آورد.

---

* کانالهای باز و یا مجاری که برای عملیات زهکشی طراحی و اجرا می‌گردند، حسب مورد می‌تواند درجه ۴، درجه ۳ ، درجه ۲ و یا زهکش درجه ۱ باشند. علاوه بر آن زهکش اصلی به مجاری روباز ساخته شده و یا مسیل‌های طبیعی اطلاق می‌گردد که بطور کلی جریان آبهای زهکشهای درجه ۱ ، ۲ و یا در شرایطی مستقیماً آب زهکشهای مزارع به آن تخلیه و به خروجی نهائی (Outlet) هدایت می‌شود. خروجی نهایی می‌تواند مسیل، رودخانه (فصلی یا دائمی)، مرداب، دریاچه و... باشد.

omoorepeyman.ir

کانالهای باز زهکشی بصورت قراردادی تحت عناوین اصلی[1]، فرعی[2]، جانبی[3] (لترال) و نهرچه‌های مزرعه‌ای[4] نامیده می‌شوند. بنابراین یک شبکه زهکشی می‌تواند حسب نیاز دارای پشته خاک، ریز (سیل‌بند)، ایستگاه پمپاژ، سیستم‌های نهرچه‌های باز زهکشی (اصلی یا فرعی)، لوله‌های زهکشی زیرزمینی و نهرچه‌های زهکشی سطحی که بصورت هماهنگ (موزون) طراحی گردیده‌اند باشد.

بطور کلی از نظر هیدرولیکی دو دیدگاه برای طراحی کانالهای باز آبیاری و زهکشی وجود دارد که در زیر به آن اشاره می‌گردد.

- **طراحی کانالهای باز برای داشتن مناسب‌ترین شرایط هیدرولیکی**

$$Q = V.A \qquad (۲۶-۱)$$

$$b = ۲d.\tan\frac{\theta}{۲} \qquad (۲۷-۱)$$

$$d = \left[\frac{A.\sin\theta}{۲-\cos\theta}\right]^{۰/۵} \qquad (۲۸-۱)$$

که در آن :

Q ، میزان دبی جریان (مترمکعب در ثانیه)

V ، متوسط سرعت جریان (متر در ثانیه)

A ، سطح مقطع جریان (مترمربع)

d ، عمق جریان در کانال (متر)

b ، عرض کف کانال (متر)

θ ، شیب جانبی کانال ($Z=\cot\theta$) یا نسبت فاصله افقی به فاصله عمودی (درجه)

با جایگزینی رابطه (۱-۲۸) در رابطه (۱-۲۷) نتیجه کلی زیر حاصل می‌گردد:

$$b = ۲\left[\frac{A.\sin\theta}{۲-\cos\theta}\right]^{۰/۵}.\tan\frac{\theta}{۲} \qquad (۲۹-۱)$$

به بیانی دیگر می‌توان اظهار داشت که بهترین سطح مقطع هیدرولیکی برای کانالهای باز ذوزنقه‌ای نصف سطح مقطع یک شش ضلعی منتظم است.

- **طراحی کانالهای باز برای دارا بودن حداقل میزان تراوشات (نشت)**

$$b = ۴d.\tan\frac{\theta}{۲} \qquad (۳۰-۱)$$

$$d = \left[\frac{A.\sin\theta}{۴-۳\cos\theta}\right]^{۰/۵} \qquad (۳۱-۱)$$

با جایگزینی رابطه (۱-۳۱) در معادله (۱-۳۰) نتیجه کلی زیر عاید می‌شود.

omoorepeyman.ir

1 - Main Drain
2 - Sub Main Drain
3 - Lateral
4 - Field Ditches

$$b = ۴\left[\frac{A.\sin\theta}{۴-۳\cos\theta}\right]^{۰/۵}.\tan\frac{\theta}{۲} \qquad (۳۲-۱)$$

بدلیل آنکه در طراحی سیستم‌های زهکشی مزارع بطور عمده از سه نوع سطح مقطع هندسی: ذوزنقه‌ای، مثلثی و سهمی استفاده بعمل می‌آید، روابط مرتبط با محاسبه سطح مقطع، محیط خیس شده، شعاع هیدرولیکی (نسبت سطح مقطع به محیط خیس شده) و عرض بخش بالائی آنها در جدول (۱-۱۷) ارایه شده است.

جدول (۱-۱۷)- رابطه مربوط به محاسبه سطح مقطع، محیط خیس شده، شعاع هیدرولیکی و عرض بالائی بعضی کانالهای باز

ردیف	نوع سطح مقطع کانال	سطح مقطع کانال A (مترمربع)	محیط خیس شده جریان P (متر)	شعاع هیدرولیکی R (متر)	عرض فوقانی t و T (متر)
۱	ذوزنقه‌ای	$b.d + Z.d^{۲}$	$b + ۲d(Z^{۲}+۱)^{۰/۵}$	$\frac{b.d + Z.d^{۲}}{b + ۲d(Z^{۲}+۱)^{۰/۵}}$	$t = b + ۲d\,Z$ $T = b + ۲D\,Z$
۲	مثلثی	$Zd^{۲}$	$۲d(Z^{۲}+۱)^{۰/۵}$	$\frac{Zd}{۲(Z^{۲}+۱)^{۰/۵}} \approx \frac{d}{۲}$	$t = ۲d\,Z$ $T = \frac{D}{d}.t$
۳	سهمی	$\frac{۲}{۳}t.d$	$t + \frac{۸d^{۲}}{۳t}$	$\frac{t^{۲}.d}{۱/۵t^{۲}+۴d^{۲}} \approx \frac{۲d}{۳}$	$t = \frac{A}{۰/۶۷d}$ $T = t\left(\frac{D}{d}\right)^{۰/۵}$

تذکر : ارتفاع آزاد برابر است با (D-d) که در آن D عمق یا ارتفاع کل کانال و d ارتفاع آب در کانال می‌باشد و همواره $D > d$ است.

توجه : مقدار t عرض فوقانی اشغال شده بوسیله جریان آب و مقدار $T > t$ عرض فوقانی کانال که بخش ارتفاع آزاد را نیز شامل می‌گردد، می‌باشد.

نکته : از آنجائیکه در بعضی شرایط از لوله‌های با قطر قابل ملاحظه برای انتقال موضعی (محلی) آب و بصورت جریان با سطح آزاد استفاده بعمل می‌آید، در صورتیکه قطر لوله بصورت (D) و عمق جریان در آن (d) در نظر گرفته شود، هرگاه روابط d=۰/۸۱.D و d=۰/۹۵.D برقرار باشد به ترتیب "حداکثر سرعت ممکن" و "حداکثر دبی انتقالی" فراهم می‌گردد.

همانطوری که در مباحث قبل بیان گردید علاوه بر سطح مقطع مناسب و موثر، انتخاب سرعت مطلوب و مجاز در طراحی کانال‌های باز نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جدول زیر بعنوان رهنمودی درخصوص انتخاب سرعت مناسب در رابطه با عوامل متغیر و موثر ارایه گردیده است.

omoorepeyman.ir

جدول۱-۱۸- مقادیر محدودیت‌های سرعت جریان در ارتباط با جنس بستر، ضریب زبری، کیفیت فیزیکی آب انتقالی و مقادیر متفاوت نیروی کششی در کانالهای باز

ردیف	مواد متشکله بستر کانال	ضریب زبری (n)	آب صاف (زلال)		آب محتوی کلوئیدهای لای	
			سرعت جریان (متردرثانیه)	نیروی کششی (پاسکال)	سرعت جریان (متردرثانیه)	نیروی کششی (پاسکال)
۱	ماسه ریز،کلوئیدی	۰/۰۲۰	۰/۴۵	۱/۳۰	۰/۷۵	۳/۶
۲	شنی لومی، غیرکلوئیدی	۰/۰۲۰	۰/۵۰	۱/۸۰	۰/۷۵	۳/۶
۳	لومی سیلتی، غیرکلوئیدی	۰/۰۲۰	۰/۶۰	۲/۳۰	۰/۹۰	۵/۳
۴	سیلت(لای)های رسوبی،غیرکلوئیدی	۰/۰۲۰	۰/۶۰	۲/۳۰	۱/۱	۷/۲
۵	خاکهای لومی معمولی	۰/۰۲۰	۰/۷۵	۳/۶۰	۱/۱	۷/۲
۶	خاکستر آتشفشانی	۰/۰۲۰	۰/۷۵	۳/۶۰	۱/۱	۷/۲
۷	رس چسبنده، خیلی کلوئیدی	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۱۲/۴۰	۱/۵	۲۲/۰
۸	سلیت (لای)های رسوبی، کلوئیدی	۰/۰۲۵	۱/۱۵	۱۲/۴۰	۱/۵	۲۲/۰
۹	شل‌ها و سخت لایه‌ها	۰/۰۲۵	۱/۸	۳۲/۱۰	۱/۸	۳۲/۱۰
۱۰	گراول (سنگریزه) ریزدانه	۰/۰۲۰	۰/۷۵	۳/۶۰	۱/۵	۱۵/۳
۱۱	لوم مخلوط با سنگدانه، غیرکلوئیدی	۰/۰۳۰	۱/۱۵	۱۸/۲۰	۱/۵	۳۱/۶
۱۲	سیلت(لای) مخلوط باسنگدانه، کلوئیدی	۰/۰۳۰	۱/۲۰	۲۰/۶	۱/۷	۳۸/۳
۱۳	شن درشت، غیرکلوئیدی	۰/۰۲۵	۱/۲۰	۱۴/۴	۱/۸	۳۲/۱
۱۴	سنگدانه و شنگل	۰/۰۳۵	۱/۵	۴۳/۶	۱/۷	۵۲/۷

با توجه بر آنچه در مباحث بالا بیان گردید، بایستی اذعان نمود که منظور از طراحی کانال باز زهکشی، تعیین ابعاد مقطع آن (آبراهه) می‌باشد. ابعاد کانال را می‌توان از طریق کاربرد معادله پیوستگی جریان (رابطه ۱-۲۶) و معادله مانینگ که بشرح زیر است بدست آورد:

$$V = \frac{1}{n} . R^{0/67} . S^{0/5}$$

که در آن :

V، سرعت متوسط جریان در کانال یا نهرچه (متر بر ثانیه)

n ، ضریب زبری مانینگ (ثانیه بر متر به توان یک سوم)

R ، شعاع هیدرولیکی جریان در کانال (متر)

S ، شیب طولی کانال یا آبراهه (متر بر متر)

دو معادله یاد شده (روابط پیوستگی جریان و مانینگ) دارای شش متغیر می‌باشند که عبارتند از: میزان دبی انتقالی یا مورد طراحی (Q)، شیب طولی (S)، ضریب زبری مانینگ (n)، میزان سرعت مجاز یا طراحی شده (V)، عمق جریان در کانال (d) و مشخصات هندسی سطح مقطع کانال یعنی مساحت سطح مقطع (A)، محیط خیس شده یا پیرامون (P) و شعاع هیدرولیکی جریان (R).

omoorepeyman.ir

هرگاه از میان متغیرهای بیان شده، چهار مورد (متغیر) آن معلوم باشد، در آن صورت دو متغیر دیگر را می‌توان از معادله‌های گفته شده محاسبه نمود. در بیشتر شرایط سه متغیر، میزان دبی کانال (Q)، شیب طولی (S) که به وضعیت توپوگرافی منطقه بستگی دارد و ضریب زبری جریان یا مانینگ (n) که وابسته به جنس خاک یا مواد متشکله بستر است، مشخص می‌باشند.

جداول رهنمودی درخصوص انتخاب سرعت جریان و محاسبه مشخصات هندسی سطوح مقطع کانالهای باز (آبیاری و عمدتاً زهکشی) قبلاً ارایه شده است. در جدول زیر، حداکثر مقادیر شیب‌های جانبی برای طراحی کانالهای باز زهکشی ارایه شده است.

جدول (۱-۱۹)- حداکثر مقادیر شیب‌های جانبی برای طراحی کانالهای زهکشی باز (فواصل افقی به عمودی)

ردیف	خاک	شیب‌های جانبی (فاصله افقی به عمودی)	
		کانالهای کم عمق (عمق تا ۱/۲ متر)	کانالهای عمیق (عمق ۱/۲ متر یا بیشتر)
۱	پیت و سیاه پوده	عمودی	۱: ۱/۴
۲	رس سنگین و چسبنده	$\frac{۱}{۲}$: ۱	۱ : ۱
۳	رسی یا لومی سیلتی	۱ : ۱	۱ $\frac{۱}{۲}$: ۱
۴	شنی لومی	۱ $\frac{۱}{۲}$: ۱	۲ : ۱
۵	ماسه‌ای تک‌دانه	۲ : ۱	۳ : ۱

با ترکیب معادله جریان و معادله مانینگ رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$Q = A.\frac{1}{n}.R^{0/67}.S^{0/5} \qquad (۳۳-۱)$$

که در آن کلیه علایم قبلاً تعریف شده‌اند. هرگاه محاسبه شیب طولی کانال یا زهکش باز (S) مورد نظر باشد از رابطه زیر می‌توان استفاده نمود:

$$S = \left(\frac{n.Q}{A.R^{0/67}}\right)^2 \qquad (۳۴-۱)$$

که در واقع شکل تغییر یافته معادله محاسبه میزان دبی (Q) با علایم و ابعاد قبلی می‌باشد.

۱-۸- ظرفیت طراحی زهکشهای روباز

ظرفیت انتقال جریان بوسیله هر کانال یا زهکش روباز به عوامل متعددی از جمله تعدادی از فاکتورهای زیر بستگی دارد.

- میزان بارندگی در حوضه آبخیز
- مساحت اراضی محدوده حوضه زهکشی
- خصوصیات موجد رواناب، شیب اراضی، نوع خاکها، عوامل فیزیکی و پوشش گیاهی
- توان تولیدی خاکها و اراضی محدوده مورد نظر

omoorepeyman.ir

- نوع گیاهان مورد عمل در محدوده اراضی
- درجه حفاظت مورد نظر، از دیدگاه خسارات ناشی از سیلاب
- تناوب و عمق سیلاب در آبراهه اصلی و سرشاخه‌های گسترده آن در محدوده مطالعاتی

از میان عوامل یادشده "درجه حفاظت موردنظر" در طراحی سیستم زهکشهای روباز از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد و قضاوت و اخذ تصمیم درخصوص این عامل و ارزیابی آن بسیار مشکل است زیرا هزینه‌های اجرای سیستم مناسب و مطلوب را بایستی با خسارات محتمل بررسی و مقایسه نمود.

سیلابهای با احتمال وقوع مجدد زیادتر (دوره زمانی کوتاه‌تر) برای اراضی کشاورزی و مناطق روستایی در مقایسه با مناطق مسکونی و شهری کم اهمیت‌تر هستند. هم چنین اراضی جنگلی و باغها در مقایسه با اراضی زراعی احتیاج به تمهیدات زهکشی کمتری دارند. گیاهان پر درآمد مانند اراضی زیرکشت سبزیجات و صیفی‌جات (جالیزی) نیاز به اعمال ملاحظات خاصی در مورد احداث سیستم‌های زهکشی کارآمد دارا می‌باشند و برای جلوگیری از خسارات احتمالی آنها در مقابل سیلابها بایستی اقدامات احتیاطی بیشتری بانجام برسد.

میزان روانابی را که برای طراحی کانالهای باز زهکشی مورد نیاز می‌باشد، می‌توان با عبارت یا واژه "ضریب زهکشی" و یا میزان جریان در واحد سطح بیان نمود. ضریب زهکشی عبارت از عمق آبی است که بایستی در واحد زمان از محدوده زهکشی خارج شود.

روشی که بطور معمول برای برآورد دبی جریان بکار گرفته می‌شود بصورت روابط تجربی قبلی یعنی معادله‌های (۱-۱۹) و (۱-۲۰) می‌باشد که بوسیله جامعه مهندسین کشاورزی کشور ایالات متحده امریکا[1] در سال (۱۹۸۸) ارایه شده است

حجم رواناب به طور معمول برای یک دوره بازگشت ۲-۵ سال و از میزان بارندگی ۴۸ ساعته برآورد می‌گردد و میزان بارندگی مازاد (برای طراحی) معادل با نصف آن برای مدت زمان ۲۴ ساعته منظور می‌شود.

در بسیاری از حالت‌ها حوضه‌های آبخیز دارای آبراهه‌های فرعی متعددی در اراضی بالادست هستند که شیب آنها زیاد و دارای توانمندی تولید رواناب قابل توجهی می‌باشند و رواناب سطحی آنها به دره‌های رسوبی زهکشی می‌شود. در چنین شرایطی، در اکثر حالت‌ها لازم است که نهرچه‌های زهکشی برای انتقال آب مازاد در امتداد تشکیلات آبرفتی موجود باشد تا مقادیر رواناب حاصله را به خروجی طبیعی هدایت نماید. بدین ترتیب باستناد تجربیات و قضاوت مهندس طراح معادله (۱-۱۹) بایستی تعدیل گردد تا شرایط مورد نیاز برای موارد متذکره تأمین شود.

ضریب زهکشی برای انهار باز زهکشی (جمع کننده) بطور معمول ۳-۶ میلیمتر در روز در نظر گرفته می‌شود که این میزان ممکن است از طریق هدر رفت (نشت) و استفاده بوسیله درختان و گیاهان آب دوست کاهش یابد. برای مناطقی که در بعضی فصول سال دارای مقادیر بارندگی‌های شدید است، دبی طراحی را می‌توان بر مبنای میزان بارندگی ۲۴ ساعته تعیین کرد. بخصوص برای آن قبیل نواحی که دارای بارندگی‌های موسمی[2] می‌باشند.

در بعضی شرایط دبی طراحی برای کنترل جریانهای سیلابی ممکن است بسیار قابل ملاحظه‌تر از میزان دبی حاصل از عملیات آبیاری باشد. در بعضی مناطق نیز ممکن است انهار باز زهکشی فقط برای تخلیه و دفع جریانهای سیلابی طراحی شوند و تخلیه و دفع آب مازاد حاصل از عملیات آبیاری به آن مجاز نباشد.

1 - ASAE (1988).
2 - Monsoons.

omoorepeyman.ir

بطور کلی توصیه می‌شود که جریانهای سطحی را بر مبنای ارقام بارندگی با دوره بازگشت دو تا پنج ساله برآورد و طراحی نمود. لیکن در همه حالت‌ها کاربرد تجربیات محلی بایستی مورد نظر باشد. به طور معمول برای سازه‌های آبی و دائمی دوره بازگشت ۲۵ ساله مورد توجه قرار می‌گیرد.

۱-۹- انتخاب شیب مناسب برای زهکشهای روباز

مهندسین طراح در اکثر شرایط انتخاب محدودی در مورد اعمال شیب طولی برای زهکشهای روباز دارند. محدودیت شیب بطور قابل ملاحظه‌ای متأثر از رقوم خروجی و فاصله تا پست‌ترین نقطه یا محل تخلیه نهایی و عمق نهرچه‌ها و کانالهای باز سیستم زهکشی می‌باشد. هرگاه نهرچه‌ها یا کانالهای باز عهده‌دار زهکشی اراضی مسطح نیز باشند، شیب طولی کانال را باید تا حد ممکن زیاد انتخاب نمود به طوری که بتوان سرعت مجاز و مورد نظر را در کانال ایجاد نموده و از آن تجاوز ننماید.

عمق در کلیه نقاط در طول کانال زهکشی روباز بایستی بنحوی باشد که بتواند اراضی محدوده مربوطه را زهکشی نماید. هرگاه زهکشهای زیرزمینی نیز به کانالهای زهکشی روباز تخلیه گردند، حداقل عمق احداث این قبیل زهکشها بایستی حدود دو متر باشد. در خاکهای غیرمعدنی یا آلی (پیت و سیاه پوده) بدلیل پیشگیری و پیش‌بینی مقادیر نشست مجاز اراضی، عمق کانالهای زهکشی باز را باید حتی زیادتر نیز در نظر گرفت.

از آنجا که سرعت جریان آب در کانالهای زهکشی کم عمق در اثر رسوب گرفتگی و یا رویش علفهای هرز کاهش می‌یابد، توصیه می‌شود که عمق طراحی با آینده‌نگری و تعمق بیشتری انتخاب شود.

۱-۱۰- انتخاب مسیر و اعمال ملاحظات خاص برای طراحی زهکشهای باز

بررسیهای مقدماتی، از جمله اقدامات اولیه و مورد نیاز در توجیه و یا طراحی هر پروژه زهکشی (سطحی یا زیرزمینی) است. این بررسی‌ها مشتمل بر : ارزیابی توانمندی‌های تولیدی خاک، وضعیت عوارض فیزیکی سطح اراضی حوضه آبخیز، بررسی و تحلیل دقیق بارش‌های آسمانی و رواناب حاصله است به نحوی که از طریق نتایج مربوطه بتوان نسبت به تهیه طرحی مقدماتی اقدام نموده و برمبنای آن امکان توجیه فنی، اقتصادی و اجتماعی فراهم گردد.

انتخاب و ایجاد انهار باز زهکشی مستلزم داشتن تجربه کافی بهمراه قضاوت کارشناسی مطلوب، دقیق و توجه خاص به شرایط منطقه است. در زیر فقط به ذکر "چند قاعده کلی" اکتفا می‌شود.

- تشخیص و تفکیک آبراهه‌های طبیعی که عهده‌دار زهکشی طبیعی محدوده مورد بررسی می‌باشند، بخصوص از دیدگاه جهات و درجات شیب‌های مربوطه.
- سعی در انتخاب و یا تعدیل مسیرهای موجود بصورت مستقیم و اعمال انحناء یا قوس‌های ملایم (غیرتند) و یا تدریجی بخصوص در مورد کانالهای زهکشی باز و بزرگ.
- انتخاب مسیر زهکشهای باز در محلهائی که حسب مورد بتوان از این مجاری به عنوان دو منظوره (زهکش اصلی و فرعی) استفاده نمود.
- سعی در تطبیق طرح مورد نظر بنحوی که بتوان از آبراهه‌های طبیعی موجود حداکثر استفاده ممکن را بعمل آورد.

omoorepeyman.ir

- بهره‌برداری مطلوب و بسیار موثر از شیب‌های طبیعی (طولی و عرضی) موجود در سطح اراضی بخصوص در اراضی کم شیب.
- اهتمام در طراحی زهکشهای روباز از مسیرهای بدون مشکلات اجرائی، عدم عبور زهکشهای باز از مناطق و نواحی با خاکهای غیرپایدار، ریزشی و سایر شرایطی که موجب افزایش هزینه‌های ساخت و نگهداری سامانه‌های زهکشی سطحی می‌گردد.

پس از انجام بررسیهای مقدماتی و انتخاب گزینه مطلوب و برتر، اقدامات مورد نیاز برای تدارک احداث طرح بانجام می‌رسد. قبل از شروع عملیات اجرایی لازم است مهندس طراح نسبت به وارسی (مجدد) منطقه عملیاتی و تطبیق موارد طراحی با عوارض موجود در سطح اراضی اقدام نماید. سیمای کلی طرح و مسیر کانالهای زهکشی روباز باید در مرحله "بررسیهای مقدماتی" مشخص گردیده باشد. هرگاه محدوده مورد نظر از لحاظ مساحت کوچک باشد، بررسیهای مقدماتی و بازدیدهای محلی را می‌توان همزمان بانجام رسانید. برای پیاده کردن طرح در مزرعه، اعمال بعضی تغییرات جزئی در مسیرها و یا سایر موارد طراحی شده در شرایطی مجاز و در حالت‌های دیگری می‌تواند حتی مناسب و مطلوب نیز باشد.

۱-۱۱- انحراف مسیر یا انحناء در زهکش روباز

هرگاه تغییر در امتداد مسیر کانال باز آبیاری و زهکشی لازم باشد، بمنظور جلوگیری از فرسایش بدنه یا خاک‌ریز کانال، بایستی قوسی را بصورت تدریجی برای تغییر مسیر آن طراحی نمود. شعاع قوس با سرعت جریان آب در کانال و وضعیت پایداری شیب جانبی آن ارتباط دارد. هرگاه ایجاد قوس موجب عدم کاهش فرسایش بدنه آبراهه نگردد، می‌توان با کاهش سرعت جریان آب در کانال از طریق افزایش سطح مقطع و ملایم‌تر نمودن شیب جانبی کانال این منظور را عملی نمود. رابطه بین درجه انحناء و شعاع انحراف به شکل زیر است :

$$R = \frac{۵۰}{\sin \frac{D}{۲}} \qquad (۳۵-۱)$$

که در آن :

R ، شعاع قوس یا انحناء (متر)

D ، درجه انحناء

شعاع قوس را می‌توان با انتخاب طول وتری باندازه ۱۰۰ متر به دست آورد.

پیاده نمودن شعاع چنین قوسی با انتخاب وتری به طول ۱۰۰ متر بسهولت امکان‌پذیر است. با افزایش شعاع قوس درجه انحناء کاهش می‌یابد. برای کانالهای کوچک آبیاری یا زهکشی درجه انحناء را می‌توان ۶۰ درجه یا بیشتر نیز انتخاب نمود. هرگاه شیب جانبی کانال و سرعت جریان در آن افزایش یابد، بایستی این مقدار کاهش داده شود.

در جدول زیر مقادیر انحنای توصیه شده برای کانالهای باز آبیاری و زهکشی ارایه شده است.

omoorepeyman.ir

جدول (۱-۲۰)- مقادیر انحناء توصیه شده برای کانالهای باز

ردیف	عرض فوقانی کانال (متر)	شیب طولی کانال (درصد)	حداکثر تغییر انحناء - برحسب درجه* D_{SI}
۱	۶-۴	< ۰/۰۶	۶۲/۰
۲	۶-۴	۰/۱۲-۰/۰۶	۴۶/۰
۳	۱۱-۵	< ۰/۰۶	۳۶/۰
۴	۱۱-۵	۰/۱۲-۰/۰۶	۳۳/۰
۵	۱۱	< ۰/۰۶	۳۳/۰
۶	۱۱	۰/۱۲-۰/۰۶	۲۳/۰

* درجه انحناء (انحراف)، D_{SI} =۳/۲۸ D_E ، که در آن D_{SI} درجه در سیستم متریک و D_E درجه برحسب واحد انگلیسی می‌باشد.

در امور طراحی جاری حداقل شعاع قوس (R) را معمولاً ۵-۷ برابر عرض فوقانی آب در کانال و در محاسبات مقدماتی منظور و سپس با در نظر گرفتن سایر شرایط تثبیت می‌نمایند.

۱-۱۲- اتصال دو آبراهه (کانال باز یا نهرچه زهکشی)

تقاطع دو کانال باز به یکدیگر بایستی بطریقی بانجام رسد که موجب فرسایش جدّی بدنه کانالها، وقوع شرایط آب شستگی و یا موجب رسوب‌گذاری نگردد. هرگاه مسیر کانال اصلی بر کانال فرعی عمود باشد، مسیر کانال فرعی را در نزدیکی تقاطع به کانال اصلی می‌توان بصورت قوس‌دار طراحی نمود. زاویه اتصال یا تقاطع بین دو کانال که دارای سرعت جریان آهسته‌ای می‌باشند در مقایسه با دو کانال که سرعت جریان انتقالی آب در آنها قابل توجه است، کمتر اهمیت دارد. در محل اتصال دو کانال باز اصلی و فرعی عمیق، ارتفاع کف هر دو کانال بایستی یکسان باشد. هرگاه کانال فرعی کم عمق‌تر از کانال اصلی باشد این اختلاف ارتفاع در محل اتصال دو کانال بایستی حذف شود که انجام این امر از طریق افزایش شیب طولی کانال فرعی با فاصله‌ای حدود ۶۰-۹۰ متر از محل اتصال به کانال اصلی و یا از طریق افزایش شیب طولی در تمامی مسیر کانال فرعی اعمال می‌گردد.

بعضی طراحان توصیه می‌نمایند که در محل اتصال کانال فرعی به کانال اصلی و با طولی معادل ۱۵-۹۰ متر کانال فرعی طوری احداث گردد که در این بازه بدون شیب طولی باشد به طوری که پس از رسوب‌گذاری مشکل بتدریج حل شود.

از آنجا که در شرایط افزایش عمق آب در کانال باز، مقادیر سرعت جریان افزایش می‌یابد، بنابراین افزایش شیب (طولی) در محل خروجی معمولاً مسئله‌ساز نیست. زیرا در حالت "پس زدگی جریان"، آب از طریق کانال اصلی به نهرچه‌های فرعی زهکش انتقال یافته یا این پدیده به آنها نیز گسترش می‌یابد. بدترین شرایط زمانی حاصل می‌گردد که میزان جریان و عمق آب در کانال یا زهکش اصلی کم بوده و بالعکس میزان جریان وارده از طریق زهکشهای فرعی بسیار قابل ملاحظه باشد.

omoorepeyman.ir

۱-۱۳- نگهداری از زهکشهای روباز

در مورد نگهداری از زهکشهای روباز، استفاده از مفاد نشریه سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در این مورد الزامی است. در هر حال، موارد مهم در نگهداری از زهکشهای روباز در این زیربخش به اختصار ذکر می‌گردد:

نهرچه‌ها یا کانالهای زهکش، در زمان کوتاهی پس از احداث (و بهره‌برداری) نیاز به نگهداری خواهند داشت. انجام این مهم بایستی بصورت مداوم، از طریق مراقبت و انجام بعضی عملیات لازم بانجام رسد. عملیات یا اقدامات مرتبط با نگهداری از کانالهای باز را می‌توان به دو گروه: اقدامات پیشگیرانه که در واقع بعنوان عملیات بازدارنده عوامل تخریب و بروز عملکرد نامطلوب محسوب می‌گردند، و اقدامات اصلاحی نگهداری از کانالهای باز زهکشی که مرتبط با موارد تخریب و یا بروز عملکرد نامناسب که بطور جزئی یا کلی حین و یا پس از بهره‌برداری (بطور عمده) ایجاد می‌گردند، تفکیک نمود.

۱-۱۳-۱- علل تخریب و یا بروز عملکرد نامطلوب در کانالهای باز زهکشی

برای انجام اقدامات نگهداری لازم (احتیاطی یا اصلاحی)، علل و عوامل موجد تخریب و یا بروز عملکرد نامناسب کانالهای باز زهکشی بایستی در مرحله نخست تعیین و سهم هر عامل یا مجموعه عوامل مربوطه مشخص گردد تا بتوان نسبت به اصلاح، مرمت و یا تعدیل اثرات آن برنامه‌ریزی نمود. بطور کلی عوامل اصلی عملکرد نامطلوب زهکشها شامل: طراحی نادرست، احداث غیرفنی و نامناسب و همچنین فقدان عملیات نگهداری مطلوب می‌باشند. از دیدگاهی دیگر علل و عوامل طبیعی و غیرطبیعی زیر را می‌توان از جمله موارد لازم به توجه درخصوص تخریب و یا عملکرد غیرمطلوب در زهکشهای روباز بر شمرد.

- عبور جریان آب با بار رسوبی زیاد
- پدیده رسوب گرفتگی
- رشد و نمو قابل ملاحظه گیاهان آب دوست
- فرسایش کانال و شانه‌های خاکی آن
- انتخاب موقعیت و مسیر نامناسب
- نامناسب بودن اندازه و ابعاد زهکش
- غیرکافی بودن ظرفیت کالورت و یا پل‌های ارتباطی برای جریان
- عدم مشارکت و همیاری کشاورزان و بهره‌برداران در شرایط خرده مالکی
- قصور و عدم علاقمندی بهره‌برداران و مسئولین فنی مربوطه در امور و عملیات نگهداری

دو عامل اخیر از جمله عوامل غیرطبیعی در این زمینه محسوب می‌گردند.

۱-۱۳-۲- اقدامات پیشگیرانه[1] (احتیاطی) در نگهداری از کانالهای باز زهکشی

حتی در شرایطی که کلیه ملاحظات لازم درخصوص موارد طراحی و ساخت مطلوب اعمال گردد، باز هم عامل " نگهداری" همواره می‌تواند برروی وضعیت و چگونگی عملکرد مناسب کانال موثر باشد. جلوگیری از تراکم پوشش گیاهی (درختان، درختچه‌ها،

omoorepeyman.ir

1 - Preventive Maintenance

گیاهان علفی و هرز) که در درون یک کانال زهکشی رشد و نمو می‌نمایند، یکی از مهمترین اقدامات موثر در عملیات نگهداری از کانالهای باز زهکشی است. اثرات نامطلوب و منفی رشد و نمو بدون کنترل گیاهان (عمدتاً آب دوست) و علفهای هرز در کانالها و نهرچه‌های زهکشی مزرعه‌ای بکّرات و در مناطق مختلف بدلیل کاهش ظرفیت انتقال دبی گزارش گردیده است. نتایج بعضی بررسیها نشان می‌دهد که رویش علفهای هرز و گیاهان آب دوست در کانالهای زهکشی، کاهش ظرفیت تخلیه طراحی شده زهکشهای روباز را تا حد ۷۵٪ نیز در پی داشته است. روشهای مرسوم و متداول در جلوگیری از رویش گیاهان در کانالها مشتمل بر: کاربرد علف‌کش، برداشت دستی یا ماشینی، زیرخاک مدفون نمودن گیاهان بوسیله عملیات شخم و خاک‌ورزی، لایروبی کانال و یا نهرچه، تغذیه و تعلیف احشام از طریق چرانیدن در کانال (مشروط به خوش خوراکی گیاهان روئیده شده و شرایط فیزیکی مناسب دیواره‌های جانبی و کف نهرچه یا کانال‌های باز زهکشی)، در حالت استغراق قرار دادن گیاهان غیرآب دوست، کف بـُر کردن اندامهای گیاهی (ساقه، پنجه، پاجوش و...) موجود در زیر سطح آب و سوزانیدن قسمتهای گیاهی بالای سطح آب (آسمانه گیاه[1]) می‌باشند.

در مورد کاربرد علف‌کش‌ها و انواع آن، تجربیاتی وجود دارد که در منابع مرجع به آن اشاره شده است. بنابراین برای تعیین نوع، مقدار و چگونگی مصرف آن بایستی از متخصصین مربوطه استعلام نمود. سوزانیدن گیاهان زمانی موثر است که بخشهای هوائی آنها در امتداد طول کانال و یا نهرچه زهکشی خشک شده باشند. این کار می‌تواند با استفاده از شعله افکن نیز انجام شود.

در مورد روشهای سوزانیدن و کاربرد علف‌کش‌ها بایستی اظهار داشت که استفاده از این روشها زمانی کاملاً موثر است که طی یک دوره رشد در چند نوبت متناوب تکرار گردد. در مورد چرانیدن احشام در کانال بایستی دقت لازم درخصوص خطرات احتمالی آن برای چارپایان در شیب‌های جانبی تند به عمل آید. در شرایطی که برای تثبیت بستر و جدار کانال قبلاً اقدامات و عملیات حفاظتی بانجام رسیده باشد، بایستی از روش چرانیدن احشام به منظور کنترل گیاهان اجتناب نمود.

برای جلوگیری از فرسایش آبی شانه‌های خاکی کانال می‌توان نسبت به پخش خاک لایه سطحی مسیر کانال و بذرپاشی گونه‌های مناسب بر روی شانه‌های خاکی اقدام کرد و به تثبیت آن از طریق پوشش گیاهی کمک کرد. این کار موجب جلوگیری از رسوب گرفتگی کانال یا نهرچه باز زهکشی می‌شود. هرگاه شانه‌های خاکی کانال عریض و مسطح باشد، بهتر آنست که نسبت به انجام امور زراعی (کاشت، داشت و برداشت) در این قبیل اراضی همانند اراضی مجاور آن نیز اهتمام نمود. در خاکهایی که مسئله فرسایش بادی در آن بصورت جدی می‌تواند مطرح باشد، کشت گیاهان علوفه‌ای و دایمی برروی شانه‌های خاکی کانال می‌تواند رضایت‌بخش باشد. در نهایت اینکه اجرای عملیات حفاظتی از منابع خاک و آب در اراضی بالادست محدوده مورد نظر بخصوص در حواشی سرشاخه‌های فرعی منتهی به محدوده زهکشی، بهمراه کاربری مناسب و مطلوب خاکهای منطقه می‌تواند حجم عملیات نگهداری از کانالهای باز زهکشی را کاهش دهد.

۱-۱۳-۳- اقدامات اصلاحی[2] در نگهداری از کانالهای باز زهکشی

گاهی پس از احداث کانال و یا نهرچه زهکشی ایجاد تغییرات موضعی و مکانی در سطح مقطع، شیب‌های طولی و جانبی، مسیر و موقعیت کانال ایجاد شده بمنظور دستیابی به عملکرد مطلوب‌تر سیستم (کانالها و نهرچه‌های زهکشی) مورد نیاز خواهد بود. بعنوان

1 - Plant Canopy.
2 - Corrective Maintenance

omoorepeyman.ir

نمونه در شرایطی که خروجی سیستم زهکشی غیرکافی و یا شیب طولی کانال نامناسب باشد، بروز شرایط رسوب گرفتگی در دوره بهره‌برداری محتمل می‌باشد. شیب‌های جانبی که در معرض فرسایش و یا رسوب گرفتگی قرار می‌گیرند، بایستی بنحوی بازسازی گردند که در نتیجه آن شیب عرضی پایدار و مطلوبی حاصل شود. محل‌های مستعد به فرسایش آبی و قوس‌های تند در مسیر کانالها که ممکن است پدیده ماندر شدن[1] (ایجاد پیچ و خم در مسیر آبراهه) را ایجاد نمایند نیز بایستی از نظر مستقیم‌تر نمودن مسیر کانال و یا کاهش قوس‌های تند مورد بازسازی قرار گیرند. در شرایطی نیز ممکن است عریض نمودن مقطع کانال یا نهرچه و کالورت و سایر سازه‌ها مورد نیاز باشد. در حالت‌هایی که پدیده آب شستگی جدی باشد، کاهش شیب طولی کانال یا نهرچه و ایجاد آبشار در شرایطی که سایر تمهیدات از نظر فنی غیرکارآمد و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نباشد، می‌تواند مورد ملاحظه قرار گیرد. حتی هرگاه کلیه اقدامات لازم جهت جلوگیری از فرسایش آبی در کانالهای روباز زهکشی بانجام رسیده باشد، اهتمام به عملیات لایروبی و تمیز نمودن مسیر نهرچه یا کانال، آنهم بصورت دوره‌ای بطور قطع مورد نیاز خواهد بود.

۱-۱۳-۴- هزینه‌های نگهداری از زهکشهای روباز

از آنجا که هزینه‌های نگهداری به شدت تحت تأثیر عوامل و شرایط متفاوت می‌باشد، بنابراین برآورد این قبیل هزینه‌ها از قبل بسیار مشکل است. بطور کلی می‌توان گفت که هزینه‌های مربوط به اقدامات پیشگیرانه نگهداری، در مقایسه با مخارج لازم در مورد اقدامات اصلاحی می‌تواند کمتر باشد. هم چنین هزینه‌های تعمیرات ادواری در مقایسه با هزینه‌های مورد نیاز در شرایط اقدامات اصلاحی تأخیری اقتصادی‌تر است. در حالت‌هایی که به هر دلیل عملیات نگهداری کانالهای زهکشی به تعویق افتد، ممکن است احداث یک کانال جدید از نظر هزینه‌ها ارزانتر از اصلاح یک کانال قدیمی باشد. از این روست که نگهداری از کانالهای باز زهکشی بایستی بلافاصله پس از خاتمه دوره ساخت و شروع به بهره‌برداری از آن مورد امعان نظر باشد.

۱-۱۳-۵- توصیه‌های لازم برای نگهداری از کانالهای باز زهکشی

بطوریکه در مباحث قبل گفته شد، از جمله مسائل و مشکلات اصلی در نگهداری از کانالهای باز زهکشی می‌توان به: موارد فرسایش، رسوب گرفتگی، رویش علفهای هرز و در نهایت به موضوع نشت آب از کانال یا نهرچه‌های زهکشی اشاره نمود. بدین دلیل قبل از شروع فصل زراعی (زهکشی) بایستی نسبت به لایروبی کانالهای باز یا نهرچه‌های زهکشی بوسیله نیروی کارگری و یا با استفاده از ماشینهای ویژه یا درگ‌لاین[2] (بیل کابلی) اقدام کرد و کلیه گیاهان روئیده شده در کانالها را پاکسازی نمود و نسبت به تنظیم و تثبیت شیب‌های جانبی کانال (نهرچه) و مرمت شانه‌های خاکی آنها (سکوی کنار کانال یا نهرچه) اهتمام لازم اعمال کرد. موارد دفع مواد ترسیب یافته درون کانال‌ها بایستی بصورت منظم "پایش" شود و در مواقع ضروری نسبت به لایروبی آن اقدام گردد. انجام این قبیل عملیات به شرایط منطقه و موارد بهره‌برداری از شبکه کانالهای زهکشی بستگی خواهد داشت و دوره زمانی مشخصی را برای آن نمی‌توان از پیش تعیین نمود.

omoorepeyman.ir

1 - Meandering
2 - Dragline

فصل دوم

زهکشی زیرزمینی

۲-۱- تعاریف کلی و اهمیت موضوع

۲-۱-۱- سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

زهکشی زیرزمینی عبارت است از تخلیه آب اضافی و یا رطوبت موجود در نیمرخ خاک – در زمینهایی که آب اضافی آنها به طور طبیعی و در اثر نیروی ثقل دفع نمی‌شود، عمل زهکشی با استفاده از روش‌های مصنوعی مقدور می‌شود. بدین ترتیب اراضی جهت استفاده بیشتر انسانها و برای بهره‌برداری‌های متفاوت آماده می‌گردند. در کشاورزی، هدف از عملیات زهکشی، بطور عمده، افزایش تولید محصولات زراعی و باغی و کاهش هزینه‌های تولید است.

بطور کلی وجود آب اضافی در محدوده رشد و نمو گیاهان ممکن است با انبارش کوتاه‌مدت، موضعی و زهدار بودن کامل به همراه باشد. در شرایط خشک و نیمه‌خشک، شبیه ایران، در اکثر حالات، شرایط ماندابی و زهدار بودن اراضی با مشکلات عدیده شوری و یا شوری و سدیمی بودن خاکها نیز توام است.

نخستین اثر آب اضافی در نیمرخ خاک، اشغال خلل و فرج و در نتیجه جایگزینی آب با هواست. در این حالت، کمبود اکسیژن موجب آسیب‌رسانی به رشد گیاهان می‌گردد. در محیطهای اشباع، تهویه خاک بخوبی بانجام نرسیده و علاوه بر کمبود اکسیژن، تراکم و یا عدم جابجائی گازکربنیک در خاک و یا اثر مشترک آنها، ممکن است موجب تغییرات قابل ملاحظه‌ای در وضعیت فیزیولوژیکی ریشه گیاهان گردیده و در نتیجه آن اثرات نامطلوب بر تنفس، جذب آب و یونها بوجود آید. پی‌آمد کمبود اکسیژن در خاک، تشدید واکنش‌های احیاء کننده در محیط خاک است. بدین دلیل مواد سمّی بخصوصی توسط مواد آلی موجود در خاک ایجاد می‌گردد. از جهت دیگر در شرایط اشباع و یا ماندابی بودن خاک، جذب عناصر غذائی، به ترتیب پتاسیم، ازت، فسفر، کلسیم و منیزیم بوسیله ریشه گیاهان زراعی و باغی کاهش یافته و علایم کمبود این عناصر در جوانه‌های گیاهی مشاهده می‌گردد.

بدلیل کمبود اکسیژن، جمعیت میکروارگانیسم‌های هوازی در خاک بتدریج کاهش می‌یابد و جمعیت انواع غیرهوازی آن ازدیاد حاصل می‌نماید. فساد و تجزیه مواد آلی خاک در شرایط بی‌هوازی کاهش حاصل می‌نماید که بدین دلیل، آزاد شدن ازت معدنی در خاک بحداقل ممکن نقصان می‌یابد. در چنین شرایطی، نیاز به کاربرد و مصرف کودهای معدنی بیشتری خواهد بود.

کاهش میزان واکنش (pH) خاک در شرایط زهدار بودن فصلی اراضی و یا حالت ماندابی، احیاء شدن ترکیباتی از قبیل آهن، منگنز و گوگرد را موجب گردیده که بدین ترتیب انواع مواد سمّی و مضر در خاک تولید خواهد شد.

شرایط بیان شده محیط زیست نامناسبی را برای رشد و نمو گیاه فراهم می‌آورد. علاوه بر آن، پائین ماندن دمای خاک در ابتدای فصل زراعی را می‌توان عامل دیگری از اثرات منفی زهدار و ماندابی بودن اراضی بر شمرد.

omoorepeyman.ir

این شرایط موجب عدم توسعه و یا تخریب ساختمان خاک شده، و در نتیجه آن نامطلوب شدن بیشتر ویژگی‌های فیزیکی خاکها را در پی خواهد داشت. بنابراین ملاحظه می‌گردد که کاربرد روشهای مناسب زهکشی در اراضی کشاورزی می‌تواند متضمن بهبود و توسعه ساختمان خاک گردیده و در افزایش و بقاء قدرت باروری خاکها کاملاً موثر باشد.

نکته : اعمال امر زهکشی اراضی، پیش نیاز اجتناب‌ناپذیر در اصلاح و بهسازی خاک و اراضی شور، شور و سدیمی، ماندابی و زهدار می‌باشد.

از نظر کشاورزی، شرایط شوری، سدیمی، شور و سدیمی بودن، ماندابی و زهدار بودن اراضی موجب می‌شود که محصولات تولیدی از کمیت و کیفیت مطلوبی برخوردار نباشند.

نتیجه اینکه، از نظر اقتصادی، کشاورزی در زمینهای زهدار فوق نمی‌تواند کاملاً انتفاعی باشد بدین دلیل در برنامه‌های توسعه کشاورزی در مناطق "مسئله‌دار" اجرای موارد زیر ضروری است :

- ایجاد شرایط مناسب تولید اقتصادی گیاهان بوسیله اصلاح فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاکها.
- انجام اقدامات خاص جهت جلوگیری از گسترش حالات زهدار، ماندابی بودن، شوری و سدیمی شدن اراضی.
- ایجاد شرایط مناسب و مطلوب برای انجام عملیات کاشت، داشت و برداشت تولیدات کشاورزی.

۲-۱-۲- موارد نیاز به احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

موارد انتخاب و کاربرد این سیستم‌ها عمدتاً بدلایل زیر است :

- کنترل سطح ایستابی (آب زیرزمینی سفره اول)، زیرا در غیر اینصورت سطح سفره آب زیرزمینی در اثر نفوذ عمقی (بارندگی و به طور عمده آبیاری) بالا آمده و در طولانی مدت، به سطح خاک نزدیک می‌گردد. این امر در حالتی که آب زیرزمینی کیفیت نامطلوبی داشته باشد، موجب گرایش به شوری و یا شوری و سدیمی شدن خاکها خواهد شد.
- بهبود شرایط زهکشی داخلی (زهکشی طبیعی) در نیمرخ خاک در اراضی سنگین بافت که معمولاً دارای نفوذپذیری نسبی کمی می‌باشند. بهبود شرایط زهکشی طبیعی خاکها موجب حرکت آزاد آب و هوا در خاک می‌گردد.

نکته : آب زیرزمینی سفره اول را می‌توان از طریق کانالهای عمیق (زهکشهای عمیق روباز)، نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی و یا در شرایط ویژه‌ای از طریق پمپاژ از چاهها، جمع‌آوری و با استفاده از کانالهای باز و یا زهکشهای زیرزمینی در نهایت به محلهای مناسب تخلیه و دفع نمود.

در مواردی که مشکل خیز سطح ایستابی معلول نشت از بالادست باشد، گاهی امکان قطع جریانهای ورودی را با ایجاد زهکشهای حائل یا قطع کننده، با مخارج نسبی کمتری در مقایسه با سایر روشهای کنترل سطح آب زیرزمینی می‌توان بانجام رسانید. در شرایط سنگینی بافت خاک، بالا بودن سطح ایستابی با کیفیت‌های نامطلوب تا بسیار نامطلوب، لزوم تخلیه مقادیر نفوذ عمقی حاصل از آبیاری و سرانجام در شرایطی که اعمال آبشوئی املاح متراکم در محدوده توسعه ریشه گیاهان مطرح می‌باشد، اقدام به امر زهکشی کاملاً ضرورت دارد.

احداث شبکه‌های زهکشی سطحی و زیرزمینی، بطور عمده، بایستی بصورت توامان مورد توجه و اقدام قرار گیرد. با توجه به اهداف این فصل، در زیر موارد مرتبط با زهکشی زیرزمینی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

omoorepeyman.ir

۲-۱-۳- بررسیهای قابلیت زهکشی خاک و اراضی

مطالعات قابلیت زهکشی خاک، از طریق بررسیهای میدانی در ارتباط با تعیین عمق، شیب، چگونگی نوسانات سطح ایستابی سفره اول، وجود یا عدم وجود آبخوانهای تحت فشار (آرتزین) یا نیمه تحت فشار، ضخامت و چگونگی نفوذپذیری افقهای موجود در نیمرخ خاک و به ویژه لایه‌های زیرین انجام می‌شود. این مطالعات که بوسیله متخصص امور زهکشی بانجام می‌رسد بطور عمده مشتمل بر کلیه یا بخشی از موارد زیر است:

- تهیه برنامه و ارایه پیشنهادات لازم درخصوص احداث شبکه چاهکهای مطالعاتی برای بررسی چگونگی وضعیت نوسانات سطح ایستابی اراضی محدوده موردنظر.
- ارایه برنامه لازم برای انجام حفاریهای مورد نیاز در زمینه شناخت طبقات خاک (لایه‌بندی) و تعیین محل استقرار لایه محدود کننده در گستره منطقه مطالعاتی.
- ارائه برنامه و پیشنهادات مورد نیاز برای اجرای آزمونهای مزرعه‌ای اندازه‌گیری نفوذپذیری خاکها در اراضی محدوده موردنظر.
- ارایه برنامه و پیشنهادات لازم درخصوص تعداد و روشهای مناسب اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاکها.
- ارایه برنامه و توصیه‌های لازم در مورد انجام بررسیهای تکمیلی و یا اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای عوامل مرتبط با موارد زهکشی و یا مطالعات اصلاح خاک و اراضی.

علاوه بر آنچه بدان اشاره شد موارد لازم در مورد "بررسیهای قابلیت زهکشی خاک و اراضی" با این پیش فرض که قبلاً گروههای اصلی خاکها و نحوه پراکنش اراضی در محدوده مورد بررسی بانجام رسیده و در این ارتباط تبادل نظرهای لازمه بین کارشناس شناسائی خاک و طبقه‌بندی اراضی و متخصص امور زهکشی، اصلاح و بهسازی خاکها منتج به حصول توافق علمی و فنی گردیده است، را می‌توان بشرح زیر و بصورت خلاصه ارایه نمود :

الف- منطقه مورد مطالعه ابتدا بایستی بطور اجمالی و در ارتباط با نوع پوشش گیاهی، ویژگیهای خاک از نظر مسائل شوری و سدیمی بودن، تعیین مناطق زهدار و ماندابی و ضرورت احداث نوعی زهکش کمکی (قبل از اجرای شبکه آبیاری) مورد بررسی قرار گیرد.

ب- پس از تشخیص موقعیت عمومی اراضی مسئله دار می‌توان نسبت به احداث شبکه نقاط مطالعاتی اقدام نمود. بطور معمول احداث ردیف‌های نقاط مورد نظر می‌تواند در جهت خطوط میزان منحنی، هم جهت با جریان آب در رودخانه و یا آبراهه‌های سطحی اصلی بانجام رسد.

در مراحل بررسیهای صحرائی یک پروژه بزرگ، نقاط مورد بررسی می‌تواند با فواصل یک تا دو کیلومتر بین خطوط و دو تا پنج کیلومتر روی خطوط میزان منحنی باشد. هرگاه تغییرات خاکها بسیار زیاد باشد، انتخاب نقاط اضافی الزامی است. در این قبیل نقاط

omoorepeyman.ir

بایستی نسبت به شناسائی افقهای خاک (بخصوص از نظر بافت) تا اعماق سه تا پنج متری اقدام نمود. انجام این بررسی بایستی بوسیله کارشناس خاکشناسی بانجام رسد و موارد لازم به عنایت خاص در مورد هر افق و نقطه مطالعاتی بدقت بررسی و ثبت گردد*.

- بافت خاک هر لایه و چگونگی هوازدگی آن، بطوریکه مجموع اطلاعات هر نقطه وضعیت لایه‌بندی افقهای خاک آن نقطه را ارایه نماید.
- وضعیت زهکشی، از طریق چگونگی وضعیت نفوذپذیری نمونه‌های خاک که قضاوت در مورد آن بایستی برمبنای ساختمان خاک، میزان تخلخل، جرم مخصوص ظاهری، مجاری نفوذی ریشه گیاهان، چگونگی توزیع ریشه‌ها در طبقه مربوطه، عمق لایه آهکی، نوع و چگونگی توسعه لکه‌های رنگی (رنگدانه) و نحوه استقرار طبقات متفاوت در نیمرخ خاک انجام می‌شود.
- اظهارنظردرمورد تفاوت بین مقادیر نفوذپذیری عمودی و افقی در هر لایه با در نظر داشتن ساختمان خاک لایه مورد بررسی.
- بررسی میزان و چگونگی سخت شدن لایه‌های مختلف در نیمرخ خاک در نقطه مطالعاتی.
- برآورد یا تعیین محل استقرار لایه محدود کننده و یا نیمه نفوذپذیر در نیمرخ خاک.

پ – اجرای آزمونهای مزرعه‌ای اندازه‌گیری نفوذپذیری خاکها در نقاط معرف اراضی.

ت – چاهکهای مشاهده‌ای**را بایستی عمدتاً در مناطق زهدار و یا ماندابی محدوده مورد مطالعه مستقر نمود. علاوه بر آن ضرورت دارد، در سایر نقاطی که زهدار یا ماندابی بودن در آنها در مرحله نخست بسهولت قابل تشخیص نمی‌باشد نیز نسبت به تعبیه چاهکهای مشاهده‌ای اضافی اقدام نمود.

بطور تقریبی بایستی حدود یک سوم (۳۰٪) چاهکهای مشاهده‌ای را تا عمق ۹/۰ متری تعمیق و بررسی نمود (بجز درشرایطی که وجود لایه غیرقابل نفوذامکان انجام این اقدام را غیرممکن می‌نماید).

ث – در مرحله مقدماتی مطالعات و برای بررسی وضعیت کمی و کیفی آب زیرزمینی می‌توان چاهکهای مطالعاتی را در همان محلهای تعیین بافت خاک (لایه‌بندی) مستقر نمود مگر در شرایطی که در آن مناطق مشکل زهکشی وجود نداشته باشد. با بررسی و تعمق در روند تغییرات و نوسانات سطح آب زیرزمینی می‌توان نسبت به احداث و تجهیز یک سری چاهکهای مشاهده‌ای تکمیلی بنحوی که فواصل بین نقاط شبکه اولیه را پوشش دهد، اقدام نمود.

ج– در مواردی که احتمال فشار آرتزین آب زیرزمینی از طریق آبخوان‌های محصور یا نیمه محصور سازندهای زیرین وجود داشته باشد، تهیه و نصب پیزومتریک مرکب در محل یا محدوده‌های محتمل ضروری است***. تعبیه یا نصب پیزومتر(ها) بوسیله ابزار دستی و یا دستگاه مولد فشار آب (جت) امکان‌پذیر می‌باشد و بدینوسیله می‌توان فشار هیدرواستاتیک محل ورود آب به انتهای پیزومتر نصب شده را اندازه‌گیری نمود. استقرار پیزومتر (منفرد یا در دسته‌های دو تا سه پیزومتری که بنام نوع مرکب نامیده می‌شود) برای مشخص نمودن مکانهائی که دارای فشار هیدرواستاتیک است، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

---

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات " دستورالعمل لایه‌بندی خاک در مطالعات زهکشی "، نشریه شماره ۱۵۳ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۷۵) مراجعه شود. پیروی از دستور العمل مذکور در مطالعات زهکشی زیرزمینی الزامی است.

** برای آگاهی تفصیلی به مندرجات " دستورالعمل حفر و تجهیز چاهکهای مشاهده‌ای"، نشریه شماره ۱۵۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۷۵) مراجعه شود.

*** برای آگاهی تفصیلی به مندرجات " دستورالعمل حفر و تجهیز پیزومترهای مرکب"، نشریه شماره ۱۶۲ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۷۶) مراجعه شود. پیروی از دستورالعمل مذکور در مطالعات زهکشی زیرزمینی الزامی است.

omoorepeyman.ir

چ- تعیین ارتفاع دقیق محل استقرار چاهکهای مشاهده‌ای و پیزومترهای ساده یا مرکب ضرورت دارد.

ح - قرائت و ثبت رقوم سطح آب زیرزمینی از محل چاهکهای مشاهده‌ای (و پیزومترها)، برای مدت حداقل یکسال (چهار فصل) و یا بطور ترجیحی دوره طولانی‌تری و با تواتر زمانی معقولی (حداکثر یکماهه) بایستی بانجام رسد تا بدینوسیله بتوان روند تغییرات نوسانات سطح ایستابی را پایش نمود. در ادوار بارندگی‌های قابل ملاحظه (متراکم و شدید) انجام اندازه‌گیری و قرائت‌های اضافی رقوم آبهای زیرزمینی توصیه می‌شود.

خ - هرگاه خصوصیات پدولوژیکی و زمین‌شناسی طبقات زیرین در نیمرخ خاکها، حدوداً یکنواخت باشد اندازه‌گیری میزان دبی جریانها در آبراهه‌های موجود (زهکش، قنات، چشمه) برای بررسی چگونگی و میزان تحرک آب زیرزمینی بایستی بانجام رسد.

د - انجام تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های آب برداشت شده از محل چاهکهای مشاهده‌ای، قنوات، چشمه‌ها و چاههای موجود در محدوده و زهکش‌های ایجاد شده در مطالعات و بررسیهای قابلیت زهکشی خاک منطقه مورد نظر ضروری می‌باشد.

ذ - در فرایند تجزیه و تحلیل ارقام و اطلاعات گردآوری شده، تهیه نقشه‌های مرتبط با مسئله مورد بررسی یعنی: نقشه‌های خطوط همتراز و هم عمق سطوح ایستابی، نیمرخ سطح آب، نیمرخ پیزومترها، هیدروگراف (آبنمود) چاهکهای مطالعاتی (مشاهده‌ای) و کل محدوده طرح، نقشه هم ارز هدایت هیدرولیکی اشباع نیمرخ خاکها و نقشه عمق استقرار لایه محدود کننده ضروری می‌باشد.

۲-۲- مبانی طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

در طراحی زهکشهای زیرزمینی، عوامل تعیین عمق استقرار و فاصله بین زهکشها زیرزمینی بسیار با اهمیت می‌باشند. برای دستیابی به فاصله مناسب و عملکرد مطلوب زهکشها، ضرورت دارد تا پارامترهای لازم و مربوطه به دقت بررسی و تعیین گردند. چنانچه فواصل زهکشهای زیرزمینی بیش از حد لازم طراحی گردند، کنترل سطح ایستابی مطلوب بانجام نخواهد رسید و بالعکس اعمال فواصل بسیار نزدیک زهکشهای زیرزمینی موجب افزایش هزینه‌های مربوطه خواهد شد. بدین دلیل برای حصول فواصل منطقی و مطلوب زهکش‌های زیرزمینی، داشتن شناخت کاملی از ویژگی‌های آب و هوایی منطقه طرح، مشخصات خاک و خصوصیات اگرونومیکی و فیزیولوژیکی گیاهان مورد نظر الزامی است. در مورد "تعیین عمق و فاصله زهکشهای زیرزمینی" نشریه‌ای به همین نام در سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در دست انتشار است که پیروی از آن الزامی است.

۲-۲-۱- ضریب زهکشی عمقی یا شدت تخلیه زهکشهای زیرزمینی

در معادلات تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی که فرض ماندگار بودن جریانهای نفوذی در آن اعمال گردیده است، ضریب زهکشی زیرزمینی بصورت یک پارامتر "صریح[1]" بکار گرفته می‌شود. در شرایطی که منشاء نفوذ عمقی عمدتاً تلفات آب آبیاری باشد، بهتر آنست که حداکثر میزان شدت تخلیه "دوره حداکثر نیاز آبی گیاه" مورد توجه قرار گیرد. بهرحال در شرایطی نیز متوسط یا میانگین وزنی شدت تخلیه دوره آبیاری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در جدول زیر بعضی ویژگیهای فیزیکی خاکها و مقادیر نفوذ عمقی مورد انتظار آنها ارائه شده است.

1 - Explicit

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۱)- بعضی ویژگیهای فیزیکی خاکها و مقادیر تراوشات عمقی مورد انتظار

ردیف	نوع اجزاء غالب خاک	اندازه (قطر) ذرات خاک (میلیمتر)	نام توصیفی نفوذپذیری خاک	میزان نفوذ عمقی	
				سانتیمتر در ساعت	متر در روز
۱	رس	<۰/۰۰۲	خیلی آهسته	<۰/۱۲۷	<۰/۰۳۰
۲	سیلت (لای)	۰/۰۵۰-۰/۰۰۲	آهسته	۰/۵۰۸-۰/۱۲۷	۰/۱۲۲-۰/۰۳۰
۳	ماسه بسیار ریز	۰/۱۰۰-۰/۰۵۰	تقریباً آهسته	۲/۰۳۲-۰/۵۰۸	۰/۴۸۸-۰/۱۲۲
۴	ماسه ریز	۰/۲۵۰-۰/۱۰۰	متوسط	۶/۳۵-۲/۰۳۲	۱/۵۲۴-۰/۴۸۸
۵	ماسه متوسط	۰/۵۰۰-۰/۲۵۰	تقریباً سریع	۱۲/۷۰-۶/۳۵	۳/۰۴۸-۱/۵۲۴
۶	ماسه درشت	۱/۰۰-۰/۵۰۰	سریع	۲۵/۴۰-۱۲/۷۰	۶/۰۹۶-۳/۰۴۸
۷	ماسه خیلی درشت	۲/۰۰-۱/۰۰	خیلی سریع	> ۲۵/۴۰	> ۶/۰۹۶

در مناطق خشک و نیمه‌خشک که عملیات آبیاری بطور معمول برای تمامی فصل زراعی در جریان است، ضریب زهکشی را می‌توان بصورت درصدی از آب آبیاری و بصورت زیر برآورد نمود.

$$q = \frac{I(P+S)}{(۱۰۰T)} \qquad (۱-۲)$$

که در آن :

q ، ضریب زهکشی (میلیمتر در روز[1]).

P ، نفوذ عمقی حاصل از عملیات آبیاری و یا آبشوئی املاح محلول (LR) (درصد از آب آبیاری کاربردی).

S ، نشت آب از کانالهای مزرعه‌ای (درصد).

I ، عمق آب کاربردی در آبیاری (میلیمتر)

T ، فاصله بین دو دور آبیاری (روز).

۲-۲-۲- منشاء و مقدار نفوذ عمقی و نوسانات خیز سطح ایستابی

در مورد کاربرد معادلات مبتنی بر جریانهای غیر ماندگار، میزان نفوذ عمقی حاصل از ریزش‌های آسمانی، تلفات سیستم انتقال، توزیع و کاربرد آب در سطح مزرعه و... بویژه میزان نفوذ عمقی ناشی از کاربرد آب آبیاری با اهمیت است. بنابراین داشتن برنامه آبیاری مدونی در این مورد الزامی می‌باشد. که بدین منظور جداولی مشتمل بر ارقام میزان و دور آبیاری را بر پایه آب مورد نیاز و مصرفی گیاه مورد نظر تهیه و تدوین می‌نمایند. این جداول در عمل ممکن است به میزان کمی با واقعیت تفاوت داشته باشد، لیکن نظر باینکه نفوذ عمقی و یا شدت تخلیه در کاربرد معادلات مبتنی بر جریانهای غیرهمگام و عمدتاً در روش "تعادل دینامیکی[2]" بصورت یک پارامتر "ضمنی[3]" (غیر صریح) بکار برده می‌شود، بنابراین ضرورت داشتن چنین برنامه‌ای باتوجه به بهره‌گیری از اطلاعات مربوط به دوره آبیاری، بارندگی و جمع کل نفوذ عمقی جهت انجام محاسبات زهکشی در روش بالا اجتناب‌ناپذیر است.

1 - یک میلی‌متر در روز = ۰/۱۱۵۷ لیتر در ثانیه در هکتار

2 - Dynamic Equilibrium.

3 - Implicit

omoorepeyman.ir

در جداول زیر، برآورد میزان نفوذ عمقی در روشهای آبیاری سطحی با توجه به بافت و مقادیر سرعت نفوذ آب به خاکها و هم چنین برآورد راندمان کاربرد آب و مقادیر نفوذ عمقی در روشهای مختلف آبیاری، همینطور مقادیر متوسط ضریب زهکشی برای اراضی تحت آبیاری ارایه شده است.

جدول (۲-۲)- برآورد نفوذ عمقی در روشهای آبیاری سطحی برای انواع خاکها

(برحسب درصد آب خالص وارد شده به نیمرخ خاک)

ردیف	بافت خاک	درصد(٪)	ردیف	بافت خاک	درصد (٪)
۱	شنی لومی	۳۰	۶	لومی رسی	۱۰
۲	لومی شنی	۲۶	۷	لومی رسی سیلتی	۶
۳	لومی	۲۲	۸	رسی شنی	۶
۴	لومی سیلتی	۱۸	۹	رسی	۶
۵	لومی رسی شنی	۱۴	۱۰	-	-

جدول (۲-۳)- برآورد نفوذ عمقی در روشهای آبیاری سطحی با توجه به

مقادیر سرعت نفوذ آب به خاک (بر حسب درصد آب خالص وارده شده به نیمرخ خاک)

ردیف	سرعت نفوذ آب به خاک (میلیمتر در ساعت)	درصد (٪)	ردیف	سرعت نفوذ آب به خاک (میلیمتر در ساعت)	درصد (٪)
۱	۱/۳	۳	۹	۲۵/۴	۲۰
۲	۲/۵	۵	۱۰	۳۱/۷	۲۲
۳	۵/۱	۸	۱۱	۳۸/۱	۲۴
۴	۷/۶	۱۰	۱۲	۵۰/۸	۲۸
۵	۱	۱۲	۱۳	۶۳/۵	۳۱
۶	۱۲/۷	۱۴	۱۴	۷۶/۲	۳۳
۷	۱۵/۲	۱۶	۱۵	۱۰۱/۶	۳۷/
۸	۲۰/۳	۱۸	۱۶	-	-

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۴)- برآورد راندمان کاربرد آب و مقادیر نفوذ عمقی در روشهای مختلف آبیاری (برحسب شرایط کارکرد و نوع بافت خاک)

ردیف	روش آبیاری	شرایط کارکرد (طرز کار)	راندمان کاربرد (درصد)		نفوذ عمقی (درصد)	
			خاک سنگین	خاک سبک	خاک سنگین	خاک سبک
۱	بارانی	آبیاری روزانه، باد نسبتاً شدید	۶۰	۶۰	۳۰	۳۰
		آبیاری شبانه	۷۰	۷۰	۲۵	۲۵
۲	قطره‌ای	-	۸۰	۸۰	۱۵	۱۵
۳	غرقابی	با تسطیح و آرایش نامناسب	۶۰	۴۵	۳۰	۴۰
		با تسطیح و آرایش مناسب	۷۵	۶۰	۲۰	۳۰
۴	جوی پشته و نواری	با تسطیح و اندازه نامناسب	۵۵	۴۰	۳۰	۴۰
		با تسطیح و اندازه مناسب	۶۵	۵۰	۲۵	۳۵

جدول (۲-۵)- مقادیر متوسط ضریب زهکشی برای اراضی تحت آبیاری

ردیف	ویژگیهای خاک	عملیات مدیریتی آبیاری	ضریب زهکشی (میلیمتر در روز)
۱	خاکهای با نفوذپذیری کم	شرایط زهکشی طبیعی محدود کننده	<۱/۵
۲	خاکهای نفوذپذیر	شرایط زهکشی طبیعی و زراعت متراکم	۳/۰-۱/۵
۳	خاکهای نفوذپذیر	عملیات مدیریتی آبیاری ضعیف و یا در شرایط آبشوئی برای کنترل املاح محلول خاک	۴/۵-۳/۰
۴	خاکهای بسیار نفوذپذیر	آبیاری اراضی شالیزاری در خاکهای سبک	>۴/۵

برای حصول اطمینان از اینکه میزان نفوذ عمقی برای اهداف آبشوئی املاح در مورد گیاهان مورد عمل کفایت می‌نماید و مشکل گرایش به شوری (یا شور شدن ثانویه) بوقوع نخواهد پیوست، ضروریست که نسبت به محاسبه نیاز آبشوئی املاح محلول در جریان کشت و آبیاری گیاهان اهتمام بعمل آید. برای انجام این مهم بهتر آنست که با فرض طولانی مدت بودن دوره کاشت و آبیاری گیاهان و بر مبنای معادلهٔ بیلان آب و املاح که بشرح زیر می‌باشد، اقدام نمود:

$$R^{*} = (ETc - Pe).\frac{[1 - f_i(1 - LF)]}{[f_i(1 - LF)]} \qquad (۲-۲)$$

که در آن :

R^{*} ، نیاز آبشوئی طولانی‌مدت (برحسب میلیمتر)،

ETc، میزان تبخیر وتعرق واقعی گیاه (برحسب میلیمتر)،

Pe، مقدار بارندگی موثر (برحسب میلیمتر)،

f_i، ضریب راندمان آبشوئی (برحسب اعشاری) که خود تابعی از میزان آب کاربردی در امر آبیاری می‌باشد و

LF، ضریب یا کسر آبشوئی[1] (جزء آبشوئی) که به ویژگیهای خاک، روش آبیاری و عملیات مدیریتی در مزرعه بستگی دارد و آن را بصورت زیر می‌توان ارایه نمود:

1 - Leaching Fraction

omoorepeyman.ir

$$LF = \frac{(f_r . R)}{(f_i . I)} \qquad (۲-۳)$$

که در آن:

f_r، ضریب بازده آبشوئی و بعنوان تابعی از میزان نفوذ عمقی،

I، مقدار ناخالص عمق آب کاربردی در امر آبیاری (برحسب میلیمتر) و

R، میزان تغذیه یا نشت در مزرعه (برحسب میلیمتر).

ضریب f_i، مقادیر نفوذ عمقی را منظور می‌نماید که از درون درز و ترکها و خلل و فرج درشت خاک و بدون اختلاط با محلول خاک به اعماق پایین نیمرخ خاک نفوذ می‌نماید. این ضریب به بافت، ساختمان و روش آبیاری نیز بستگی دارد. مقدار آن برای خاکهای لومی با ساختمان مناسب ۰/۹۵ تا ۱/۰ و در خاکهای سنگین بافت و شکاف‌دار از ۰/۸۵ کمتر است و در همه حال مقدار آن در روش آبیاری بارانی در مقایسه با روشهای آبیاری سطحی (ثقلی) زیادتر می‌باشد*.

توجه : در مناطقی که علاوه بر نفوذ عمقی آب از سطح خاک، وجود نوعی لایه تحت فشار موجد زهدار شدن نیمرخ خاک طبقات سطحی می‌باشد، می‌توان میزان تغذیه را برآورد و یا با استفاده از روابط زیر محاسبه نمود.

$$V = \frac{(h_b - h_t)}{(\frac{D_t}{K_t} + \frac{D_b}{K_b})} = \frac{\Delta h}{C_t + C_b} \qquad (۲-۴)$$

که در آن :

V ، سرعت پایین به بالای آب برحسب (متر در روز یا میلیمتر در روز)

h_b، فشار یابارهیدرولیکی پیزومتر نصب شده درلایه زیرین(تحت فشار یا نیمه‌آرتزین)، برحسب واحد طول.

h_t، فشار یا بار هیدرولیکی پیزومتر نصب شده در لایه فوقانی (سفره آزاد یا غیر تحت فشار)، برحسب واحد طول

Δh ، اختلاف ارتفاع اندازه‌گیری شده در پیزومترهای زیرین و فوقانی (h_t , h_b) ، برحسب واحد طول

D_b , D_t به ترتیب ضخامت لایه‌های آبدار فوقانی و زیرین برحسب واحد طول

K_t ، K_b ، به ترتیب هدایت هیدرولیکی لایه‌های فوقانی (D_t) و زیرین(D_b) برحسب متر یا میلیمتر در روز

C_t ، C_b به ترتیب مقاومت هیدرولیکی[1] لایه‌های فوقانی و زیرین برحسب روز می‌باشد.

۲-۲-۳- عمق مناسب نصب زهکشهای زیرزمینی

از دیدگاه نظری هرچه عمق نصب زهکشهای زیرزمینی بیشتر باشد، فاصله آن افزایش می‌یابد لیکن در عمل محدودیت‌هائی جهت نصب زهکشهای زیرزمینی وجود دارد که عبارتند از :

- دقت در تعیین عمق مجاز خیز سطح ایستابی بین دو خط زهکش.
- تعیین لایه مناسب برای نصب زهکشهای زیرزمینی با توجه به افقهای مشخصه در نیمرخ خاک.
- توجه به هدایت هیدرولیکی خاک لایه محل نصب زهکشهای زیرزمینی درمقایسه باافقهای فوقانی وزیرین.

* روش آبیاری بارانی > روش آبیاری غرقاب متناوب > روش آبیاری غرقاب دایم.

1 - Hydraulics Resistance

omoorepeyman.ir

- امکانات اجرائی، بدلیل آنکه عمق طراحی جهت نصب زهکشهای زیرزمینی نه تنها تابع عوامل فیزیکی و هیدرولیکی خاک، بلکه تابع امکانات اجرائی (عمق کار ماشین‌های زهکشی و یا ماشین‌های ترانشه‌برداری و...) نیز می‌باشد.

باستناد موارد بیان شده در بعضی منابع معتبر موارد زیر در مورد عمق نصب زهکشهای زیرزمینی قابل ارائه است.

- **درخصوص کاربرد معادلات ماندگار در تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی**

$$d_{\min} = C + \frac{۱}{۲}(\frac{Ri}{S}) + ۰/۱ \qquad (۵-۲)$$

- **در خصوص کاربرد معادلات غیر ماندگار در تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی**

$$d'_{\min} = C' + (\frac{Ri}{S}) + ۰/۱ \qquad (۶-۲)$$

در روابط فوق، $d_{\min}$ و $d'_{\min}$ به ترتیب حداقل عمق استقرار زهکشهای زیرزمینی در حالات کاربرد معادلات ماندگار و غیرماندگار تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی (سانتیمتر یا متر)

C و C' ، ارقام مندرج در جدول (۲-۶) که بسته به نوع خاک، نوع کشت و استفاده از روابط ماندگار و یا غیر ماندگار، مقادیر متفاوتی را ارائه می‌نماید (سانتیمتر یا متر)، که در همه حالات مقادیر آن برای استفاده در معادلات جریان ماندگار زیادتر است.

Ri ، جمع کل نفوذ عمقی در هر نوبت آبیاری (میلیمتر یا متر)

S ، درصد تخلخل موثر یا آبدهی ویژه خاک (بصورت اعشاری) که با معلوم بودن هدایت هیدرولیکی خاک و استفاده از جدول (۲-۷) قابل استخراج و کاربرد است.

جدول (۲-۶)- ارقام پیشنهادی عمق مجاز تثبیت سطح ایستابی برای گیاهان متفاوت برای انتخاب و کاربرد روابط محاسبه فواصل و عمق نصب زهکشهای مزرعه‌ای* (ارقام متن جدول برحسب متر)

ردیف	نوع کشت	حالت زهکشی جریان ماندگار (C)			حالت زهکشی جریان غیرماندگار (C')		
		خاک ریزبافت	خاک** با بافت متوسط	خاک با بافت سبک	خاک ریز بافت	خاک** با بافت متوسط	خاک با بافت سبک
۱	غلات	۱/۲۰	۱/۲۰	۱/۰۰	۰/۹۰	۱/۴۰	۰/۹۰
۲	سبزیجات	۱/۱۰	۱/۱۰	۱/۰۰	۰/۹۰	۱/۳۰	۰/۹۰
۳	درختان میوه	۱/۶۰	۱/۴۰	۱/۲۰	۱/۴۰	۱/۶۰	۱/۱۰

* در مواردی که قطعه زمین معینی برای ترکیبی از کشت‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، بیشترین عمق را باید انتخاب نمود.

** در مواردی که منابع آب موجود قابل اعتماد نبوده و آبیاری بطور کامل انجام نمی‌شود.

$\frac{Ri}{S}$، خیز سطح آب زیرزمینی (مقدار حداکثر یا در دوره حداکثر نیاز آبی گیاه)، (میلیمتر یا متر).

تذکر: رقم ۰/۱ لحاظ شده در معادلات فوق بدلیل منظور داشتن حاشیه موئینگی حدوداً اشباع بخش فوقانی سطح ایستابی است. که عده‌ای آنرا " ضریب اطمینان" نیز تلقی می‌نمایند.

omoorepeyman.ir

جدول شماره (۲-۷)- أبدهی ویژه (تخلخل قابل زهکشی) در ارتباط با بافت و ساختمان خاک‌ها

تخلخل قابل زهکشی	ساختمان خاک	بافت خاک
٪۱-۲	ستونی و فشرده ریز و خیلی ریز	Clay Heavy Clay Loam
٪۱-۲	منشوری ریز و خیلی ریز، مکعبی زاویه‌دار و بشقابی	Clay Clay Loam Silty Clay Sandy Clay Loam
٪۳-۸	منشوری ریز و متوسط، مکعبی زاویه‌دار و بشقابی	Clay Silty Clay Sandy Clay Silty Clay Loam Clay Loam Silty Loam Silt Sandy Clay Loam
٪۶-۱۲	منشوری متوسط، مکعبی بدون زاویه	Light Clay Loam Silt Silt Loam Very Fine Sandy Loam Loam
٪۱۲-۱۸	مکعبی درشت بدون زاویه، اسفنجی ریز و گرد	Fine Sandy Loam Sandy Loam
٪۱۵-۲۲	اسفنجی متوسط و تک‌دانه‌ای	Loamy Sand Fine Sand
٪۲۲-۲۶	تک‌دانه‌ای	Medium Sand
٪۲۶-۳۵	تک‌دانه‌ای	Coarse Sand Gravel

* عمق تثبیت سطح ایستابی در دوره آبیش در خاکهای سبک و ریزبافت نباید از ۱/۴ متر و در خاکهای با بافت متوسط از ۱/۷ متر کمتر در نظر گرفته شود، تا معضل " گرایش به شوری خاک و اراضی" پیش نیاید.

در جدول زیر، عمق توسعه و ریشه دوانی بعضی از انواع گیاهان زراعی و باغی ارایه شده است.

جدول (۲-۸)- عمق توسعه و ریشه دوانی بعضی از انواع گیاهان زراعی و باغی

ردیف	نام گیاه	عمق توسعه ریشه‌ها (متر)	ردیف	نام گیاه	عمق توسعه ریشه‌ها (متر)	ردیف	نام گیاه	عمق توسعه ریشه‌ها (متر)
۱	یونجه	۱/۸-۰/۹	۱۰	غلات	۰/۷۵-۰/۶	۱۹	شبدر	۰/۶
۲	لوبیا	۰/۶	۱۱	سورگوم	۰/۷۵	۲۰	بادام‌زمینی	۰/۴۵
۳	باقلا	۰/۹-۰/۶	۱۲	انگور	۱/۸-۰/۹	۲۱	نخود	۰/۷۵
۴	نیشکر	۰/۹	۱۳	کاهو	۰/۳	۲۲	سیب‌زمینی	۰/۶۰
۵	کلم	۰/۶-۰/۴۵	۱۴	صیفی‌جات	۰/۹-۰/۷۵	۲۳	سویا	۰/۶۰
۶	هویج	۰/۶-۰/۴۵	۱۵	درختان خشکبار	۱/۸-۰/۹	۲۴	توت فرنگی	۰/۴۵-۰/۳
۷	ذرت	۰/۷۵	۱۶	پیاز	۰/۴۵	۲۵	سیب‌زمینی‌شیرین	۰/۹
۸	پنبه	۱/۲۰	۱۷	درختان باغی	۱/۵-۰/۹	۲۶	توتون	۰/۷۵
۹	خیار	۰/۶-۰/۴۵	۱۸	علوفه مرتعی	۰/۴۵	۲۷	گوجه‌فرنگی	۰/۶-۰/۳

omoorepeyman.ir

۲-۲-۴- خصوصیات پدولوژیکی[1] و هیدرودینامیکی[2] خاکها

در مطالعات جاری خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی، به طور معمول شناسائی نیمرخ خاک تا عمق ۱/۲۵ و حداکثر ۱/۵۰ متری بانجام می‌رسد، در حالیکه در بررسی‌های زهکشی، شناخت ویژگیهای لایه‌های عمیق‌تر نیمرخ خاک بخصوص از نظر لایه محدود کننده و هدایت هیدرولیکی افق‌های متشکله نیمرخ خاک با اهمیت تلقی می‌گردد. در حقیقت، آنچه در این خصوص مورد نظر است چگونگی "قابلیت انتقال آب[3] " در لایه‌های متفاوت نیمرخ خاک است.

در شرایط متعارف، عمق استقرار زهکشهای زیرزمینی در شرایطی نظیر آنچه در دشت‌های مورد آبیاری در کشور حاکم است، ۱/۵–۲/۵ متری انتخاب می‌شود. عمق لایه‌بندی خاک بایستی حداقل دو برابر عمق استقرار محتمل زهکشهای زیرزمینی باشد. بدین دلیل و برای سهولت‌های اجرایی در اکثر شرایط، عمق لایه‌بندی خاک ۵/۰ متر و یا حداکثر ۶/۰ متر برنامه‌ریزی و اجرا می‌گردد.

اطلاع از ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی افق‌های زیرین و بالائی محل قرار گرفتن زهکشهای زیرزمینی از اعتبار زیادی برخوردار است. تعیین روش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاکها منوط به برآورد دقیق لایه محدود کننده [4] در نیمرخ خاک است. بافت خاک نیز در تعیین نوع و ضخامت مواد پوششی زهکشهای زیرزمینی مؤثر می‌باشد.

تشخیص بافت خاک در مطالعات زهکشی با اهمیت است زیرا بافت خاک یکی از ویژگیهای فیزیکی خاک است که ارتباط نزدیکی با میزان هدایت هیدرولیکی و ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد. بطور کلی در خاکهای درشت بافت میزان هدایت هیدرولیکی زیاد و مقدار ظرفیت نگهداری آب در خاک کم و بالعکس در خاکهای ریزبافت مقدار ظرفیت نگهداری آب در خاک زیاد و هدایت هیدرولیکی آن کم است.

مهمترین عواملی که در بررسی لایه‌های خاک مورد توجه قرار می‌گیرند عبارتند از : رنگ، بافت و ساختمان خاک، وجود گچ، آهک، بلورهای نمک، رنگدانه[5]، علایم احیای خاک[6]، پایداری ذرات خاک، وجود ریشه یا بقایای آن، بقایای جانوران خاک‌زی، بوی لجن و مردابی بودن نمونه‌های خاک، میزان مقاومت خاک در مقابل حفاری، مقدار رطوبت خاک طبقات در هنگام حفاری و سطح برخورد به آب زیرزمینی و . . . .

۲-۲-۴-۱- لایه محدود کننده

در بررسی ویژگیهای نیمرخ خاک برآورد عمق لایه محدود کننده از اهمیت زیادی برخوردار است و انجام این مهم از طریق تجزیه و تحلیل مجموعه‌ای از عوامل بیان شده امکان‌پذیر می‌باشد. از میان این عوامل تشخیص صحیح بافت خاک، وجود ذرات درشت و انتقال دهنده آب از جمله بلورهای گچ وذرات شن و سنگریزه وجود رنگدانه و علایم احیای خاک نقش موثرتری را دارا می‌باشند. علاوه بر موارد قابل بررسی مزرعه‌ای که بیان گردید، تعاریف زیر نیز بایستی همواره مورد نظر باشد. در این تعاریف، لایه محدود کننده و لایه غیر قابل نفوذ دارای یک مفهوم هستند.

omoorepeyman.ir

1 - Pedological
2 - Hydrodynamical
3 - Water Transmission
4 - Barrier
5 - Mottling
6 - Gley

لایه غیرقابل نفوذ[1]، طبقه‌ای است با نفوذپذیری کم که بطور پیوسته در بخش قابل توجهی از اراضی گسترش داشته و برای جلوگیری از نفوذ آب ضخامت کافی را داشته باشد. هدایت هیدرولیکی چنین طبقه‌ای بایستی بین ۵ تا ۱۰٪ میانگین هدایت هیدرولیکی لایه‌های بالائی باشد تا آن را بتوان "محدود کننده" تلقی نمود.

لایه محدوده کننده به طبقه‌ای گفته می‌شود که در مقایسه با خاک افقهای بالائی دارای هدایت هیدرولیکی نسبی کمتری بوده و مقاومت زیادی نسبت به جریان‌های عمودی داشته باشد. مقاومت هیدرولیکی افق مشخصه‌ای از نیمرخ خاک را می‌توان بصورت رابطه زیر ارایه نمود:

$$C = \frac{D}{Kv} \qquad (۷-۲)$$

که در آن :

C ، مقاومت هیدرولیکی لایه مورد نظر (برحسب روز)

D ، ضخامت افق مورد نظر (متر یا سانتیمتر)

Kv، هدایت هیدرولیکی قائم لایه مورد نظر (متر یا سانتیمتر در روز)

بر پایه اطلاعات موجود و منتشره، مقادیر زیر برای بیان "مقاومت هیدرولیکی" خاکها ارایه شده است.

- مقادیر C=۲۵۰ یا بیشتر موید وجود لایه غیرقابل نفوذ واقعی در نیمرخ خاک.
- مقادیر C =۵۰ یا کمتر بیانگر عدم وجود لایه محدود کننده در نیمرخ خاک.
- مقادیر ۵۰ تا C =۲۵۰ معرف طبقاتی است که ممکن است دارای محدودیت‌های زهکشی معنی‌داری باشند که در این شرایط بایستی ویژگیهای هیدرولیکی سایر لایه‌های خاک هم جوار را نیز بررسی و سپس قضاوت نمود.

بهرحال، در صورتیکه لایه محدود کننده در اعماق حدود ۲/۰ متری نیمرخ خاک قرار داشته باشد، شاید مناسب‌ترین محل نصب زهکشهای زیرزمینی به روی این لایه غیرقابل نفوذ باشد. در مواردی که لایه مذکور در اعماق کمتر و در طبقات سطحی نیمرخ خاک موجود باشد، عمق و فاصله نصب زهکشهای زیرزمینی کاهش خواهد یافت. همین طور بعلت عدم امکان نفوذ ریشه گیاهان، محدودیتهایی در رشد و نمو گیاهان و در نتیجه، کاهش عملکرد محصول را در پی خواهد داشت. در چنین مواردی لازم است که مطالعات وبررسیهای احتیاطی بیشتری در مورد احداث سیستم زهکشی اعمال گردد.

۲-۲-۴-۲- هدایت هیدرولیکی اشباع خاکها

بطور کلی، جریان آب به سمت زهکشها بطور عمده افقی می‌باشد. هدایت هیدرولیکی افقی اشباع خاک از مهمترین ویژگیهای هیدرودینامیکی خاکها است که در محاسبه فواصل زهکشهای زیرزمینی مورد نیاز می‌باشد.

روشهای متعددی برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاکها وجود دارد*. این اندازه‌گیری‌ها را می‌توان در آزمایشگاه و یا در محل واقعی (مزرعه) بانجام رسانید. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی به دلیل کوچک بودن اندازه نمونه و دست خورده بودن آنها (به رغم اقداماتی که ممکن است جهت تهیه نمونه اعمال گردد) در مطالعات زهکشی از اولویت برخوردار نمی‌باشند. آزمایشهای مزرعه‌ای نیز به نوبه خود به دو گروه زیر سطح ایستابی و بالای سطح ایستابی تقسیم‌بندی می‌گردند. برای اندازه‌گیری میانگین هدایت هیدرولیکی

---

1 - Impervious

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات " دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک"، نشریه شماره ۱۷۴-الف، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۸۱) مراجعه شود. این نشریه توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در حال چاپ و انتشار است.

omoorepeyman.ir

در شرایط زیر سطح ایستابی دو روش معمول و متداول‌تر است که عبارتند از: روش چاهک[1] و روش حفره زیر لوله (روش پیزومتری[2]). روش چاهک یا روش نخست عموماً برای اندازه‌گیری میانگین هدایت هیدرولیکی در لایه‌هایی که آزمایش در آن انجام می‌شود و روش دوم (روش پیزومتری) برای اندازه‌گیری در یک لایه خاص بانجام می‌رسد.

روشهای متداول در اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک در بالای سطح ایستابی عبارتند از: روش چاهک معکوس (پورشه)، روش تزریق به درون چاهک و روش نفوذسنج گلف.

در ایران "روش چاهک" بیش از سایر روشها متداول است و نتایج حاصل از آن ارقام و اعداد مطلوبتر و منطقی‌تری را حاصل می‌نماید. در هر حال بررسیهای بعمل آمده نشان می‌دهد که در خاکهای کشور، همواره این روش نتایج بیشتری را نسبت به سایر روشهای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی بالای سطح ایستابی حاصل می‌نماید بطوری که می‌توان استباط نمود که نتایج حاصل از کاربرد روش چاهک عمدتاً ۳/۰ تا ۴/۰ برابر نتایج حاصل از روش به عنوان مثال چاهک معکوس (پورشه) می‌باشند.

تعداد آزمایشهای صحرائی یا میدانی به وضعیت غیرهمگنی خاکها بستگی دارد، بطوریکه هر چه خاک همگن‌تر باشد آزمایشهای مورد نیاز کمتر است. در ایران با توجه به مراحل مختلف مطالعاتی در طرحهای بزرگ تعداد اندازه‌گیری‌های توصیه شده بشرح زیر است:

- در مرحله شناسایی؛ تراکم شبکه منظم مطالعاتی(۲×۲ کیلومتری)، ۰/۲۵ نقطه در هر یکصد هکتار.
- در مرحله اول؛ تراکم شبکه منظم مطالعاتی (۱×۱ کیلومتری)، ۱/۰ نقطه در هر یکصد هکتار.
- در مرحله دوم؛ تراکم شبکه منظم مطالعاتی (۰/۵× ۰/۵ کیلومتری)، ۴/۰ نقطه در هر یکصد هکتار.

تراکم نقاط اندازه‌گیری در شرایط خاکهای کشور، که بطور عمده مطبق می‌باشند، کم است و این تعداد باید تا آنجائی که امکان دارد، افزایش یابد.

بطوریکه در پی خواهد آمد در شرایط کاربرد معادله‌های زهکشی مبتنی بر جریان ماندگار از جمله «معادله هوخهات» حسب مورد می‌توان از میانگین وزنی (یا هندسی) هدایت هیدرولیکی خاک در شرایط همگن بودن نیمرخ خاک و یا از ارقام هدایت هیدرولیکی لایه‌های مربوطه، به شرط مطبق بودن ستون خاک استفاده نمود. در معادله‌های زهکشی مبتنی بر جریان غیر ماندگار از ارقام اندازه‌گیری شده و یا محاسبه میانگین وزنی (و یا هندسی) مورد استفاده مستقیم قرار می‌گیرد*. در خاکهای دو لایه، میانگین هدایت هیدرولیک از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\overline{K} = \frac{K_1.D_1 + K_2.D_2}{(D_1 + D_2)} \qquad (۸-۲)$$

و یا :

$$K_1 = \frac{\overline{K}(D_1 + D_2) - K_2.D_2}{D_1} \qquad (۹-۲)$$

و :

1 - Auger Hole Method
2 - Piezometer Method

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات " ضوابط طراحی و تعیین فاصله و عمق زهکش‌ها " ، نشریه شماره ۲۵۲- الف، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۸۱) مراجعه شود. این نشریه توسط سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور در حال چاپ و انتشار است.

omoorepeyman.ir

$$K_۲ = \frac{\overline{K}(D_۱ + D_۲) - K_۱.D_۱}{D_۲} \qquad (۱۰-۲)$$

به همین ترتیب، می‌توان میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی خاک را در خاکهای چند لایه نیز به دست آورد.

که در آن : $\overline{K}$، میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی ستون خاک به ضخامت {$D=(D_۱+D_۲)$} برحسب متر یا سانتیمتر در روز، $K_۱$ و $K_۲$ ، به ترتیب هدایت هیدرولیکی لایه نخست ($D_۱$) و لایه دوم ($D_۲$) و $D_۱$ و $D_۲$ به ترتیب ضخامت لایه‌های اول و دوم در نیمرخ خاک برحسب متر یا سانتیمتر می‌باشد.

بهمین ترتیب، هرگاه ضخامت لایه‌های خاک ($D_۱$ ، $D_۲$ و... D_n) حدوداً برابر باشند و ضرایب آبگذری (هدایت هیدرولیکی) منتسب به آنها برابر با $K_۱$ ، $K_۲$ و... K_n باشد میانگین هندسی آن را می‌توان بصورت زیر محاسبه نمود.

$$\overline{K}G = (K_۱.K_۲ \ ....Kn)^{۱/n} \qquad (۱۱-۲)$$

که در آن : n تعداد داده‌ها و بُعد $\overline{K}G$، $K_۱$ ، $K_۲$ و... Kn نیز برحسب متر یا سانتیمتر در روز است.

تذکر: مزیت میانگین هندسی نسبت به میانگین حسابی در آن است که کمتر تحت تأثیر داده‌های بیش از حد بزرگ و یا کوچک قرار می‌گیرد، بدین دلیل کاربرد آن در عرف امور مهندسی متداول‌تر می‌باشد.

از آنجا که فاصله زهکشها با جذر هدایت هیدرولیکی خاک متناسب است، تغییرات جزئی و حتی نسبتاً زیاد در مقدار عددی هدایت هیدرولیکی خاکها تأثیر آنچنان زیادی را برروی تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی نخواهد داشت.

۲-۲-۴-۳- تأثیر غیر همروندی[1] و مطبق بودن[2] نیمرخ خاکها

خاکهای رسوبی در اکثر حالات از چندین لایه (افق) با مواد متفاوت تشکیل شده‌اند که در شرایطی هدایت هیدرولیکی آنها نیز متفاوت است. بدین ترتیب بایستی مقدار هدایت هیدرولیکی معادل[3] برای آن برآورد یا محاسبه نمود. علاوه بر این، هدایت هیدرولیکی قائم و افقی بسیاری از خاکها با یکدیگر تفاوت زیاد دارندکه به این نوع خاکها غیر همروند گفته می‌شود.

نوعی مدل برای اصلاح چنین شرایطی ابداع گردیده است. در این مدل ضریب غیرهمروندی که عبارت است از نسبت بین هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی لایه‌ای از خاک می‌باشد، معرفی شده است [$R_K=(K_h/K_V)$]. در این مدل، مقدار هدایت هیدرولیکی معادل و همروند برای لایه‌ای از خاک (K') برابر با میانگین هندسی مقادیر هدایت هیدرولیکی افقی (K_h) و عمودی (K_V) می‌باشد.

$$K' = \sqrt{K_h.K_V} = [K_h.K_V]^{۰/۵} \qquad (۱۲-۲)$$

علاوه بر آن، ضخامت هر لایه از طریق ضرب نمودن ضخامت واقعی لایه خاک (D) در جذر ضریب غیرهمروندی بشرح زیر حاصل می‌گردد.

$$D' = D.\sqrt{R_K} = D.[R_K]^{۰/۵} \qquad (۱۳-۲)$$

1 - Soil Anisotropy
2 - Soil Stratification
3 - Equivalent Value

omoorepeyman.ir

در خاکهای مطبق، هرگاه نیمرخ خاک مشتمل بر تعدادی لایه (n) باشد، مقادیر متوسط هدایت هیدرولیکی افقی (K_h) و عمودی (K_V) را می‌توان از طریق کاربرد روابط زیر محاسبه نمود:

$$K_h = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_{hi} \cdot D_i}{\sum_{i=1}^{n} D_i} \qquad (۱۴-۲)$$

و

$$K_V = \frac{\sum_{i=1}^{n} D_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{D_i}{K_{Vi}}} \qquad (۱۵-۲)$$

مشخص کردن حالت غیرهمروندی در مزرعه کار ساده‌ای نیست. زیرا در روشهای اندازه‌گیری متداول، عمدتاً هدایت هیدرولیکی افقی نیمرخ خاک (K_h) حاصل می‌گردد. بهر حال عدم توجه به غیرهمروندی ممکن است نیز موجب خطاهای قابل ملاحظه‌ای گردد. برای خاکهای مطبق که شرایط لایه‌ای در نیمرخ خاک آنها بوضوح قابل تشخیص می‌باشد، نسبت [(K_h / K_V)=۱۶] برآورد بهتری از نادیده گرفتن حالت غیرهمروندی که در آن شرایط این نسبت معادل واحد فرض می‌شود، حاصل می‌نماید.

۲-۲-۴-۴- رابطه بین بافت خاک و هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های زیرین خاک

جدول (۲-۹) رابطه بین بافت انواع خاکها و هدایت هیدرولیکی اشباع آنها را در لایه‌های زیرین نیمرخ خاکها نشان می‌دهد.

جدول (۲-۹)- رابطه بین بافت خاکها و هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های زیرین نیمرخ خاک

ردیف	نام توصیفی بافت خاک	علامت اختصاری برای بیان بافت خاکهای مربوطه	هدایت هیدرولیکی اشباع خاکها		
			نام توصیفی	سانتیمتر در ساعت	متر در روز
۱	سبک (L)	(SL)، (LS)،(S)	خیلی سریع (۱) سریع (۲)	>۲۵/۰ ۲۵/۰-۶/۰	>۶/۰ ۶/۰-۱/۴۵
۲	متوسط(M)	(SiL)،(L)	متوسط (۳)	۶/۰-۲/۰	۱/۵۰-۰/۵۰
۳	نسبتاً سنگین(MH)	(SiCL)، (CL)،(SCL)	متوسط (۳)	۶/۰-۲/۰	۱/۵۰-۰/۵۰
۴	سنگین (H)	(Si)،(SC)	آهسته (۴) بسیارآهسته (۵)	۲/۰-۰/۱ <۰/۱	۰/۵۰-۰/۰۲۵ <۰/۰۲۵
۵	بسیارسنگین (VH)	(C)،(SiC)	آهسته (۴) بسیارآهسته (۵)	۲/۰-۰/۱ <۰/۱	۰/۵۰-۰/۰۲۵ <۰/۰۲۵

(۴) برای خاکهای با ساختمان غیرفشرده (None Massive)

(۵) برای خاکهای با ساختمان فشرده (Massive)

بطوریکه از جدول فوق استنباط می‌گردد هدایت هیدرولیکی اشباع لایه‌های زیرین در نیمرخ خاکها به شدت به بافت و ساختمان خاک (فشرده یا غیره فشرده بودن) آن بستگی دارد.

omoorepeyman.ir

این جدول تنها به عنوان راهنما مورد استفاده قرار گیرد. در هر حال، آنچه در روابط زهکشی از آنها استفاده می‌شود، هدایت هیدرولیکی خاک بر اساس اندازه‌گیری‌های صحرائی است.

۲-۲-۴-۵- آبدهی ویژه یا درصد تخلخل قابل زهکشی (موثر) اراضی

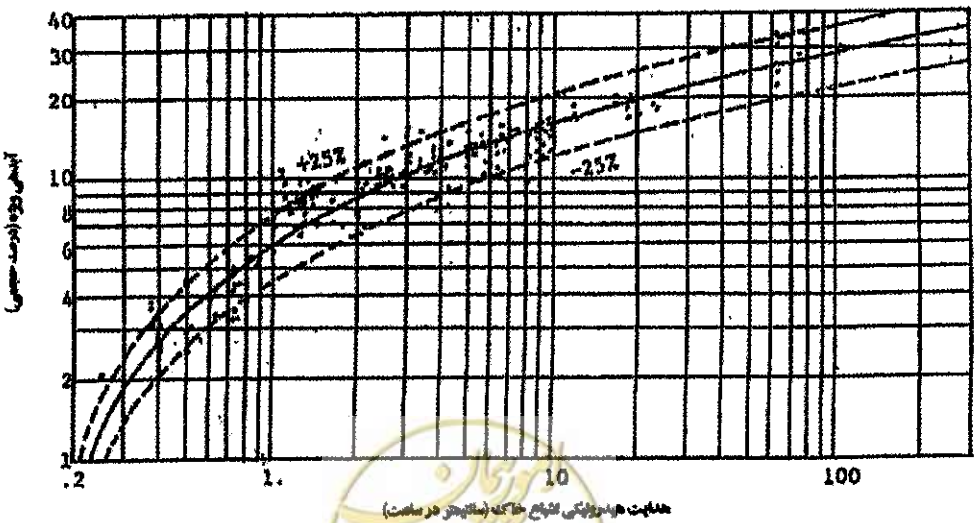
آبدهی ویژه یا ضریب تخلخل موثر (قابل زهکشی) اراضی را می‌توان بطور مستقیم از طریق برداشت نمونه‌های دست نخورده، در آزمایشگاه فیزیک خاک تعیین نمود. متأسفانه چنین آزمونهائی دقت لازم را نداشته و کاربرد عملی آن با اشکالاتی به همراه است، ضمن آنکه روش پر هزینه‌ای نیز محسوب می‌گردد. از جمله عوامل مهم در پر هزینه بودن این روش، تعدّد نمونه‌برداری‌ها از نیمرخ خاک می‌باشد.

در روش آزمایشگاهی تعیین ضریب آبدهی ویژه یا تخلخل موثر خاک، ابتدا بایستی نسبت به تهیه نمونه دست نخورده خاک، از خاکهای معرف منطقه اقدام کرد. پس از آن لازم است که ارقام اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه با ساختمان و بافت خاک مربوطه تطبیق و از نظر همبستگی کنترل شود. در مرحله بعد ایجاب می‌نماید که اطلاعات حاصله با ارقام تجربی و نظری دیگر نیز سنجیده و مقایسه گردد. حتی پس از آن، تنها می‌توان از چنین ارقامی به تناسب گروههای مختلف خاکهای منطقه بطور موقت استفاده نمود.

از آنجائیکه آبدهی ویژه یا تخلخل موثر مقدار آب موجود در خاک است که تحت تأثیر نیروی ثقل و سایر نیروهای داخلی خاک از آن خارج می‌شود و بطور معمول، سهم نیروی ثقل چندین برابر سایر نیروهای داخلی است، بنابراین آبدهی ویژه تقریباً برابر مقدار آبی است که بین حد اشباع[1](SP) و ظرفیت مزرعه[2](FC) قرار دارد. بطور معمول برای برآورد آبدهی ویژه از روشهای تجربی استفاده می‌شود. در یکی از این روشهای تقریبی، مقدار آبدهی ویژه از رابطه زیر تخمین زده می‌شود.

$$S=۰/۱\ [K]^{۰/۵} \qquad (۱۶-۲)$$

که در آن: S آبدهی ویژه یا تخلخل قابل زهکشی (موثر) بصورت (اعشاری) و K، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک برحسب (متردر روز) می‌باشد. روش دیگر در این خصوص، استفاده از شکل (۲-۱) رابطه بین میزان آبدهی ویژه (درصد حجمی) و هدایت هیدرولیکی خاک (سانتیمتر در ساعت) می‌باشد که براساس نتایج تعداد قابل ملاحظه‌ای آزمون حاصل گردیده است.



شکل۲-۱- رابطه بین میزان آبدهی ویژه (درصد حجمی) و هدایت هیدرولیکی خاک (سانتی‌متر در ساعت)

1 - Saturation Percentage
2 - Field Capacity

omoorepeyman.ir

تجربیات نشان داده است که کاربرد نتایج حاصل از معادله (۲-۱۶) و یا استفاده از شکل یادشده برآوردهای مشابهی را حاصل می‌نماید. بهرحال بایستی اذعان نمود که حتی اگر در برآورد یا تخمین میزان درصد آبدهی ویژه خاک اشتباهی در حدود ۲۵٪± اتفاق افتد نتیجه این میزان اشتباه یا خطا در محاسبه فاصله زهکشهای زیرزمینی حداکثر حدود ۱۰٪± خواهد بود.

نکته : بهتر آنست که ابتدا مقدار آبدهی ویژه (تخلخل موثر) از طریق رابطه (۲-۱۶) بدلیل سهولت‌های کاربردی محاسبه (برآورد) گردیده و سپس جهت حصول اطمینان موارد از طریق شکل گفته شده، مقایسه و کنترل گردد.

۲-۲-۵- ملاحظات اقتصادی و امکانات اجرائی در تعیین عمق بهینه استقرار زهکشهای زیرزمینی

علاوه بر عوامل فیزیکی (توپوگرافی، شیب و...) و هیدرولیکی که قبلاً مورد اشاره قرار گرفت، هزینه احداث زهکشهای زیرزمینی بطور عمده مربوط به عمق نصب، قطر لوله‌های زیرزمینی، نحوه تهیه و کاربرد مواد پوششی، ساختمانهای حفاظتی و بازبینی و کنترل نحوه عملکرد زهکشهای زیرزمینی می‌باشد. بنابر این لازم است جنبه‌های اقتصادی احداث و تعیین عمق "بهینه" نصب زهکشهای زیرزمینی نیز مورد بررسی و توجه قرار گیرد.

بطور کلی بر پایه روابط موجود، برای هر ناحیه معین با ویژگیهای فیزیکی و هیدرودینامیکی مشخص، افزایش عمق نصب زهکشهای زیرزمینی موجب افزایش فاصله بین زهکشها می‌گردد. بعبارتی دیگر، افزایش در عمق کارگذاری از یک جهت موجب افزایش هزینه‌های عملیاتی و اجرائی در واحد طول گردیده و از طرف دیگر بدلیل افزایش فاصله، در نهایت باعث کاهش طول خط زهکش در واحد سطح (هکتار) می‌گردد که در نتیجه کاهش هزینه‌های مربوطه را بهمراه خواهد داشت.

به این ترتیب می‌توان اذعان نمود که فاصله و عمق استقرار زهکشها هر دو به یکدیگر مرتبط می‌باشند. زیرا هرچه عمق نصب زهکشها بیشتر شود فاصله بین دو خط زهکشی ازدیاد حاصل می‌نماید و در نتیجه آن تراکم عملیات زهکشی و به تبع آن هزینه‌های نصب زهکش زیرزمینی کاهش می‌یابد. که برای بیان این موضوع رابطه زیر را می‌توان ارایه نمود:

$$C_I = (\frac{۱۰۰۰۰}{L}).Cu \qquad (۲-۱۷)$$

که در آن:

C_I ، هزینه‌های نصب سیستم زهکشی (برحسب واحد پول در هکتار)، (۱۰۰۰۰/L) معرف تراکم سیستم زهکشی (متر در هکتار)، L، فاصله بین دو خط زهکش (متر)، Cu، هزینه نصب بازاء واحد طول زهکش مزرعه‌ای (برحسب واحد پول در متر) می‌باشد.

عملیات احداث زهکشهای زیرزمینی، توسط ماشینها و تجهیزات مربوطه در شرایط متعارف در هر یک از مراحل حفر ترانشه، لوله‌گذاری، کاربرد مواد پوششی (فیلترسازی)، پر نمودن مجدد ترانشه و... مقدور می‌باشد. کارخانجات سازنده اینگونه ماشین‌ها، عمق حفر ترانشه را حدود ۳/۰ متر در مشخصات فنی ذکر می‌نمایند، لیکن با توجه به خاکهای رسی و سنگین بافت، بخصوص در افق‌های زیرین آنهم در دشتهای رسوبی کشور، عمق اجرایی این قبیل ماشین‌ها قابل بررسی بوده که می‌توان از نتایج حاصله در جهت تعدیل عمق کارگذاری زهکشهای زیرزمینی استفاده نمود.

omoorepeyman.ir

۲-۳- تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی

۲-۳-۱- اهمیت موضوع

در شرایط مزرعه‌ای، میزان آب خاک بطور دایم در حال تغییر می‌باشد. چگونگی این تغییر با زمان و فصل رویش گیاه تفاوت می‌نماید؛ بطوریکه دامنه این تغییرات از حد نقطه پژمردگی تا شرایط اشباع کامل نیمرخ خاک زیر سطح ایستابی متغیر است. شاخص تنش روزانه[1](SDI) ، برای کّمی نمودن حدود این متغیر برای دوره‌های کوتاه مدت و یا کل دوره رویش تعریف شده است. بیان ریاضی این مفهوم به شرح زیر است:

$$SDI = \sum_{i=1}^{N} (SD_i \times CS_i) \qquad (۱۸-۲)$$

که در آن :

SDI ، شاخص تنش روزانه (برحسب سانتیمتر- روز)

SD_i ، عامل تنش روزانه برای دوره i (برحسب سانتیمتر- روز)

CS_i ، فاکتور حساسیت گیاه[2] در دوره i و

N، تعداد دوره‌های رویش گیاه.

عامل تنش روزانـه (SD) بـرای بیان شرایط و نوسانات قابل ملاحظه سطح ایستابی در سـال (۱۹۶۰) توسعه یافته است که تحت عنوان "مجموع مقادیر آب اضافی یا SEW" نامیده و بصورت زیر ارایه می‌شود:

$$SEW_d = SD_i = \sum_{i=1}^{n} (d - x_i) \qquad (۱۹-۲)$$

در معادله گفته شده :

SEW_d، مجموع مقادیر آب اضافی زیادتر از عمق d (برحسب سانتیمتر- روز)

d ، عمق بحرانی سطح ایستابی زیر سطح خاک (برحسب سانتیمتر)

x، مقادیر روزانه اندازه‌گیری شده سطح آب (سانتیمتر) و

n، تعداد روزهای دوره رشد مربوطه.

توجه : مقادیر منفی مجموع مقادیر آب اضافی (SEW) که با استفاده از معادله (۲-۱۹) حاصل می‌گردد را می‌توان برابر صفر فرض کرد، زیرا عمق سطح ایستابی پایین‌تر از عمق (d) فرض می‌گردد که برروی عملکرد محصول هیچ گونه اثری ندارد. عمق بحرانی (d) بطور معمول برای مناطق مرطوب معادل ۳۰ سانتیمتر منظور می‌گردد. بنابراین هرگاه d=۳۰ سانتیمتر و عمق متوسط سطح ایستابی در مزرعه برای مدت ده روز برابر با ۲۰ سانتیمتر باشد مقدار "مجموع مقادیر آب اضافی (SEW)" برابر با یکصد سانتیمتر- روز خواهد شد.

1 - Stress Day Index
2 - Crop Susceptibility Factor

omoorepeyman.ir

هرگاه عمق بحرانی (d) بطور معمول برای مناطق خشک و نیمه خشک معادل ۱۰۰ سانتیمتر منظور شود و عمق متوسط سطح ایستابی در مزرعه برای مدت مشابه برابر با ۹۰ سانتیمتر باشد، مقدار عامل مورد نظر (SEW) در چنین حالتی نیز برابر با یکصد سانتیمتر- روز خواهد بود.

عامل حساسیت گیاه (CS) بیان شده در رابطه (۲-۱۸) وابسته به گونه گیاهی و مرحله رویش گیاه می‌باشد. بطور کلی مراحل رویش اکثر گیاهان مشتمل بر پنج دوره مشخصه است که برای گیاهان فصلی و یکساله سه مرحله: رشد رویشی، مرحله به گل رفتن و دوره رسیدن (بلوغ گیاه) از جمله مهمترین مراحل محسوب می‌گردند.

تحقیقات نشان داده است که در مرحله شروع رشد رویشی مقدار عامل حساسیت گیاه (CS) برای ذرت ۰/۵ و برای لوبیای روغنی یا سویا معادل ۰/۳ می‌باشد.

بطور کلی گیاهچه‌ها بلافاصله پس از جوانه زدن و قبل از شروع دوره رشد رویشی به شرایط غرقابی شدن، حساس می‌باشند. در مرحله بلوغ مقدار عامل حساسیت گیاه بسیار کم و حتی گاه نزدیک به صفر نیز تنزل می‌یابد که این امر نمایانگر آنست که میزان اثر آن بر عملکرد محصول ناچیز است. از طرفی، بررسیهای بانجام رسیده نشان می‌دهد که همبستگی مناسبی بین "عامل تنش روزانه یا SDi" و عملکرد محصولات وجود دارد. بطور خلاصه آنکه "فرایند بیان عامل تنش روزانه" مورد قبول قرار گرفته و در مدلسازی فرایندهای رشد و پیش‌بینی عملکرد محصول گیاهان مورد استفاده می‌باشد. در مناطق مرطوب در اغلب شرایط فاصله زهکشهای زیرزمینی در محدوده‌های ۱۰-۵۰ متر و گاه حتی تا میزان ۱۰۰ متری در خاکهای با نفوذپذیری زیاد طراحی و اجرا می‌گردد. در شرایط خاصی که گیاهان از ارزش قابل ملاحظه‌ای برخوردار باشند، فاصله زهکشهای زیرزمینی بین ۱۰-۱۵ متر نیز بکار گرفته می‌شود. این در شرایطی است که در مناطق تحت آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک، اعمال فواصلی در حدود ۵۰-۲۰۰ متر متداول می‌باشد. در جدول (۲-۶) مقادیر متوسط ضریب زهکشی (عمقی) برای اراضی تحت آبیاری ارایه گردیده است. با توجه به آنچه در بالا بیان گردید و به جهت مقایسه، ضریب زهکشی زیرزمینی برای مناطق مرطوب، جدول (۲-۱۱) ارائه شده است.

جدول (۲-۱۰)- مقادیر ضریب زهکشی (زیرزمینی) برای اراضی مناطق مرطوب

ردیف	نوع پوشش گیاهی و وضعیت زهکشی سطحی اراضی		ضریب زهکشی (میلیمتر در روز) [a]	
			خاکهای معدنی (رسی و سیلتی)	خاکهای غیرمعدنی (آلی)
۱	گیاهان زراعی	عادی (نرمال) [b]	۱۰-۱۳	۱۳-۲۰
۲		بدون ورودی سطحی	۱۳-۲۰	۲۰-۲۵
۳		با ورودی سطحی	۱۳-۲۵	۲۵-۳۸
۴	درختان تنومند	عادی (نرمال) [b]	۱۳-۲۰	۲۰-۳۸
۵		بدون ورودی سطحی	۲۰-۲۵	۳۸-۵۰
۶		با ورودی سطحی	۲۵-۳۸	۵۰-۱۰۰

a ، این مقادیر ممکن است با توجه به نوع خاک و شرایط پوشش گیاهی تغییر نمایند. در صورت وجود مقادیر تجربه شده محلی بهتر آنست که آن ارقام بکار گرفته شوند.

b ، در حالت کفایت وضعیت زهکشی سطحی در شرایطی که خروجی‌های آن به سایر زهکشها و یا انهار موجود تخلیه شود.

مقادیر مندرج در جدول بالا ارقام توصیه شده و کلی می‌باشند. برای تعیین ارقام مناسب لازمست "ضریب زهکشی" به نحوی انتخاب گردد که با سهولت نسبی قادر به تخلیه میزان آب اضافی از درون نیمرخ خاک باشد بدون آنکه برای گیاهان مورد عمل

omoorepeyman.ir

خسارت جدی حاصل نماید. در شرایطی که سازندهای افق‌های زیرین نیمرخ خاک ماسه (شن) و یا مواد متخلخل مشابه‌ای باشند، می‌توان نسبت به تعدیل ارقام توصیه شده اقدام نمود. به هرصورت هرگاه مقدار ضریب زهکشی و یا افت سطح ایستابی معلوم باشد، از طریق کاربرد تخلخل قابل زهکشی می‌توان نسبت به محاسبه ضریب زهکشی اقدام نمود. بعنوان مثال هرگاه افت سطح ایستابی معادل ۰/۳ متر در روز و تخلخل موثر ۳٪ باشد، ضریب زهکش عمقی محاسبه شده معادل ۹/۰ میلیمتر در روز خواهد بود.

فاصله زهکشها تحت تأثیر میزان روانابی است که بایستی بوسیله زهکشهای زیرزمینی تخلیه گردد. گرچه که این عامل در معادلات تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی ملحوظ نگردیده، اثر این عامل در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول (۲-۱۱)- فواصل زهکشهای زیرزمینی در شرایط وجود یا عدم وجود زهکش سطحی

ردیف	فرونشست سطح ایستابی (میلیمتر در روز)	فواصل زهکشهای زیرزمینی (متر)	
		با وجود زهکش سطحی	بدون وجود زهکش سطحی
۱	۱۰۰	۲۲/۰	۱۳/۰
۲	۲۰۰	۱۴/۰	۸/۰
۳	۳۰۰	۱۰/۰	۶/۰

توجه : محاسبه فواصل زهکشهای زیرزمینی از طریق اندازه‌گیری‌های جریان از زهکشی که در خاکهای رسی سیلتی با فواصل ۱۲متر و عمق نصب ۰/۹ متر در شرایطی که سطح ایستابی اولیه در نزدیکی سطح زمین قرار داشته، بانجام رسیده است.

با عنایت به ارقام مندرج در جدول بالا ملاحظه می‌گردد که برای میزان معین افت سطح ایستابی، در صورت وجود زهکش سطحی، فاصله زهکشهای زیرزمینی تا میزان ۷۰٪ افزایش نشان می‌دهد. هم چنین لازم به ذکر است که برای قطعاتی که مجهز به هر دو سیستم زهکش سطحی و زیرزمینی بوده‌اند، نیمی از جریان حاصل از بارندگی با تناوب وقوع ده ساله از طریق سیستم زهکشی سطحی و نیم دیگر آن بوسیله سیستم زهکشی زیرزمینی تخلیه و دفع گردیده است.

بطور کلی، فاصله و عمق نصب زهکشهای زیرزمینی بطور قابل ملاحظه‌ای با هدایت هیدرولیکی اشباع خاکها، نحوه مدیریت‌های زراعی و بخصوص نوع گیاه مورد عمل و ویژگیهای زهکشی سطحی اراضی بستگی دارد. در شرایط اعمال عملیات مناسب مدیریتی برروی گیاه و خاکهای مورد بهره‌برداری، اعماق و فواصل معمول زهکشهای زیرزمینی مزرعه‌ای در محدوده ارقام و اطلاعات ارایه شده در جدول زیر است.

جدول (۲-۱۲)- متوسط عمق و فاصله برای نصب زهکشهای زیرزمینی مزرعه‌ای

	نوع خاک	نام توصیفی هدایت هیدرولیکی خاک	فاصله زهکشها ی زیرزمینی (متر)	عمق نصب زهکشهای زیرزمینی (متر)
۱	رسی	خیلی آهسته	۹-۱۵	۱/۱-۰/۹
۲	رسی لومی	آهسته	۱۲-۲۱	۱/۱-۰/۹
۳	لومی (بطور متوسط)	تقریباً آهسته	۱۸-۳۰	۱/۲-۱/۱
۴	شنی لومی ریزدانه	متوسط	۳۰-۳۷	۱/۴-۱/۲
۵	شنی لومی	تقریباً سریع	۳۰-۶۰	۱/۵-۱/۲
۶	پیت و ماخ	سریع	۳۰-۹۰	۱/۵-۱/۲
۷	خاکهای تحت آبیاری	متغیر	۴۵-۱۸۰	۱/۵-۳/۰

omoorepeyman.ir

طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی مشتمل بر تهیه طرح کلی و چگونگی آرایش خطوط زهکشی، انتخاب نوعی خروجی (محل تخلیه و دفع زه‌آبهای حاصله) مطلوب، محاسبه عمق و فواصل مناسب زهکشهای مزرعه‌ای محاسبه طول و قطر زهکشهای زیرزمینی (فرعی و جمع کننده)، انتخاب مواد و مصالح مناسب و متعلقات مربوطه از جمله ورودی‌های سطحی و ابنیه خروجی سیستم می‌باشد.

همانگونه که در مبحث قبل بیان گردید نظریه های جریانهای زهکشی که معادلات متعددی بر مبنای آنها جهت تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی ارائه گردیده مشتمل بر: نظریه و فرض ماندگار و غیرماندگار بودن جریان می‌باشد. برای کاربرد هر کدام ازاین روابط لازم است مراحل تواتری زیر به مورد اجرا در آید:

- تعیین ضریب زهکشی (زیرزمینی) و یا ارتفاع سطح ایستابی بین دو خط زهکش.
- برآورد هدایت هیدرولیکی و سایر ویژگی‌های مورد نیاز نیمرخ خاکها نظیر عمق لایه محدود کننده
- انتخاب عمق مناسب و مطلوب نصب زهکشهای زیرزمینی.
- محاسبه فاصله بین دو خط زهکشی با توجه به بررسی‌های بیان شده.

۲-۳-۲- نظریه ماندگار بودن جریان

در این حالت فرض می‌شود که میزان شدت تخلیه که بایستی بوسیله زهکشهای زیرزمینی خارج شوند، معادل ریزش‌های آسمانی و یا نفوذ عمقی در امر آبیاری است. در نتیجه، سطح ایستابی تابعی از زمان نبوده و بدون تغییر باقی می‌ماند. در عمل میزان بارندگی و مقدار آب کاربردی آبیاری توزیع یکسان و یکنواختی ندارد. بنابراین با فرضیات بکار رفته در معادلات مبتنی بر حالت ماندگار مغایر است. معمولاً در مناطق مرطوب با توزیع بارندگی یکنواخت و یا در اراضی پست که لایه‌های تحت فشار آب زیرزمینی در سرتاسر منطقه‌ای وجود داشته باشد کاربرد معادلاتی که با فرض ماندگار بودن جریان حاصل گردیده‌اند، بعلت سادگی کاربرد، مورد استفاده دارد. در عمل ثابت شده است که حتی در سایر مناطق نیز استفاده از این روابط می‌تواند نتایج قابل قبولی را به دست دهد، مشروط برآنکه دقت کافی در کاربرد پارامترهای آن به کار رفته باشد.

- **معادله هوخهات**[1]

فاصله زهکشهای زیرزمینی را می‌توان از طریق کاربرد روابط متعددی که برای شرایط متفاوت به دست آمده‌اند، محاسبه نمود. این روابط برای بیان کمی روابط بین عوامل مختلف که موجد جریان آب به طرف زهکش است از قبیل : هدایت هیدرولیکی خاک (K)، بار آبی (بار هیدرولیکی) یا ارتفاع سطح ایستابی در بخش فوقانی محل استقرار زهکش (m)، فاصله زهکشها (L)، محل قرار گرفتن لایه غیرقابل نفوذ در نیمرخ خاک (D) و بالاخره شدت تخلیه یا ضریب زهکشی (q) سودمند می‌باشند. یکی از معروفترین معادلات تعیین فاصله زهکشها که با فرض ماندگار بودن جریان توسعه یافته است معادله هوخهات (۱۹۳۶) می‌باشد. این معادله مبتنی بر فرضیه‌های دوپوئی- فورشهیمر[2] می‌باشد که تعدیل‌های لازمه بوسیله لوتین[3] (۱۹۶۵) برای لحاظ نمودن همگرائی جریان در نزدیکی زهکشها در آن بانجام رسیده است. شکل کلی و تعدیل شده معادله هوخهات بصورت زیر است :

1 - Hooghoudt
2 - Dupit-Forchheimer
3 - Luthin

omoorepeyman.ir

$$L^2 = \frac{8K.de.m}{q} + \frac{4K.m^2}{q} \qquad (۲۰-۲)$$

این معادله را بشکل ساده‌تر زیر نیز می‌توان نوشت.

$$L = \left[\frac{8K.m(de + 0/5m)}{q}\right]^{0/5} \qquad (۲۱-۲)$$

در روابط فوق علائم بکار رفته دارای معانی و ابعاد زیر می‌باشند.

L ، فاصله بین دو خط زهکشی (متر)

K ، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (متر در روز)

q ، شدت تخلیه یا ضریب زهکشی (متر یا میلیمتر در روز)

m ، ارتفاع سطح ایستابی در بخش فوقانی محل استقرار زهکشها (متر)

de، عمق معادل هوخهات (متر) که با معلوم بودن فاصله محل استقرار زهکشهای زیرزمینی از لایه غیرقابل نفوذ (D) و فاصله بین دو خط زهکشی از طریق جداول و یا شکل (۲-۲) قابل محاسبه و کاربرد می‌باشد.در معادله بالا عبارت (de +۰/۵ m) معرف ضخامت متوسط لایه خاک است که جریان از درون آن عبور می‌نماید. هرگاه این عبارت با $\overline{D}$ نمایش داده شود معادله بالا بشکل ساده‌تر زیر در می‌آید:

$$L = \left[\frac{8K.\overline{D}.m}{q}\right]^{0/5} \qquad (۲۲-۲)$$

که در آن :

$K\overline{D}$ ، ضریب انتقال پذیری نیمرخ خاک (مترمربع در روز) می‌باشد.

معادله هوخهات در شرایط متعارف برای کاربرد در خاکهای همگن توسعه یافته است لیکن امکان کاربرد آن برای خاکهای دو لایه مشروط به آنکه محل استقرار زهکشهای زیرزمینی در حد فاصل دو افق مشخصه نیمرخ خاک باشد نیز وجود دارد. در این حالت هر گاه هدایت هیدرولیکی لایه‌های فوقانی و زیرین در نیمرخ خاک به ترتیب با علائم Kt و Kb بیان گردند، معادله اصلی برای کاربرد در چنین شرایطی به شکل زیر در می‌آید:

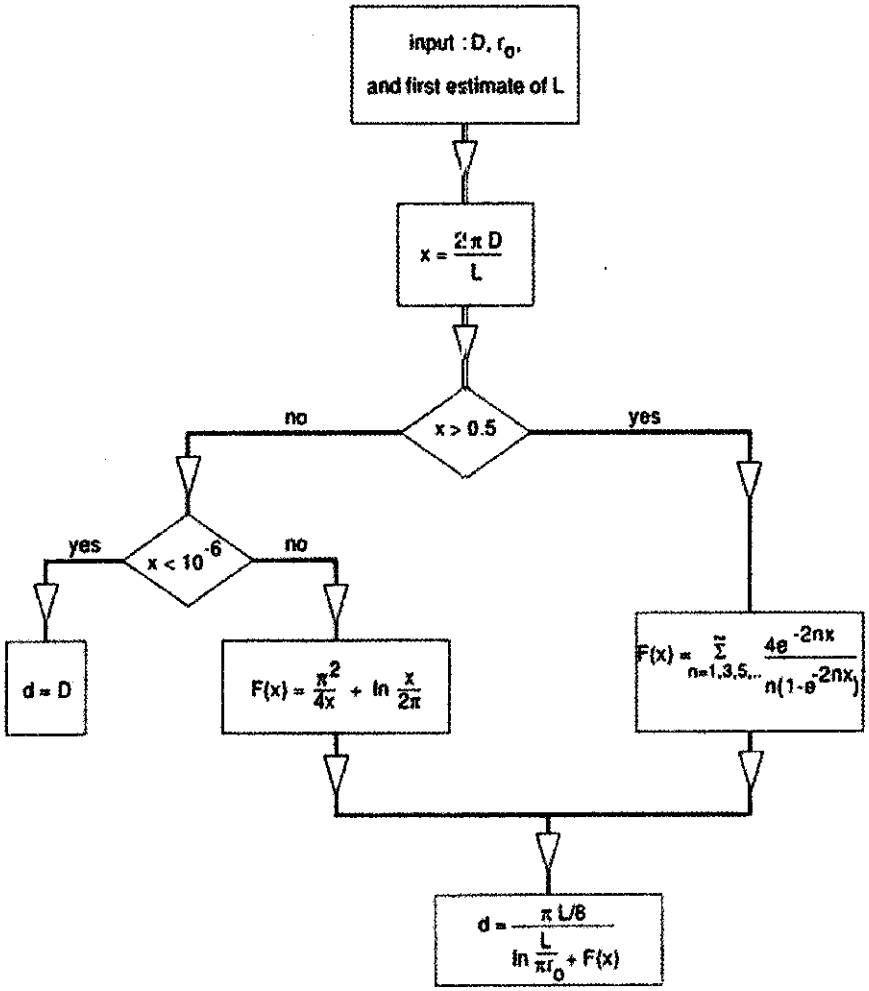
$$L^2 = \frac{8Kb.de.m + 4Kt.m^2}{q} \qquad (۲۳-۲)$$

و یا بصورت ساده‌تر زیر نیز نوشته می‌شود :

$$L = \left[\frac{8m(Kb.de + 0/5Kt.m)}{q}\right]^{0/5} \qquad (۲۴-۲)$$

در شرایطی که محل قرار گرفتن زهکشها برروی لایه غیرقابل نفوذ باشد (D=0) معادله هوخهات به شکل ساده زیر قابل ارائه خواهد بود:

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۲- راهنمای محاسبه عمق معادل "هوخهات" برای کاربرد در روابط تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی به روشهای همگام (ماندگار، معادله هوخهات) و غیر همگام (غیرماندگار، رابطه گلاور-دام) در این راهنما واژه (r_o) نشانه شعاع لوله‌های زهکشی زیرزمینی است

$$L = \left[\frac{۴K.m^{۲}}{q}\right]^{۰/۵} \qquad (۲۵-۲)$$

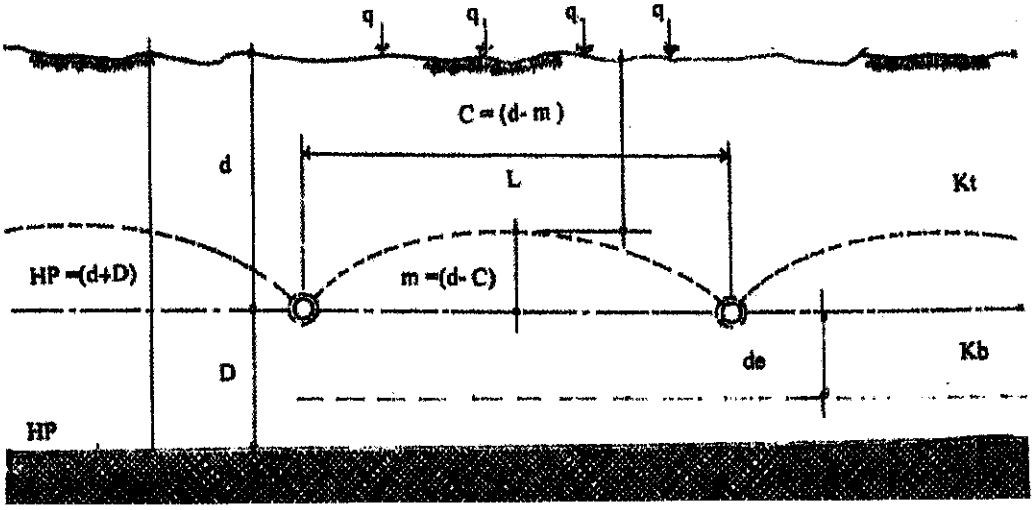
و هرگاه لایه غیرقابل نفوذ در نیمرخ خاک در اعماق نسبی قابل توجهی قرار داشته باشد، (D>>m) عبارت دوم در صورت کسر معادله اصلی قابل اغماض بوده و معادله بشکل ساده زیر در می‌آید:

$$L = \left[\frac{۸K.de.m}{q}\right]^{۰/۵} \qquad (۲۶-۲)$$

کلیه علائم بیان شده در معادلات اخیر معانی و ابعاد پیشین را دارا می‌باشند.

علائم و نشانه‌های بکار رفته در معادله هوخهات و حالت تعدیل شده آن در شکل (۲-۳) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



شکل ۲-۳- علائم و نشانه‌های به کار رفته در اشتقاق معادله "هوخهات" و حالت تعدیل شده آن

۲-۳-۳- نظریه غیر ماندگار بودن جریان

بطوریکه قبلاً بیان شد، گرچه پیش فرض‌های ماندگار بودن جریان‌های نفوذی به خاک طی یک دوره کاربرد معادلات تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی را که مبتنی بر حالت ماندگار است را مجاز می‌دارد ولیکن می‌توان از روابط مبتنی بر جریانهای غیر ماندگار نیز در تعیین فاصله زهکشها استفاده بعمل آورد. در این خصوص بهتر است به ترکیب کشت موجود در الگوی زراعی نیز مدنظر قرار گیرد. جریانهای ورودی به خاک در زمانهای مختلف، متفاوت است. به عبارت دیگر، مقدار جریانهای نفوذی به خاک تابعی از زمان است. در نتیجه آن، سطح ایستابی نیز همواره نوسان خواهد داشت.

- **معادله گلاور- دام**

در شرایط واقعی مزرعه‌ای، معمولاً شرایط جریان غیر ماندگار حاکم است. یکی از عملی‌ترین و مناسب‌ترین معادلات در این زمینه رابطه گلاور-دام[1] (۱۹۶۰) می‌باشد. شکل تعدیل شده این معادله بصورت زیر است:

$$L = \pi\left[t.K(de + ۰/۵Y_o)/S\right]^{۰/۵} \cdot \left[\ln ۱/۱۶(Y_o/Y_t)\right]^{-۰/۵} \qquad (۲۷-۲)$$

که در آن :

t ، تناوب بین دو دور آبیاری یا بارندگی (روز)

S ، تخلخل قابل زهکشی (بصورت اعشاری)

Y_o ، حداکثر ارتفاع سطح ایستابی در بخش فوقانی زهکشها (متر)

Y_t ، ارتفاع متغیر سطح ایستابی بعنوان تابعی از زمان (متر)

K ، متوسط هدایت هیدرولیکی نیمرخ خاک (متر در روز)

de ، عمق معادل هوخهات (متر)

L ، فاصله بین دو خط زهکشی (متر)

1 - Glover- Dumm

omoorepeyman.ir

متذکر می‌گردد که عبارت ($de+۰/۵Y_o$) معرف ضخامت متوسط نیمرخ خاکی است که جریان از آن عبور می‌نماید. هرگاه این عبارت با $\overline{D}$ نشان داده شود معادله فوق بشکل زیر در می‌آید:

$$L = \pi\left[\frac{t.K.\overline{D}}{S}\right]^{۰/۵} \cdot \left[\ln ۱/۱۶\left(\frac{Y_o}{Y_t}\right)\right]^{-۰/۵} \qquad (۲۸-۲)$$

در معادله بالا $K\overline{D}$ ضریب انتقال‌پذیری نیمرخ خاک (مترمربع درروز) است و سایر علائم قبلاً تعریف شده‌اند.

برای محاسبه فاصله زهکشها با استفاده از معادلات فوق لزوم کاربرد روابط کمکی زیر ضروری می‌باشد:

$$Y_o = \Delta Y + Y_t \qquad (۲۹-۲)$$

$$Y_t = Y_o - \Delta Y \qquad (۳۰-۲)$$

$$\Delta Y = \frac{Ri}{S} \qquad (۳۱-۲)$$

که در آن، Ri میزان تغذیه ناشی از نفوذ عمقی آب آبیاری و یا بارندگی می‌باشد (میلیمتر یا متر).

همچنین با استفاده از معادله اصلی نیز می‌توان نوشت :

$$\frac{Y_t}{Y_o} = \frac{۱}{۱/۱۶} e^{\left(\frac{\pi^۲.K.\overline{D}.t}{S L^۲}\right)} \qquad (۳۲-۲)$$

$$Y_t = ۱/۱۶ Y_o e^{-\alpha.t} \qquad (۳۳-۲)$$

$$\alpha = \frac{\pi^۲.K.\overline{D}}{S L^۲} \qquad (۳۴-۲)$$

در روابط بالا، α بنام ضریب بازتاب (روز به توان ۱-) و سایر علائم قبلاً تعریف شده‌اند.

همچنین با معلوم بودن کلیه پارامترهای بکار رفته در معادله‌های اصلی، زمان لازم جهت افت سطح ایستابی از مقدار اولیه Y_o به مقدار Y_t را می‌توان بشرح زیر برحسب روز محاسبه نمود.

$$t = \ln ۱/۱۶\left(\frac{Y_o}{Y_t}\right).\frac{S L^۲}{\pi^۲.K.\overline{D}} \qquad (۳۵-۲)$$

در مورد استفاده از معادله بالا در تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی دو روش به شرح زیر معمول است.

۲-۳-۴- محاسبه فاصله زهکشهای زیرزمینی برمبنای "دوره حداکثر نیاز آبی"

در این روش نفوذ عمقی "دوره حداکثر نیاز آبی" گیاه که در تقویم آبیاری کوتاهترین مدت را داشته باشد مورد توجه قرار می‌گیرد. در نتیجه، سطح سفره آب زیرزمینی به حداکثر خیز خواهد رسید. علاوه بر آن فرض می‌گردد که آب زیرزمینی قبل از شروع آبیاری بعدی به کلی تخلیه و مجدداً پس از آبیاری نوبت بعد به سطح اولیه (حداکثر مجاز سطح ایستابی) باز گردد. در این روش Y_o تفاضل میزان عمق استقرار زهکشها و حداکثر مجاز خیز آب زیرزمینی محسوب می‌گردد. مقدار Y_t نیز حاصل تفریق Y_o از خیز

omoorepeyman.ir

مربوط به نفوذ عمقی آب آبیاری در "دوره حداکثر نیاز آبی" می‌باشد. مقدار اخیر یعنی ΔY از تقسیم تراوشات عمقی بر تخلخل قابل زهکشی حاصل می‌گردد. پیشنهاد می‌گردد در کاربرد این روش مقدار $\overline{D}$ برابر با $[de+۰/۲۵(Y_o + Y_t)]$ منظور شود.

۲-۳-۵- محاسبه فاصله زهکشهای زیرزمینی با روش "تعادل دینامیکی"

در شرایطی که عمق نصب زهکشهای زیرزمینی بطور نسبی زیاد باشد، نفوذ عمقی حاصل از کاربرد آب آبیاری در مزرعه به یکباره موجب خیز سطح ایستابی تا عمق مجاز و طراحی شده نخواهد شد. باتوجه به مفاهیم"تعادل دینامیکی" که بوسیله دایره اصلاح اراضی کشور ایالات متحده امریکا ارائه شده است، در این روش، امکان خیز تدریجی سطح ایستابی طی دوره آبیاری فراهم می‌آید بطوریکه در پایان فصل آبیاری و یا در خاتمه "دوره حداکثر نیاز آبی" گیاه، خیز سطح ایستابی به حداکثر مجاز می‌رسد و در ایام دوره آیش یا "دوره تخلیه یا زهکشی" سطح ایستابی حدوداً به محل نصب زهکشهای زیرزمینی پائین خواهد رفت. بر این مبنا چنین فرض می‌شود که میزان تغذیه سالیانه آب زیرزمینی با میزان تخلیه آن برابر است. در غیر اینصورت خیز سطح ایستابی طی چند سال به چنان سطح تعادلی خواهد رسید که تأثیر نامطلوبی بر روی رشد و نمو گیاهان خواهد داشت.در روش تعادل دینامیکی، طی دوره آبیاری و به ویژه در "دوره حداکثر نیاز آبی" میزان تخلیه زهکشهای زیرزمینی از مقدار نفوذ عمقی کمتر است. چنین وضعی، اگرچه موجب خیز سطح ایستابی در مزرعه می‌شود، لیکن همواره این مقدار باید از عمق سطح ایستابی مجاز کمتر باشد.

محاسبات براساس فرضیات بکار رفته در روش "تعادل دینامیکی" با آنچه در مبحث مربوط به "دوره حداکثر نیاز آبی" بیان گردید، اندکی متفاوت است زیرا مقادیر Y_o و Y_t را نمی‌توان از پیش ثابت فرض نمود. به دلیل آنکه این مقادیر در هر دوره آبیاری متغیر می‌باشند. در این روش محاسبه، جهت دستیابی به فاصله مناسب و مطلوب زهکشهای زیرزمینی، بایستی از یکسری عملیات محاسباتی مبتنی بر "آزمون و خطا" بهره‌مند شد که در آن ابتدا بایستی رقمی را برای فاصله زهکشهای زیرزمینی (L) فرض نمود و محاسبات را با داشتن سایر پارامترهای معلوم از جمله: فاصله محل نصب زهکشهای زیرزمینی تا لایه غیرقابل نفوذ، زمان بین دو آبیاری، تخلخل موثر، میزان خیز سطح ایستابی در هر بار آبیاری (Ri/S) و سرانجام ارقام سطح آب زیرزمینی قبل و پس از هر دور آبیاری (Y_o و Y_t) محاسبه و برای کلیه دوره‌های آبیاری تکرار نمود. هر گاه سطح ایستابی محاسبه شده در مقایسه با سطح ایستابی مجاز طراحی شده، افزایش یابد بناچار بایستی محاسبات را با فاصله زهکشهای زیرزمینی (L) کمتری تکرار نمود.

اگر چه انجام محاسبات با استفاده از روش "تعادل دینامیکی" بطور عمده جهت دوره آبیاری توصیه گردیده لیکن امکان کاربرد آن جهت یکدوره یکساله و یا در یک دوره تناوب زراعی نیز وجود دارد، متذکر می‌گردد که مقدار $\overline{D}$ مورد استفاده در این روش برابر با $(de+۰/۵Y_o)$ می‌باشد. علائم و نشانه‌های بکار رفته در رابطه گلاور- دام در شکل (۲-۴) نشان داده شده است.

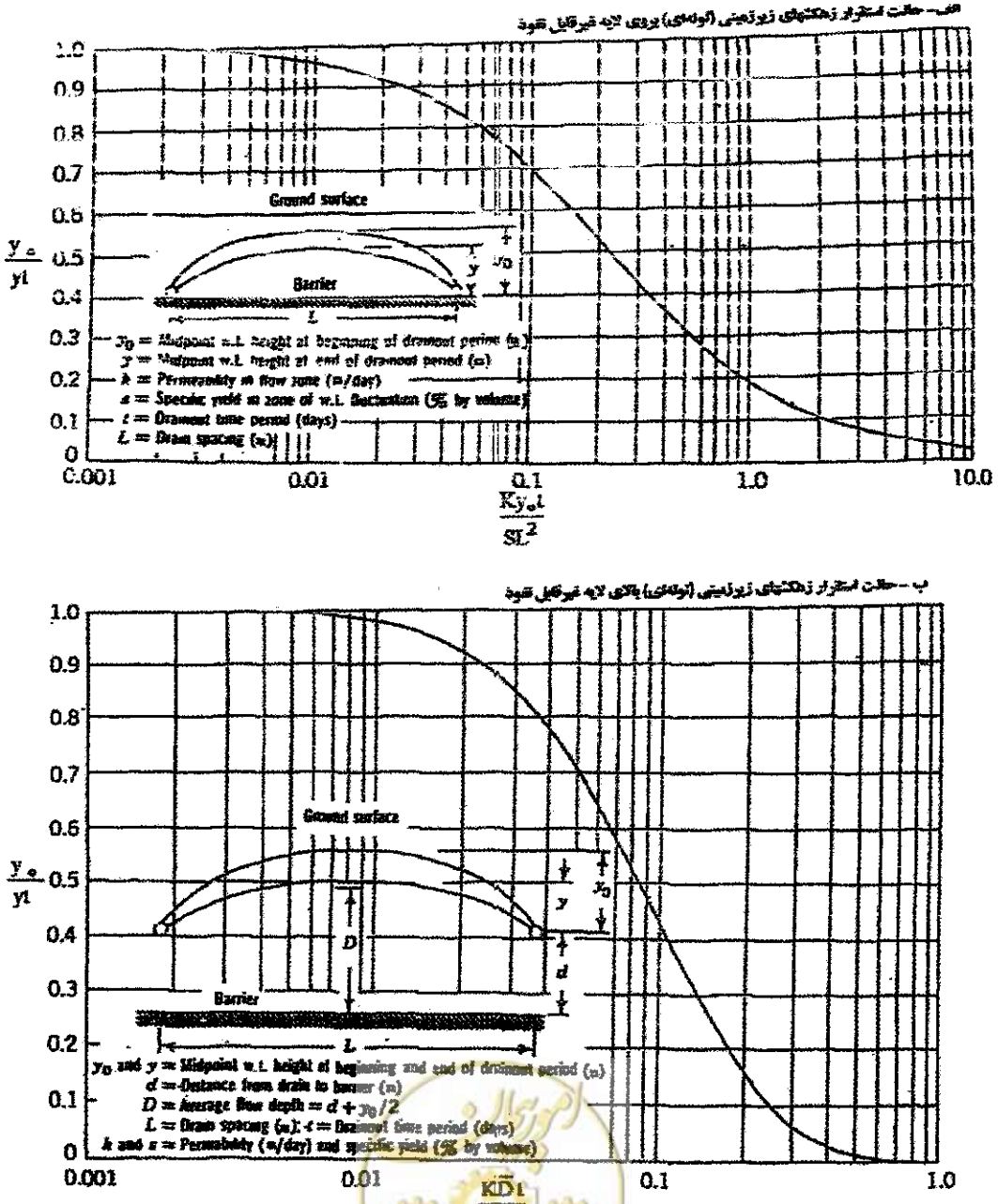
۲-۳-۶- رهنمودهای کلی بر مبنای ویژگیهای خاک و اراضی در کشور

در نشریه شماره ۲۰۵ مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تحت عنوان "راهنمای طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری در ایران" در مورد نیاز اصلاحی اراضی شور، شور و سدیمی، ماندابی و زهدار رهنمودهای کلی زیر ارایه شده است.

(d)- **نیاز به زهکشی کم**، این اراضی در شرایط فعلی تحت تأثیر آب زیرزمینی نیستند، لیکن بدلیل مسطح بودن و سنگینی بافت، ممکن است در آینده بدلیل اعمال آبیاری متراکم به شوری (و یا سدیمی شدن)، ماندابی و یا زهدار شدن گرایش پیدا کنند. در این اراضی، احداث زهکشهای سطحی و کم عمق برای تخلیه آبهای اضافی سطحی اطمینان بخش خواهد بود.

omoorepeyman.ir

d - **نیاز به زهکشی متوسط،** این اراضی دارای محدودیت شوری و یا سدیمی بودن کم هستند و یا بدلیل بالا بودن نسبی سطح آب زیرزمینی دارای محدودیت زهکشی کمی می‌باشند و یا در ایام بارندگی‌های متراکم بدلیل نفوذپذیری کم خاکها وضعیت ماندابی دارند. این اراضی در صورت اعمال عملیات آبیاری متراکم، حالت ماندابی شدن در آنها تشدید می‌گردد. هر چند احتیاجات زهکشی این قبیل اراضی بایستی برمبنای مطالعات بیلان آب و املاح صورت پذیرد، لیکن در هر صورت ایجاد زهکشهای روباز یا زیرزمینی با فواصل حدود ۲۰۰ متر و عمق حدود ۱/۵ متر در جلوگیری از مشکلات یاد شده موثر خواهد بود.



شکل ۲-۴- علائم و نشانه‌های به کار رفته در اشتقاق معادله "گلاور-دام" برای شرایط استقرار زهکشهای زیرزمینی (لوله‌ای) روی لایه غیر قابل نفوذ و بالای لایه غیر قابل نفوذ

omoorepeyman.ir

D – **نیاز به زهکشی زیاد،** این اراضی که در شرایط موجود محدودیت نسبتاً زیادی در زمینه زهکشی بدلیل بالا بودن سطح ایستابی و یا شوری و سدیمی بودن خاکها دارا می‌باشند. این اراضی، به طور معمول دارای بافت سنگین بوده و امکان وقوع حالت ماندابی در آنها در اثر عملیات آبیاری متراکم وجود دارد. گرچه نیازهای واقعی زهکشی این قبیل اراضی باید بر پایه مطالعات موازنه آب و املاح صورت گیرد، لیکن بعنوان رهنمود کلی، ایجاد زهکشهای روباز یا زیرزمینی به عمق ۱/۵ و فواصل تقریبی ۱۰۰ متر از یکدیگر در این نوع اراضی اطمینان بخش خواهد بود.

D – **نیاز به زهکشی خیلی زیاد،** در این اراضی محدودیتهای شوری (و یا شوری و سدیمی بودن) و یا زهکشی، به دلیل کم عمق بودن سطح آب زیرزمینی زیاد می‌باشد. این قبیل اراضی، به طور معمول در وضعیت فعلی بنحو بسیار قابل ملاحظه‌ای شور، شور و سدیمی و یا ماندابی و زهدار می‌باشند. در چنین شرایطی توصیه گردیده است که نیاز واقعی زهکشی این قبیل اراضی الزاماً بر مبنای مطالعات بیلان آب و املاح بانجام رسیده و سپس در مورد فاصله و عمق استقرار زهکشها اعلام نظر گردد. به طور معمول ایجاد زهکش زیرزمینی با فاصله حدود ۵۰ متر و عمق حداقل ۱/۵ متر قبل از اقدام به عملیات آبیاری سودمند می‌باشد.

X – **نیاز به زهکشی نامشخص،** این اراضی به درجات زیاد تا بسیار زیاد با محدودیت‌های شوری و سدیمی بودن، سنگینی بافت خاک و نامطلوب بودن شرایط زهکشی طبیعی، بالا بودن سطح آب زیرزمینی با کیفیت نامناسب تا فوق‌العاده غیرمطلوب و سایر مسائل و محدودیت‌های زهکشی مواجه می‌باشند. ارایه رهنمود کلی به منظور رفع یا تعدیل این مشکلات امکان‌پذیر و منطقی نمی‌باشد. بنابراین ضرورت انجام مطالعات تکمیلی خاکشناسی و بررسیهای همزمان زهکشی و اصلاح اراضی، بمنظور امکان ارایه راه کارهای لازم اجتناب ناپذیر می‌گردد.

۲-۴- مبانی طراحی روشهای زهکشی قائم[1]

بطوریکه گفته شد منظور از زهکشی اراضی، تخلیه و دفع آب اضافی از سطح و نیمرخ خاکها است. بدین ترتیب برای تعدیل مشکل زهداری اراضی، تعبیه نوعی سیستم زهکشی برای افت سطح سفره آب زیرزمینی الزامی می‌باشد. در اکثر شرایط، ایجاد سیستم‌های زهکشی افقی باز یا زیرزمینی منظور را عملی می‌نماید. در بعضی حالت‌ها، افت سطح ایستابی یا تخلیه آبهای اضافی از طریق چاه، عملی بوده و در صورت کیفیت مناسب آب، از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است.

در روشهای زهکشی قائم که از طریق تخلیه چاهها به انجام می‌رسد، ابتدا نفوذ عمقی حاصل از ریزش‌های آسمانی و یا آبیاری بصورت عمودی از سطح اراضی عبور نموده و پس از آن در لایه‌های زیرین و نفوذپذیر نیمرخ خاکها بصورت افقی به چاهها می‌پیوندد. بدین ترتیب دو معیار "نسبت ضخامت لایه آبدار یا آبخوان (D) به هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (K) " که در واقع میزان "مقاومت هیدرولیکی خاک" برحسب روز می‌باشد و همچنین "حاصل ضرب هدایت هیدرولیکی اشباع (K) در ضخامت لایه آبدار (D) " که بعنوان "ضریب انتقال‌پذیری[2] سازند آبدار (T)" برحسب مترمربع در روز می‌باشند، بایستی مورد نظر قرار گیرند.

omoorepeyman.ir

1 - Vertical Drainage
2 - Transmissivity

درخصوص زهکشی اراضی زهدار از طریق تخلیه چاهها یا روشهای زهکشی قائم دو مورد مدنظر است که عبارتند از: تخلیه، دفع و یا مصرف آبهای زیرزمینی سفره‌های آزاد آب زیرزمینی[1] بمنظور افت سطح ایستابی اراضی مسئله‌دار (زهکشی از طریق تخلیه چاهها) و تعدیل اثرات تغذیه‌ای ناشی از فشار آرتزین آبهای زیرزمینی سفره‌های آب زیرزمینی تحت فشار[2] یا نیمه تحت فشار.

روش زهکشی از طریق تخلیه چاهها در شرایطی که آب زیرزمینی تحت فشار نباشد در مقایسه با تعبیه لوله‌های زهکشی زیرزمینی یا احداث کانالهای باز زهکشی بیشتر اقتصادی است.

۲-۴-۱- زهکشی اراضی از طریق تخلیه چاههای آبخوان‌های آزاد

بطوریکه بیان شد، این روش در مورد مناطقی که سفره آب زیرزمینی در آن آزاد باشد و به منظور پائین انداختن سطح ایستابی کاربرد دارد. برای موفقیت، باید شرایط زیر فراهم باشد :

- حداقل ضخامت لایه آبدار یا آبخوان بایستی ۱۰-۱۵ متر بوده و سازندهای لایه‌های زیرین همگن باشد.
- ضریب انتقال پذیری (T) آبخوان یا سفره آب زیرزمینی بیشتر از ۱۰۰ مترمربع در روز باشد.
- میزان آبدهی ویژه[3] یا تخلخل موثر (S) سازندهای آبخوان رضایت‌بخش باشد.
- امکان دسترسی به نیروی برق ارزان فراهم باشد.

بدیهی است کیفیت مناسب آبهای زیرزمینی که امکان استفاده از آب را برای عملیات آبیاری فراهم می‌آورد موجب توجیه بیشتر اقتصادی این قبیل روشهای زهکشی خواهد شد. در این روش زهکشی بهتر آنست که تثبیت سطح ایستابی در اعماق ۲/۵-۳/۰ متری از سطح خاک به انجام رسد تا در اثر بارندگی و یا آبیاری، محدوده توسعه و فعالیت ریشه گیاهان به سادگی تحت تأثیر قرار نگیرد. بدین ترتیب مقدار پمپاژ (تخلیه) از چاهها کمتر شده و با تواتر زمانی طولانی‌تری بانجام خواهد رسید. در نتیجه نیاز به انتخاب و نصب پمپ کوچکتری بوده و برای انتقال دبی تخلیه شده به سیستم انتقال و توزیع کوچکتری نیز نیاز خواهد بود.

بطوریکه گفته شد، سازند آبدار مناسب بایستی دارای هدایت هیدرولیکی سریع تا خیلی سریع بوده و تخلخل موثر (زهکشی) قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. در جدول زیر خصوصیات کلی بعضی سازندهای آبدار زیرزمینی نشان داده شده است.

جدول (۲-۱۳)- خصوصیات کلی بعضی سازندهای آبدار زیرزمینی

ردیف	مواد متشکله سازندها	تخلخل کلی (درصد)	آبدهی ویژه (درصد)	هدایت هیدرولیکی نسبی مواد متشکله
۱	سنگهای آهکی فشرده و شل	۵	۲	۱
۲	ماسه سنگ	۱۵	۸	۷۰۰
۳	شن (سنگریزه)	۲۵	۲۲	۵۰۰۰
۴	ماسه	۳۵	۲۵	۸۰۰
۵	رس	۴۵	۳	۱

بطوریکه از جدول بالا استنباط می‌گردد، سازندهای متشکل از شن و ماسه در مقایسه با سایر سازندها، وضعیت مطلوب‌تری را دارا می‌باشند. علاوه بر آن سنگهای آهکی درز و ترک‌دار و سازندهای صخره‌ای نیز آبخوان‌های مناسبی از نظر خصوصیات کلی محسوب می‌گردند.

omoorepeyman.ir

1 - Unconfined Aquifer = Phreatic Aquifer
2 - Confined Aquifer
3 - Specific Yield

میزان جریان در حالت ماندگار و برای چاه ثقلی[1] که براساس فرضیات دوپوئی- فورشهیمر حاصل گردیده بصورت نهائی زیر قابل ارایه می‌باشد.

$$q = \frac{\pi K(H^2 - h^2)}{\log_e(R_e / r)} = \frac{\pi K(H^2 - h^2)}{\ln(R_e / r)} \qquad (۲-۳۶)$$

که در آن:

q ، میزان جریان یا دبی (مترمکعب در روز)

K ، هدایت هیدرولیکی اشباع آبخوان یا سازند آبدار[2] (متر در روز)

H ، ارتفاع سطح استاتیک آب در حد فوقانی سازندهای آبدار یا فاصله سطح ایستابی از لایه غیرقابل نفوذ (متر)

h ، ارتفاع سطح آب درون چاه، نسبت به حد زیرین سازندهای آبدار یا فاصله سطح آب در چاه از لایه غیرقابل نفوذ (متر)

R_e ، شعاع تأثیر چاه (متر)

r ، شعاع چاه (متر)

در جدول (۲-۱۴) شعاع تأثیر (R_e) سفره‌های آزاد برحسب نوع سازند و بافت خاکها ارایه شده است.

جدول (۲-۱۴)- شعاع تأثیر چاههای با سفره آزاد برحسب نوع سازندها و بافت خاکها

ردیف	نوع سازندها و بافت خاکها	شعاع تأثیر (متر)	
		حداقل	حداکثر
۱	سازندهای ماسه ریز بهمراه مقادیر کمی رس و سیلت (لای)	۳۰	۹۰
۲	سازندهای ماسه ریز تا متوسط، تمیز بدون رس و سیلت (لای)	۹۰	۱۸۰
۳	سازندهای ماسه درشت و شن ریز بدون رس و سیلت (لای)	۱۸۰	۳۰۰
۴	ماسه و شن درشت بدون رس و سیلت (لای)	۳۰۰	۶۰۰

بدلیل آنکه میزان دبی تخلیه (q) با لگاریتم شعاع تأثیر (R_e) به طور معکوس تغییر می‌نماید، در صورت بروز خطا در برآورد یا محاسبه شعاع، به میزان بسیار اندکی برروی میزان دبی مؤثر می‌باشد. هم چنین از رابطه یادشده استنباط می‌گردد که مقدار دبی پمپاژ با لگاریتم شعاع چاه متناسب است. بعنوان مثال هرگاه R_e برابر با ۳۰۰ متر و سایر شرایط ثابت باقی بمانند، چاهی با قطر ۶۰۰ میلیمتر در مقایسه با چاه دیگری که قطر آن ۳۰۰ میلیمتر باشد میزان آبدهی که فقط بمیزان ۱۰٪ با چاه کم قطرتر اختلاف خواهد داشت. از آنجائی که برای اهداف زهکشی اراضی از طریق تخلیه چاهها، در شرایطی که آبخوان غیرمحصور (آزاد) باشد، به دست آوردن حداکثر شعاع تأثیر (R_e)، مورد نظر است، بنابراین با حل معادله بیان شده رابطه زیر را می‌توان ارایه داد:

$$R_e = r.\exp\left[\frac{\pi K(H^2 - h^2)}{q}\right] \qquad (۲-۳۷)$$

که در آن، کلیه علایم قبلاً تعریف شده‌اند.

از آنجا که مقدار افت سطح ایستابی برابر (H-h) می‌باشد، می‌توان با آزمایش، مقدار دبی تخلیه و عمق سطح ایستابی را حداقل در دو نقطه اندازه‌گیری نمود و میزان افت سطح ایستابی در اثر تخلیه از چاه را محاسبه کرد. در عمل برای اینکه بتوان منطقه‌ای را با

1 - Gravity Well.
2 - Water Bearing Formation.

omoorepeyman.ir

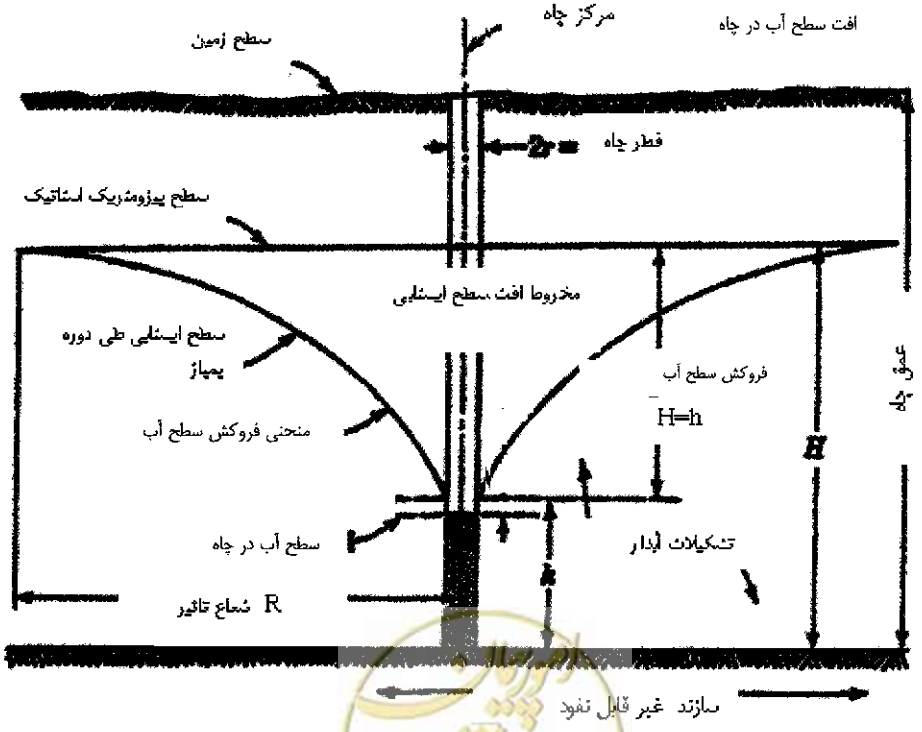
استفاده از چاه زهکشی نمود، ابتدا لازم است که یک حلقه چاه آزمایشی حفر گردد و بطور مقدماتی حداکثر میزان دبی قابل تخلیه را از آن تعیین نمود و سپس افت سطح ایستابی را محاسبه کرد. در این خصوص ضمن اجرای آزمایش‌ها بایستی پیزومترهائی را در نقاط مختلف نصب نمود تا موقعیت سطح ایستابی را در نقاط مورد نظر نشان دهد. تجزیه و تحلیل ارقام و اطلاعات حاصله، ضرایب مربوط به آبخوان را ارائه می‌نماید که با استفاده از آنها می‌توان افت سطح ایستابی را برای مقادیر متفاوت دبی تخلیه از طریق چاه تعیین نمود. برای تعیین ضریب انتقال‌پذیری (T) آبخوان مورد نظر در ابتدا می‌توان هدایت هیدرولیکی اشباع سازندهای آبدار را با استفاده از رابطه زیر محاسبه نموده و با مشخص بودن ضخامت لایه آبدار میزان "ضریب انتقال پذیری" را محاسبه نمود.

$$K = \frac{q \ln(R_e / r)}{\pi (H^2 - h^2)} \qquad (۳۸-۲)$$

و

$$T = d.\frac{q \ln(R_e / r)}{\pi (H^2 - h^2)} = \frac{q .ln(R_e / r).d}{\pi (H^2 - h^2)} \qquad (۳۹-۲)$$

که در آن : d ضخامت آبخوان و یا سازند آبدار[1] برحسب (متر) می‌باشد. علائم و نشانه‌های به کار رفته در مورد زهکشی اراضی از طریق تخلیه چاههای آبخوانهای آزاد (غیر محصور) در شکل (۲-۵) نشان داده شده است.



شکل ۲-۵ - سطح مقطع نوعی چاه ثقلی (آزاد یا غیر محصور) در خاک با نیمرخ همگن (غیر مطبق)

omoorepeyman.ir

1 - Thickness of Aquifer

۲-۴-۲- تخلیه سفره‌های محصور برای تعدیل اثرات تغذیه‌ای ناشی از فشار آرتزین آبهای زیرزمینی

همانطوری که در مباحث پیشین گفته شد، در بعضی مناطق علاوه بر نفوذ عمقی آب از منابع متفاوت سطحی (ذوب برف، بارندگی و آبیاری) و یا زیرسطحی[1]، وجود نوعی آبخوان تحت فشار یا نیمه تحت فشار (آرتزین یا نیمه آرتزین) می‌تواند موجد زهدار شدن خاک و بخصوص لایه‌های زیرین آن گردد. برای برآورد میزان تغذیه (حرکت پایین به بالای آب) می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

$$V = \frac{\Delta h}{C_t + C_b}$$ (۴-۲) مکرر

که در آن : علایم ارایه شده دارای معانی و ابعاد قبلی می‌باشند.

Δh ، بیانگر اختلاف فشار (ارتفاع) قابل اندازه‌گیری در پیزومترهای نصب شده در آبخوان‌های فوقانی (غیرتحت فشار و یا آزاد) و زیرین (تحت فشار و یا نیمه‌تحت فشار) می‌باشد.

میزان دبی جریان در حالت ماندگار به درون یک چاه آرتزین یا نیمه آرتزین را که بطور کامل در آبخوان کاملاً محصوری (تحت فشار) ایجاد شده باشد، می‌توان با استفاده از قانون دارسی[2] بصورت زیر ارایه نمود:

$$q = \frac{2\pi\, K.d(H-h)}{\ln(R_e / r)}$$ (۴۰-۲)

که در آن :

d ، ضخامت سازند(ها) آبدار یا آبخوان محصور (متر).

H ، ارتفاع سطح استاتیک پیزومتریک درحد فوقانی تشکیلات سازندهای آبدار (متر).

h ، ارتفاع آب در چاه و در بخش فوقانی (بالائی) سازند آبدار (متر) و سایر علایم دارای معانی و ابعاد قبلی می‌باشند.

هرگاه آبخوان تحت فشار مسطح باشد، جریان به سمت چاه افقی و شعاعی خواهد بود. برای یک چاه مشخص، نوعی رابطه معین بین افت سطح ایستابی و دبی تخلیه وجود دارد. برای آبخوان‌هائی با ضخامت قابل ملاحظه یا تشکیلات آرتزین (تحت فشار) رابطه بین میزان دبی تخلیه و افت سطح ایستابی تقریباً بصورت "خط مستقیم" است.

به منظور تعدیل اثرات تغذیه‌ای ناشی از فشار آرتزین میزان حداکثر شعاع تأثیر (R_e) از مرکز چاه و ارتفاع سطح استاتیک (سکون) پیزومتریک در حد فوقانی آبخوان (H) می‌توان روابط زیر را ارایه نمود:

$$R_e = r.\exp\left[\frac{2\pi\, K.d\,(H-h)}{q}\right]$$ (۴۱-۲)

و

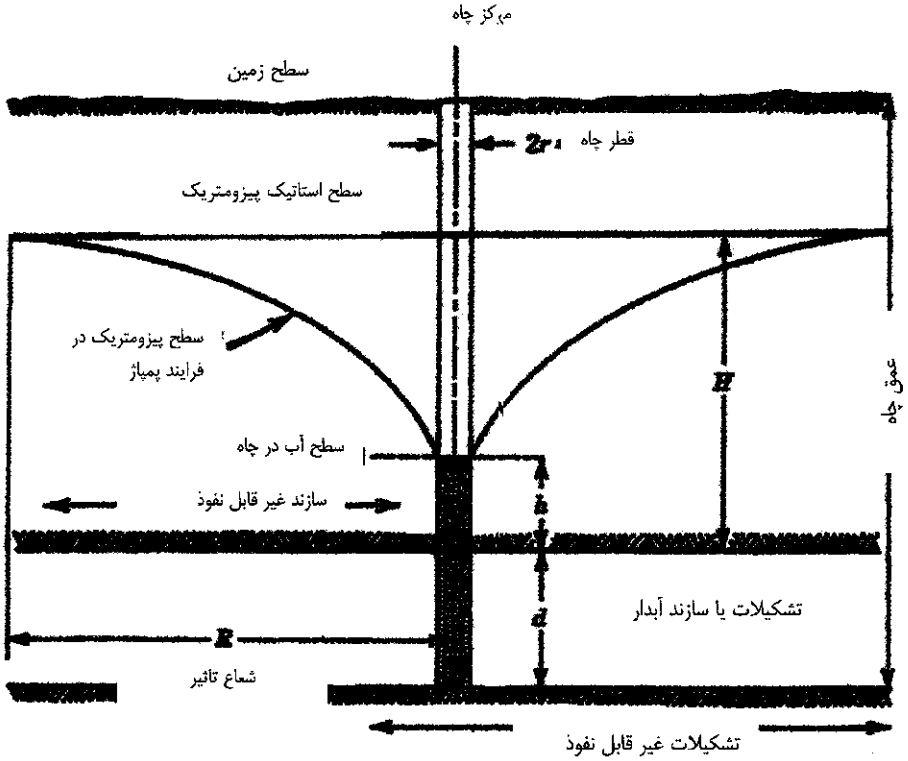
$$H = \frac{q \ln(R_e / r)}{2\pi.K.d} + h$$ (۴۲-۲)

در روابط بالا، به دلیل آنکه مقادیر π، d و k ثابت می‌باشند بنابراین تغییرات میزان شعاع تاثیر به صورت معکوس با توان عبارت نمائی (exp) و تغییرات مقادیر ارتفاع سطح استاتیک پیزومتری (H) به حالت مستقیم با تغییرات میزان دبی تخلیه (q) وابسته

1 - Inter Flow
2 - Darcy's Law

omoorepeyman.ir

می‌باشد. نشانه‌ها و علائم به کار رفته در مورد تخلیه سفره‌های محصور برای تعدیل اثرات تغذیه‌ای ناشی از فشار آرتزین آبهای زیرزمینی در شکل (۲-۶) نشان داده شده است.



شکل ۲-۶- سطح مقطع نوعی چاه محصور(تحت فشار یا ارتزین)

۲-۵- زهکشی اراضی شیب‌دار و جریان آب بین دو آبراهه

- **مقدمه**

منشاء آبهای اضافی در اراضی شیب‌دار عبارتند از :

- منشاء آبهای ورودی، ممکن است از اراضی شیب‌دار هم جوار باشد و یا اینکه کانال مرتفع آبیاری، چنین مشکلی را ایجاد کند؛
- منبع آب تغذیه کننده ممکن است منشاء موضعی داشته باشد. در این مورد می‌توان به تراکم ریزش باران و یا آبیاری متراکم در اراضی شیب‌دار اشاره نمود.

جریانهای ورودی از مناطق و اراضی هم جوار و شیب‌دار را می‌توان از طریق احداث زهکشهای حایل[1] یا قطع کننده مهار نمود. در مورد ایجاد این قبیل زهکشها باید دقت لازم و کافی برای تعیین محل و عمق نصب بر اساس ویژگیهای توپوگرافیکی و شرایط ژئوهیدرولوژیکی[2] اعمال گردد.

omoorepeyman.ir

1 - Interceptor Drains
2 - Geohydrological

۲-۵-۱- احداث زهکش حایل برای تعدیل اثر آبهای ورودی

۲-۵-۱-۱- شرایط مناسب برای استفاده از زهکش حایل

در اراضی شیب‌دار، آب زیرزمینی بطور معمول در طبقات نفوذپذیری جریان می‌یابد که بر روی طبقه غیرقابل نفوذی از قبیل سنگ بستر و یا صخره‌های سخت قرار داشته باشند. این پدیده تحت عنوان "جریان آب زیر سطحی یا زیر پوسته‌ای" دانسته می‌شود که موقعیت آن در حد میانی جریان‌های سطحی و زیرزمینی در لایه‌های زیرین است. در شرایطی همانند آنچه که در اراضی شیب‌دار، در اثر تغییر شیب اراضی در دامنه‌ها اتفاق می‌افتد و یا در حالتهائی که لایه غیرقابل نفوذ در زیر سطح اراضی برآمدگی موضعی (محلی) حاصل می‌نماید، همچنین ممکن است آب زیرزمینی بسمت سطح اراضی بالا بیاید. نشت از کانالهای آبیاری یا آبرسانی بدون پوشش نیز ممکن است منشاء اصلی جریان جانبی افقی به سمت اراضی پست و هم‌جوار گردد.

در کلیه این موارد می‌توان از، زهکش‌های حایل که ممکن است از نوع بسته (لوله‌های زهکشی زیرزمینی) و یا نهرچه‌های باز زهکشی باشند استفاده کرد.

۲-۵-۱-۲- لزوم انجام بررسیهای میدانی

شرایط ژئوهیدرولوژیکی در مناطقی که جریان آبهای ورودی اراضی هم‌جوار (عمدتاً شیب‌دار) وجود دارد بطور نسبی بسیار پیچیده است. بدین دلیل قبل از اقدام به طراحی و نصب، بخصوص برای دستیابی به محل نصب و عمق مطلوب زهکشهای حایل بایستی بررسی‌های میدانی بانجام رسد. این بررسی‌ها بطور عمده می‌تواند مشتمل بر موارد زیر باشد:

- تشخیص گستردگی و شدت حالات ماندابی و زهداری اراضی از طریق بازدیدهای صحرائی و بررسی عکس‌های هوائی منطقه.
- تعیین علت و تشخیص جهت حرکت غالب آبهای زیر سطحی.
- برآورد یا تعیین، ضخامت، شیب و هدایت هیدرولیکی لایه آبدار.

بدیهی است برای تعیین بار هیدرولیکی[1] آبخوانهای آزاد و نصب چاهک مشاهده‌ای و در صورت وجود شرایط تحت فشار و یا نیمه تحت فشار[2]، نصب پیزومتر ضروری است. در این مورد در مرحله اول، احداث شبکه چاهکهای مشاهده‌ای به فواصل ۱۰۰-۲۵۰ متر در جهت حرکت آب زیرزمینی و قرائت رقوم پیزومترها برای تهیه و ترسیم نقشه‌های خطوط هم‌تراز آبهای زیرزمینی و خطوط هم پتانسیل ضروری می‌باشد.

قرائت رقوم این چاهکها، امکان بررسی و تشخیص علل بروز مشکلات زهکشی را مشخص‌تر می‌نماید و بدین ترتیب امکان تفسیر تفصیلی‌تر وضعیت سطح ایستابی فراهم گردیده و مناطق تغذیه و تخلیه نیز مشخص خواهد شد.

مطالعات ژئوفیزیکی (ژئوالکتریکال یا لرزه‌نگاری[3]) را می‌توان از طریق روشهای متداول برای تعیین عمق لایه غیرقابل نفوذ و یا مشخص نمودن چگونگی لایه‌های محدود کننده و یا میزان ناهمواری و فرورفتگی‌های موجود در آن بکار گرفت. نتایج این قبیل بررسیها می‌تواند در مورد تعیین بهترین محل نصب زهکشهای حایل بسیار موثر باشد. زهکشهای حایل بایستی عمود بر جهت حرکت

1 - Hydraulic Head
2 - Semiconfined
3 - Geoelectrical or Seismic

omoorepeyman.ir

آبهای زیرزمینی طراحی و اجرا گردند. در مورد عمق نصب آنها بایستی سعی شود، تا آنجائی که ممکن است این قبیل زهکشها در درون سازند آبدار و در عمق مطلوب و مؤثری تعبیه شوند تا مقادیر قابل ملاحظه‌ای از جریان آبهای زیرزمینی را که از اراضی شیب‌دار منشاء می‌یابند، قطع و هدایت نمایند.

۲-۵-۱-۳- مبانی نظری در مورد روابط زهکش‌های حایل

مبانی نظری برای روابط مربوط به زهکش‌های حایل را بطور خلاصه می‌توان به همگنی نیمرخ خاک، شیب یکنواخت اراضی، هم چنین رعایت فرضیات بیان شده بوسیله "دوپوئی- فورشهیمر" مرتبط دانست. علاوه بر آن، فرض گردیده است که لایه محدود کننده و سطح ایستابی اولیه موجود در نیمرخ خاک هر دو دارای شیبی یکسان (بموازات یکدیگر) معادل با $\tan\alpha$ باشند. برای تحلیل ریاضی موضوع نیز سیستم مختصات طوری تعیین گردید که محور افقی (x) بر سطح فوقانی لایه محدود کننده انطباق داشته و محور عمودی (y) از مرکز زهکش لوله‌ای (فرضی) عبور نماید. بدین ترتیب مختصات مرکز زهکش بصورت $x = 0$ و $h = D_0$ تعریف می‌شود که در آن D_0 و h فاصله نصب مرکز زهکش لوله‌ای از سطح لایه محدود کننده در نظر گرفته شده است.

با فرض اینکه منشاء کلیه آبهای ورودی از اراضی شیب‌دار بالادست و بصورت زیرزمینی (حرکت جانبی) است، با کاربرد قانون دارسی، می‌توان میزان جریان بازاء واحد عرض در مقطع بالادست محل نصب زهکش یعنی نقطه A (که در آن سطح ایستابی اولیه تحت تأثیر زهکش زیرزمینی یا حایل، افت یا تنزل نمی‌نماید و هم چنان بموازات لایه غیرقابل نفوذ است) را می‌توان به صورت زیر ارایه داد:

$$q_1 = K.H.\tan\alpha \qquad (۴۳-۲)$$

و از نقطه B (حدفاصل نقطه بالادستی A و محل نصب زهکش حایل زیرزمینی) بشرح زیر می‌باشد:

$$q_1 = K.h_1.\tan(\alpha+\beta) \qquad (۴۴-۲)$$

در معادله‌های گفته شده :

q_1 ، میزان جریان بازاء واحد عرض (مترمربع در روز)

K ، هدایت هیدرولیکی سازند یا لایه آبدار (متر در روز)

H ، ضخامت تشکیلات سازند آبدار اشباع که تحت تأثیر زهکش حائل نمی‌باشد (متر)

h_1 ، ارتفاع سطح ایستابی بالای لایه محدود کننده (بین نقاط A و B) (متر)

α ، زاویه بین لایه غیرقابل نفوذ و صفحه افقی

β ، زاویه بین سطح ایستابی پس از نصب زهکش حایل و لایه محدود کننده

برای مقادیر کوچک α و β و با تقریب قابل قبولی می‌توان رابطه زیر را ارایه نمود:

$$\tan(\alpha+\beta) \approx \tan\alpha + \tan\beta = \tan\alpha + \frac{dh}{dx} \qquad (۴۵-۲)$$

با جایگزینی معادله (۲-۴۵) در (۲-۴۴) نتیجه می‌گردد که :

$$q_1 = K.h_1(\tan\alpha + \frac{dh}{dx}) \qquad (۴۶-۲)$$

omoorepeyman.ir

با مساوی قرار دادن معادله‌های (۲-۴۳) و (۲-۴۶) و جایگزینی h_1 با h و مرتب نمودن عبارات معادله، تساوی زیر حاصل می‌گردد:

$$\tan\alpha.dx = \frac{h}{H-h}.dh \qquad (۲-۴۷)$$

با انتگرال‌گیری از معادله گفته شده برای شرایط مرزی $x = ۰$ و $h = D_۰$ نتیجه بصورت معادله زیر عاید می‌شود:

$$x = \frac{۱}{\tan\alpha}\left[H\ln(\frac{H-D_۰}{H-h}) - (h-D_۰)\right] \qquad (۲-۴۸)$$

بطوریکه از این معادله استنباط می‌گردد، از دیدگاه نظری فاصله تأثیر احداث زهکش حایل بی‌نهایت می‌باشد زیرا هرگاه H=h منظور شود، مقدار فاصله (x) بی‌نهایت می‌شود. بهرحال اگر فرض شود که فاصله مرتبط با شرایط h=۰/۹ H فاصله مطلوب و موثری می‌باشد که برای آن زهکش حایل می‌تواند افت سطح ایستابی "معنی‌داری" را حاصل نماید و با قبول تساوی $D_۰=aH$ می‌توان رابطه زیر را ارایه داد:

$$x_{ef} = \frac{H}{\tan\alpha}\left[\ln(\frac{۱-a}{۰/۱}) - (۰/۹-a)\right] = b\frac{H}{\tan\alpha} \qquad (۲-۴۹)$$

مقادیر محاسبه شده برای b بازاء افزایش مقادیر a را بصورت زیر می‌توان ارایه نمود:

a	۰	۰/۱	۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹
b	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۳۸	۱/۳۵	۱/۲۹	۱/۲۱	۱/۰۹	۰/۹۰	۰/۵۹	۰/۰

بطوریکه از ارقام ارایه شده (مقادیر a و b) مشاهده می‌گردد، برای نصب زهکش حایل در شرایطی که $D_۰<۰/۵H$ باشد و با تقریب قابل قبولی برای فاصله موثر افت سطح ایستابی در بالادست، رابطه زیر را می‌توان ارایه داد:

$$x_{ef} \approx \frac{۴}{۳}.\frac{H}{\tan\alpha} \qquad (۲-۵۰)$$

و این بدان معنی است که افت سطح ایستابی از سمت بالادست، تقریباً برابر با ارتفاع آب درون زهکش (در مورد لوله زهکشی، عمق آب در زهکش + فاصله نصب عمودی زهکش از لایه محدود کننده) می‌باشد. هرگاه از اثرات مقاومت شعاعی جریان صرفنظر گردد و یا اینکه تساوی زیر مورد قبول باشد:

$$h_۲ = D_۰ \qquad (۲-۵۱)$$

میزان تخلیه زهکش حایل بازاء واحد عرض را می‌توان به صورت نهائی زیر ارایه نمود:

$$q_{dr} = q_۱ - q_۲ = \frac{H-h_۲}{H}.q_۱ \qquad (۲-۵۲)$$

که در آن :

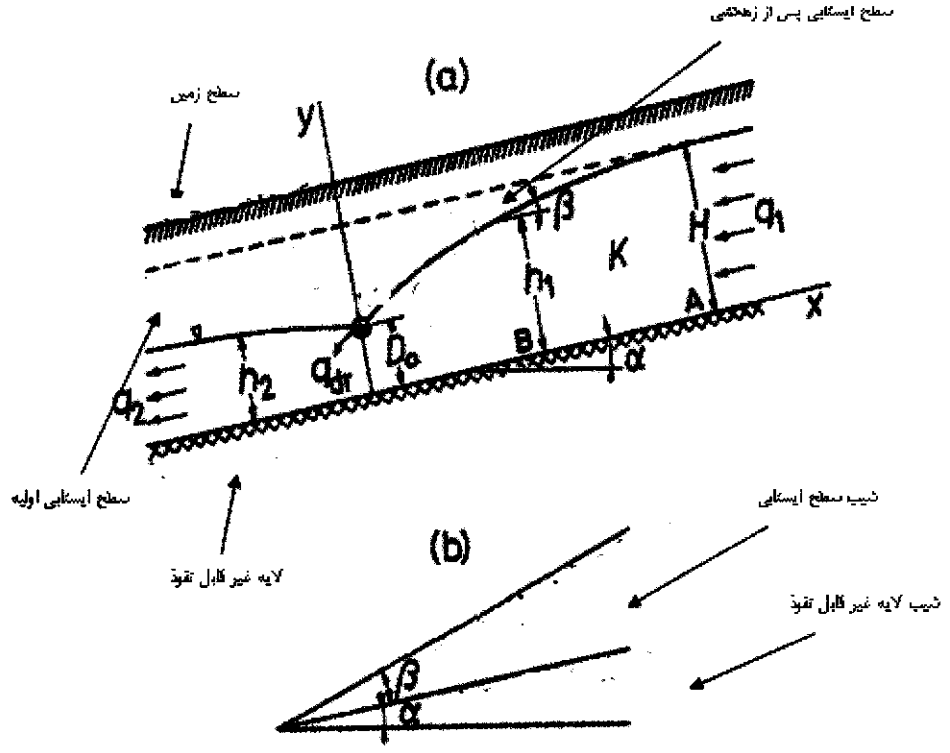
$q_۱=K.H.\tan\alpha$ ، میزان جریان از بالادست اراضی شیب دار بازاء واحد عرض (مترمربع در روز)

$q_۲=K.h_۲.\tan\alpha$ ، میزان جریان از پائین‌دست اراضی شیب‌دار (محل نصب زهکش) بازاء واحد عرض (مترمربع در روز)

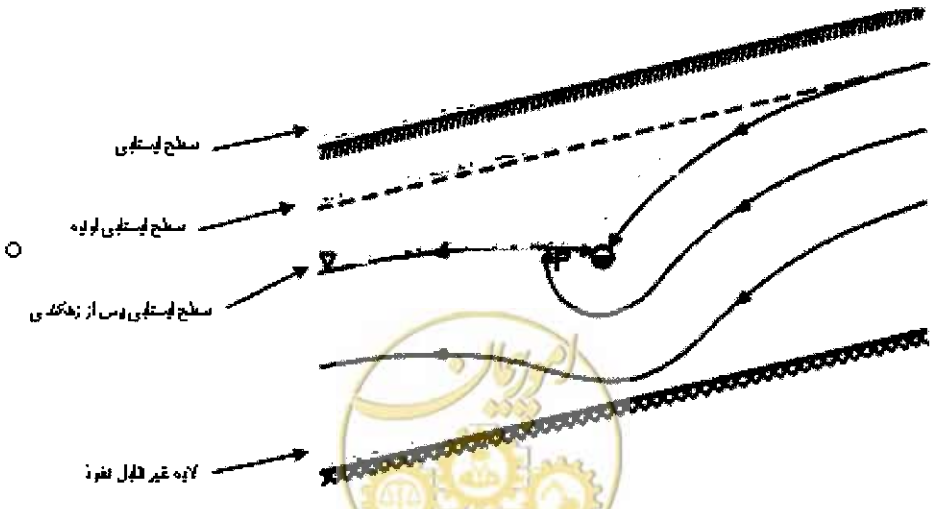
و هرگاه میزان مقاومت شعاعی قابل اغماض باشد رابطه $h_۲= D_۰$ را نیز می‌توان منظور داشت. هرگاه مقاومت شعاعی زیاد و قابل صرفنظر کردن نباشد، مقادیری از جریان عبوری از زیر زهکش بسمت زهکش حایل بازگشت می‌نماید بطوریکه در سمت راست نقطه

omoorepeyman.ir

(P) که سطح ایستابی در آن به حداکثر ارتفاع نسبت به یک سطح مقایسه افقی می‌رسد، جریان بسمت زهکش (بالادست) بر می‌گردد. این در شرایطی است که در سمت چپ این نقطه حرکت آب بسمت سراشیبی (به تبعیت از شیب اراضی) جریان دارد. در شرایط کاربردی، معادله‌های (۲-۵۱) و (۲-۵۲) هر دو معتبر می‌باشند و مقدار h_2 را بیشتر از D_o حاصل می‌نمایند. علائم و نشانه‌های به کار رفته در مورد روابط مربوط به زهکشهای حایل در شکلهای (۲-۷) و (۲-۸) نشان داده شده است.



شکل ۲-۷- زهکش حایل در خاک همگن که لایه غیر قابل نفوذ با شیب یکنواخت در زیر آن قرار دارد



شکل ۲-۸- زهکش حایل برای شرایطی که مقاومت شعاعی جریان را نتوان نادیده گرفت

omoorepeyman.ir

۲-۵-۲- زهکشی آبهای موضعی (محلی)

روش معمول در زهکشی مناطق شیب‌دار آن است که از سیستم زهکشی جناقی[1] استفاده شود بطوریکه لترالها بموازات خطوط تراز و زهکش جمع کننده آن در خطاالقعر اراضی قرار داشته باشد. قطر و فواصل نصب زهکشهای فرعی برمبنای تجربیات موجود محلی انتخاب می‌شود.

بعضی پژوهشگران از دیدگاه نظری موضوع را بررسی و برمبنای فرضیات دوپوئی- فورشهیمر (که کاربرد آن در این خصوص غیردقیق می‌باشد) سعی در ارایه روابط تقریبی نموده‌اند، بطوریکه بتوان جریان آب زیرزمینی را از درون سازند(های) آبدار که به فاصله x از مبداء مختصات قرار داشته باشد برآورد کرد:

$$q = -K.z.\frac{dh}{dx} \qquad (۵۳-۲)$$

که در آن :

q ، جریان آب زیرزمینی از درون تشکیلات سازند آبدار بازاء واحد عرض (مترمربع در روز)

K ، هدایت هیدرولیکی اشباع تشکیلات سازند آبدار (متر در روز)

h ، بار هیدرولیکی به فاصله x در مقایسه با سطح صفحه افقی مرجع (متر)

z ، ارتفاع سطح ایستابی بالای لایه محدود کننده (متر)

هرگاه فاصله افقی دو خط زهکش حایل که در اراضی شیب‌دار در جهت عمود بر شیب اراضی (و عمود بر جهت حرکت آب زیرزمینی) نصب شده باشند برابر با L منظور شود، در فاصله‌ای برابر با x از مبداء محور مختصات رابطه زیر را می‌توان ارایه داد:

$$h = z + (L-x)\tan\alpha \qquad (۵۴-۲)$$

که در آن:

L ، فاصله افقی بین دو خط زهکش (متر)

$\tan\alpha$ ، شیب لایه غیرقابل نفوذ در مقایسه باصفحه افقی و سایر علایم دارای ابعاد و معانی قبلی می‌باشند.

با مشتق‌گیری از رابطه (۲-۵۴) رابطه زیر حاصل می‌شود.

$$\frac{dh}{dx} = \frac{dz}{dx} - \tan\alpha \qquad (۵۵-۲)$$

با جایگزینی معادله اخیر در رابطه (۲-۵۳) نتیجه می‌گردد:

$$q = -K(z\frac{dz}{dx} - z\tan\alpha) \qquad (۵۶-۲)$$

از طرفی "اصل پیوستگی جریان[2]" ایجاب می‌نماید که تساوی‌های:

$$dq=R.dx \qquad (۵۷-۲)$$

و یا

1 - Herringbone Drainage System.
2 - Principle of Flow Continuity

omoorepeyman.ir

$$\frac{dq}{dx} = R \qquad (۵۸-۲)$$

برقرار باشد که در آن:

R ، میزان تغذیه ناشی از بارندگی و یا آبیاری در واحد سطح اراضی متر در روز می‌باشد.

با جایگزینی معادله (۲-۵۶) در رابطه (۲-۵۸) که در واقع معادله پیوستگی جریان است، منتج به دستیابی به معادله معروف "بوسینسک[1]" به شرح زیر می‌گردد:

$$R = -K\frac{d}{dx}(z\frac{dz}{dx} - z\tan\alpha) \qquad (۵۹-۲)$$

که پس از تنظیم و مرتب کردن به شکل نهائی زیر در می‌آید:

$$R + \frac{۱}{۲}K\frac{d^۲z^۲}{dx^۲} - K\tan\alpha\frac{dz}{dx} = ۰ \qquad (۶۰-۲)$$

حل معادله (۲-۶۰) بسیار پیچیده است. هرگاه زهکشهای زیرزمینی برروی لایه غیرقابل نفوذ قرار داشته باشند و سطح تراوش را بتوان نادیده گرفت بعضی راه‌کارهای ترسیمی برای حل این معادله وجود دارد. بعنوان مثال، یک راه‌کار ترسیمی نسبت L/H را بعنوان تابعی از نسبت R/K بازاء مقادیر متفاوت $\tan\alpha$ ارایه می‌دهد که در آن برای نسبت‌های R/K بیشتر از ۰/۰۱ تفاوت در مقادیر نسبت‌های L/H برای شیب‌های کمتر از ۰/۳ کوچک می‌باشد. منحنی مربوط به $\tan\alpha$ برابر با صفر مشابه نتیجه حاصل از کاربرد معادله روت[2] برای جریان افقی بسمت زهکشهائی که برروی لایه غیرقابل نفوذ قرار داشته باشند، می‌گردد. معادله یاد شده اخیر را می‌توان به صورت زیر ارایه داد:

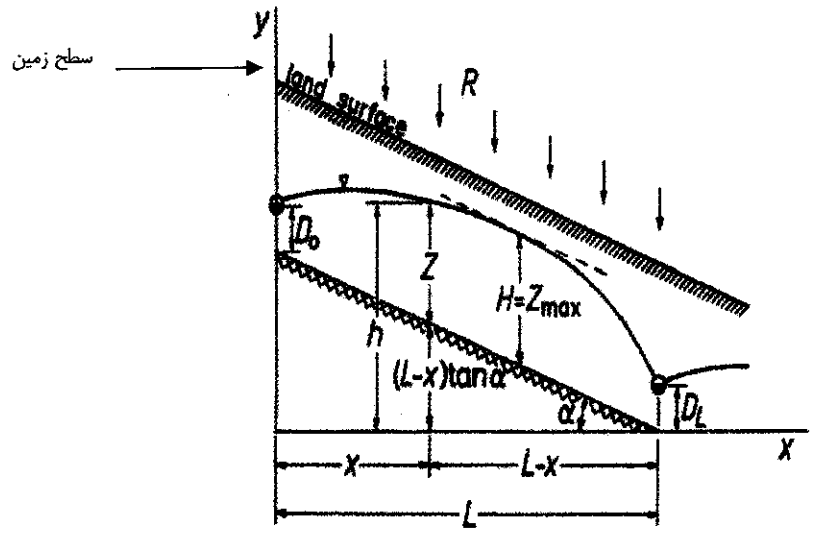
$$L/H = ۲\sqrt{K/R} \qquad (۶۱-۲)$$

تذکر : معادله اصلی روت (۱۹۲۴) بصورت $[R = (۴.K.H^۲)/L^۲]$ می‌باشد که پس از ترتیب مجدد به صورت معادله (۲-۶۱) در می‌آید.

بعضی پژوهشگران نیز راه حل‌های ترسیمی برای شرایطی که زهکش‌ها در بالای لایه محدود کننده قرار داشته باشند، ارایه نموده‌اند. بعضی تحقیقات نیز مؤید آنست که برای شیب‌های کمتر از ۰/۳ ، میزان افت سطح ایستابی تقریباً مستقل از شیب اراضی است. بنابر این برای شرایط غیر ماندگار زهکشی، مبانی نظری ارایه شده برای زهکشی مناطق مسطح را می‌توان برای اراضی شیب‌دار نیز بکار برد (برای شیب‌های کمتر از ۰/۳) . علائم و نشانه‌های به کار رفته در مورد استقرار زهکشهای حایل در اراضی شیب‌دار در شکل شماره (۲-۹) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir

1 - Boussinesque
2 - Rothe



شکل ۲-۹ - استقرار زهکش حایل در اراضی شیب‌دار

۲-۵-۳- جریان آب بین دو آبراهه

هرگاه دو آبراهه در دو طرف قطعه زمینی و یا در طرفین یک بند خاکی و بر روی لایه محدود کننده و افقی مسطحی با فاصله افقی B از یکدیگر قرار داشته باشند و برروی قطعه زمین محصور بین دو آبراهه هیچ گونه آبیاری و بارندگی نیز صورت نگیرد، در شرایطی که ارتفاع آب در یکی از آبراهه‌ها برابر با h_1 و در آبراهه دیگر (موازی با آن) برابر با h_2 باشد، بگونه‌ای که مقدار $h_1>h_2$ باشد، می‌توان از معادله "فورشهیمر" بشرح زیر استفاد نمود:

$$\frac{d^2h^2}{dx^2}=0 \qquad (۶۲-۲)$$

انتگرال معادله گفته شده بصورت زیر می‌باشد:

$$h^2=C_1x+C_2 \qquad (۶۳-۲)$$

که درآن C_1 و C_2 ثابتهای حاصل از انتگرال‌گیری می‌باشند. برای حل این معادله شرایط مرزی زیر مناسب می‌باشد:

$$\begin{aligned} x&=0 \qquad h=h_1 \\ x&=B \qquad h=h_2 \end{aligned} \qquad (۶۴-۲)$$

با کاربرد شرایط مرزی، مقادیر ثابت‌های مربوطه بشرح زیر حاصل می‌شود:

$$\begin{aligned} C_1&=(h_2^2-h_1^2)/B \\ C_2&=h_1^2 \end{aligned} \qquad (۶۵-۲)$$

با جایگزینی تساوی‌های اخیر در معادله اصلی (۲-۶۳) نتیجه کلی زیر حاصل می‌گردد:

$$h^2=h_1^2-(h_1^2-h_2^2)\frac{x}{B} \qquad (۶۶-۲)$$

omoorepeyman.ir

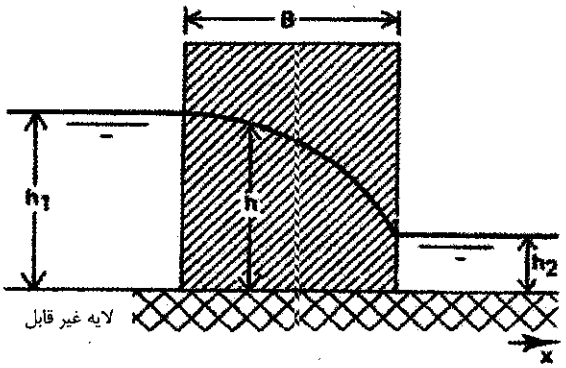
با کاربرد معادله "دارسی" و فرض همگن بودن قطعه زمین یا بند خاکی بین دو آبراهه و انتساب K بعنوان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نتیجه زیر برای میزان جریان بازاء واحد طول حاصل می‌گردد:

$$q = K.\frac{(h_1^2 - h_2^2)}{2B} \qquad (۲-۶۷)$$

که در آن B عرض قطعه زمین یا بند خاکی می‌باشد. هرگاه طول قطعه زمین شرایط مشابه را داشته، با کاربرد رابطه [Q=q×L] که در آن L طول قطعه زمین یا بند خاکی می‌باشد، معادله معروف "دوپوئی[1]" بشرح زیر حاصل می‌گردد:

$$Q = \frac{K.L\,(h_1^2 - h_2^2)}{2B} \qquad (۲-۶۸)$$

که در آن کلیه علائم قبلاً تعریف شده‌اند. علائم و نشانه‌های به کار رفته برای جریان آب بین دو آبراهه در شکل (۲-۱۰) نشان داده شده است.



شکل ۲-۱۰- نشت آب از درون خاکریز (آب‌بند) با سطح تراوش عمودی

۲-۶- مجاری زهکشی بدون پوشش و روشهای زهکشی سازگار با محیط زیست

- **مجاری زهکشی بدون پوشش**

مجاری زهکشی، بدون پوشش[2] بطور مصنوعی در لایه‌های زیرین نیمرخ خاک، بدون حفر ترانشه احداث می‌گردند. این نوع مجاری شبیه زهکشهای لوله‌ای هستند با این تفاوت که فاقد هرگونه پوششی از قبیل سفال (تنبوشه)، لوله سیمانی و یا پلاستیکی و یا سایر مواد پایدار کننده‌اند. ایجاد این قبیل زهکشها در واقع با طول عمر کم تلقی می‌گردد زیرا هرگاه شرایط خاک مناسب باشد، مجاری زهکشی در سالیان اولیه احداث کارائی داشته و سپس بتدریج تخریب گردیده و از بین می‌روند و در صورت ضرورت مجدداً بایستی نسبت به احداث آنها اقدام نمود. حداکثر عمر مفید آنها حدود ۱۰ سال و در شرایطی حتی کمی بیشتر از آن گزارش شده است.

مجاری زهکش بدون پوشش بطور کلی بدلیل عدم پایداری مناسب خاکها در اکثر شرایط، عملکرد مطلوب نداشته و به بیانی دیگر کارآئی آنها با عدم موفقیت به همراه بوده است. هرچند خاکهای رسی برای احداث این سیستم زهکشی مناسب دانسته شده

omoorepeyman.ir

1 - Dupuit.
2 - Mole

است لیکن درصد رس خاک، نمایه[1] خوبی برای توجیه ایجاد مجاری زهکشی نمی‌باشد. بعنوان مثال در یک بررسی که بروی سه نوع خاک با مقادیر متفاوت رس، در ایالت آیوا در کشور ایالات متحده امریکا بانجام رسید، مشخص گردید که در شرایط یکسان بودن سایر متغیرها، هرگاه میزان رس خاک بیشتر باشد، تخریب حفره ایجاد شده در زیر سطح خاک مزرعه سریعتر است.

از جمله عوامل مهم در مورد ایجاد مجاری زهکشی بدون پوشش، میزان رطوبت خاک مزرعه در زمان اجرای عملیات است. بطور کلی میزان رطوبت نیمرخ خاک باید در حدی باشد که خاک قدرت ایستائی لازم برای تردّد تراکتور و ایجاد مجاری زهکشی بوسیله خیش مربوطه را داشته باشد. قطرهای متداول در ایجاد مجاری بدون پوشش بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر است. به هر صورت، مجاری با قطر کمتر عمر مفید بیشتری دارند.

هرگاه بررسیهای اولیه نشان دهد که امکان ایجاد و ضرورت احداث مجاری زهکشی در منطقه‌ای توجیه‌پذیر است، می‌توان آنها را در خلاف جهت نصب زهکشهای زیرزمینی و در بخش فوقانی آنها ایجاد نمود. در این صورت مجاری زهکشی نقش زهکشهای کمکی و تکمیلی را خواهند داشت. در هر صورت بهتر آنست که خروجی این قبیل زهکشها از نوع لوله‌ای باشد. در شرایطی نیز جمع کننده مجاری زهکشی بدون پوشش می‌تواند ترانشه‌ای با شیب و عمق کافی باشد که بوسیله شن و ماسه پر شده و زه‌آبهای تخلیه شده بوسیله مجاری زهکشی را جمع‌آوری، انتقال و به محل خروجی هدایت نماید. اعماق تجربه شده برای احداث مجاری زهکشی بین ۰/۵ تا حداکثر ۱/۲ متر گزارش گردیده که تعیین عمق مطلوب و مناسب آن در منطقه بستگی به وجود لایه " پایدار یا غیر ریزشی[2] " در نیمرخ خاک و امکانات اجرایی دارد. فاصله بین دو خط مجاری زهکشی می‌تواند بین ۵-۵۰ متر متغیر باشد. طول این قبیل زهکشها با توجه به شیب اراضی بایستی کمتر از ۵۰۰ متر در نظر گرفته شود.

- **روشهای زهکشی سازگار با طبیعت و محیط زیست ***

این قبیل روشهای زهکشی که گاه تحت عنوان "روشهای دوستدار طبیعت" نیز نامیده می‌شوند، عبارتند از: زهکشی زیستی[3]، زهکشی خشک[4] و زهکشی کنترل شده[5] که در زیر کلیاتی در مورد هر کدام ارایه می‌گردد.

- **زهکشی زیستی:**

این روش زهکشی، غیرسازه‌ای بوده و اهداف زهکشی زیرزمینی از طریق کشت گیاهان (بطور عمده درختان غیربارده) بانجام می‌رسد. انتخاب نوع گیاهان (چندساله و یا دایمی) باید با در نظر داشتن مقاومت به "شوری" و یا بطور ترجیحی "هالوفیت بودن" آنها بانجام برسد. برای اجرای این روش زهکشی نوارهایی در مجاورت محدوده‌های زراعی به کشت گیاهان پر مصرف اختصاص داده می‌شود. این قبیل گیاهان به دلیل تعرّق، پتانسیل کمتری را در نیمرخ خاک بوجود می‌آورند. از این رو زه‌آبهای زیرزمینی که پتانسیل بیشتری دارند به سمت نوارهای یاد شده حرکت نموده و سطح آب زیرزمینی در محدوده‌های زراعی افت نموده و در واقع عمل زهکشی را بطریق زیستی بانجام می‌رسانند. در بررسیهای مرتبط با روش زهکشی " زیستی" مواردی از جمله: بیلان آب و املاح، سطح اراضی مورد نیاز برای کشت گیاهان (درختان غیربارده)، نیاز آبی گیاهان مورد عمل در روش زهکشی زیستی، کیفیت

---

1 - Index.
2 - Stable.
* برای آگاهی تفصیلی‌تری از چگونگی و شرایط اجرای این قبیل روشهای زهکشی می‌توان به مندرجات "مجموعه مقالات سومین کارگاه فنی زهکشی" شماره ۸۹ ، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (۱۳۸۳) مراجعه کرد.
3 - Bio-Drainage.
4 - Dry-Drainage.
5 - Controlled-Drainage.

omoorepeyman.ir

آب زیرزمینی و گستره تأثیر نوارهای احداث شده بر محدوده‌های زراعی باید مورد نظر باشد. طبق بررسیهای بانجام رسیده درختان مناسب برای این روش زهکشی بطور عمده می‌تواند انواع گز، اکاسیا، کهور، اکالیپتوس و... باشند.

- **زهکشی خشک:**

این روش زهکشی نیز غیر سازه‌ای است و اهداف زهکشی زیرزمینی را از طریق عدم کشت و کار نوارهایی در مجاورت محدوده‌های زراعی بانجام می‌رساند. برای اجرای این روش زهکشی بایستی نوارهایی از اراضی را بصورت موازی ایجاد نموده و بطور متناوب بصورت کشت و نکاشت نگهداری نمود. در حقیقت این روش زهکشی مشابه با روش زهکشی زیستی می‌باشد با این تفاوت که به جای غرس درختان، نوارهایی از اراضی بصورت نکاشت باقی می‌ماند. در این روش، به جای تبخیر و تعرق در گیاه فرآیند تبخیر از سطح خاک بدون پوشش (نکاشت) بانجام می‌رسد. بدیهی است که در این روش زهکشی، در بسیاری از موارد، سطح اراضی " نکاشت" بایستی بیشتر از سطح اراضی اختصاص داده شده به کشت درختان یا درختچه‌ها در روش "زهکشی زیستی" در نظر گرفته شود. در روش زهکشی خشک در اثر فرآیند تبخیر، نمکهای محلول آب زیرزمینی بوسیله نیروی موئینگی به سطح خاک رسیده و بر روی سطح اراضی تجمع می‌یابد. بنابراین ضرورت دارد که هر چند گاه یکبار نمکهای انباشته شده برروی سطح اراضی نکاشت بوسیله عملیات مکانیکی گردآوری، تخلیه و دفع گردد.

- **زهکشی کنترل شده:**

این روش زهکشی در حقیقت تلفیق عملیات آبیاری و زهکشی می‌باشد و از طریق هر دو نوع سیستم‌های زهکشی متعارف، یعنی کانالهای باز زهکشی و لوله‌های زهکشی زیرزمینی، قابلیت کاربرد دارد. برای اجرای این روش ضروری است که مقادیر زه‌آبهای خروجی را کنترل نمود بطوریکه ضمن باز و بسته نمودن خروجی زهکشها، بتوان سطح ایستابی را در نیمرخ خاک، در حد مطلوب تثبیت نمود. در این صورت، گیاهان می‌توانند از آب زیرزمینی بگونه‌ای استفاده نمایند که به گیاهان مورد عمل آسیبی از نظر حالت " زهداری" وارد نگردد. این روش زهکشی می‌تواند نقش با اهمیتی را در حفظ آب، افزایش راندمان آبیاری، حفظ مواد غذایی خاک و در نهایت کنترل کیفیت آب اراضی پایین‌دست داشته باشد. این روش زهکشی سالیان متمادی در کشورهای اروپایی، ایالات متحده امریکا و حتی شمال افریقا (کشور مصر) مورد استفاده قرار گرفته است. زهکشی کنترل شده می‌تواند بهمراه آبیاری زیرزمینی نیز اعمال گردد. در این صورت با معکوس نمودن جریان زهکشی، می‌توان نسبت به آبیاری زیرزمینی اراضی اقدام نمود.

۲-۷- لوله‌های زهکشی

لوله‌های زهکشی می‌تواند از انواع سیمانی، سفالی یا تنبوشه (رسی)، لوله‌های پلاستیکی موجدار (خرطومی) و یا سایر انواع مشابه و مشبک باشد. لوله‌های مشبک زیرزمینی به طور معمول برای کاربرد بعنوان زهکشهای زیرزمینی که بطور مستقیم زه‌آب را از درون نیمرخ خاک دریافت می‌نمایند مورد استفاده قرار می‌گیرند. تنبوشه های رسی بطور معمول ۰/۳ متر طول داشته و قطر آنها بین ۷۵-۱۵۰ میلیمتر و ضخامت دیواره آنها تقریباً ۱:۱۲ قطر آنها می‌باشد. تنبوشه‌های زیرزمینی ابتدا بصورت نر و ماده در کف ترانشه قرار داده می‌شود. سپس ترانشه بوسیله خاک پر می‌گردد. در اکثر حالت‌ها مواد پوششی نیز در اطراف لوله‌های زهکشی یا تنبوشه‌های زیرزمینی قرار داده می‌شود. بعضی از انواع تنبوشه‌ها (سفالی یا سیمانی) نیز ممکن است همانند لوله‌های موجدار دارای سطح جانبی

omoorepeyman.ir

مشبک باشند. جریان آب به درون لوله‌های زهکش زیرزمینی معمولاً از طریق فاصله بین دو تنبوشه (محل اتصال) و یا از طریق جدار مشبک آنها بانجام می‌رسد.

لوله‌های پلاستیکی موجدار یا خرطومی[1] (CPT) در سال ۱۹۶۷ بصورت تجاری تولید و از سال ۱۹۷۳ بطور بسیار قابل ملاحظه‌ای در امور زهکشی اراضی جایگزین لوله‌های سیمانی و سفالی بعنوان زهکشهای فرعی با قطر کم گردید. در حال حاضر لوله‌های پلی‌اتیلن با دانسیته زیاد[2] (HDPE) نیز بصورت گسترده‌ای بکار برده می‌شود. در کشورهای اروپائی لوله‌های پلاستیکی مورد مصرف بعنوان لوله‌های زهکشی زیرزمینی اراضی، بطور عمده از نوع پلی‌ونیل کلراید[3] (PVC) می‌باشند.

بطور کلی، لوله‌های پلاستیکی موجدار از نظر وزنی سبک بوده (تقریباً حدود $\frac{1}{25}$ وزن لوله‌های زهکشی سیمانی و یا سفالی هم قطر آنها)، در برابر واکنش‌های شیمیائی درون خاک مقاوم هستند و تولید آنها در طول‌های زیاد نیز امکان‌پذیر است. اتصال آنها به یکدیگر ساده می‌باشد و بدلیل وزن کم امکان جابجائی آنها در سطح مزرعه بسادگی مقدور می‌باشد. کاربرد یا نصب این قبیل لوله‌ها از طریق خیش‌های بدون ایجاد ترانشه[4] امکان‌پذیر می‌باشد، از نظر نیروی کار، در مقایسه با لوله‌های سیمانی یا سفالی نیاز به نیروی کار کمتری دارند. لوله‌های پلاستیکی موجدار (CPT) ممکن است بوسیله جوندگان صدمه ببینند و ضریب زبری آنها بطور نسبی زیادتر از انواع سفالی است. بدلیل جرم مخصوص ظاهری کم، در آب بصورت شناور در می‌آیند و در شرایط بسته‌بندی بصورت کلاف، شکل انحناء بخود می‌گیرند. این نوع لوله‌ها ممکن است در روی سطح جانبی دارای سوراخ یا شیار باشند. نحوه تعبیه سوراخ و یا شیار برروی سطح جانبی این قبیل لوله‌ها بصورت سه ردیف یا بیشتر است.

در انواعی از این قبیل لوله‌ها ممکن است نوعی صافی (فیلتر مصنوعی) متخلخل در فرایند تولید و ساخت در کارخانه بروی آنها تعبیه شده باشد که اعمال این مهم به منظور جلوگیری از عبور و ورود ذرات ریز معلق و یا همراه زه‌آبهای ورودی به درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی از نوع پلاستیکی می‌باشند.

۲-۷-۱- کیفیت لوله‌های زهکشی زیرزمینی

در احداث شبکه زهکشهای زیرزمینی بایستی از لوله‌هائی با کیفیت بسیار مطلوب استفاده نمود و از کاربرد لوله‌های تولیدی درجه دوم یا با کیفیت نامرغوب، اجتناب کرد.

۲-۷-۱-۱- ویژگی‌های مطلوب لوله‌های زهکشی زیرزمینی

لوله‌های زهکشی زیرزمینی بتونی و یا سفالی باید دارای خصوصیات عمومی زیر باشند:

- مقاومت در مقابل هوازدگی و عوامل تخریبی درون خاک؛
- دارا بودن استحکام کافی در برابر فشارهای استاتیک؛
- توانائی جذب اندک آب که بدین دلیل بایستی تراکم زیادی داشته باشند؛
- مقاوم بودن در برابر پدیده‌های یخ زدگی؛

1 - Corrugated Plastic Tubing (CPT)
2 - High-density Polyethylene (HDPE)
3 - Polyvinylchloride (PVC)
4 - Trenchless

omoorepeyman.ir

- نداشتن صدمات ظاهری از قبیل ترک خوردگی و ناصاف بودن جدار داخلی، خارجی و سطوح مقطع فوقانی و زیرین؛ و
- دارا بودن شکل ظاهری موزون و ضخامت دیواره و سطح جانبی یکنواخت.

لوله‌های زهکشی زیرزمینی که براساس ضوابط و استانداردهای (ASTM[1]) تولید شده باشند تا حدودی کلیه ویژگیهائی که در بالا فهرست گردید را دارا می‌باشند.

۲-۷-۱-۲- لوله‌های بتونی

لوله‌های بتونی باید از مواد و مصالح با کیفیت بسیار مرغوب تهیه شده و دوره مراقبت[2] از آنها بخوبی بانجام رسیده باشد. لوله‌های بتونی که باکیفیت مطلوب تهیه شده باشند، در مقابل پدیده‌های یخ زدگی مقاوم بوده، لیکن ممکن است در شرایط خاکهای با واکنش (pH) اسیدی یا قلیائی صدمه دیده و مورد تخریب قرار گیرند. بدین دلیل هرگاه استقرار لوله‌های بتونی در خاکهای اسیدی یا قلیائی مورد نظر باشد، لوله‌های تولیدی باید از کیفیت بسیار مطلوبی برخوردار بوده و سیمان بکار رفته در ساخت و تولید آنها از ویژگیهای شیمیائی بخصوصی بهره‌مند باشد. روشهای مراقبت از لوله‌های تولید شده، بر حسب اینکه استقرار آنها در خاکهای با واکنش (pH) اسیدی و یا قلیائی مورد نظر باشد، تفاوت می‌نماید.

۲-۷-۱-۳- لوله‌های سفالی

لوله‌های سفالی بایستی بنحو بسیار مطلوبی در کوره پخته شوند و از نظر ظاهری هیچ گونه درز و ترک، نقاط برآمده یا فرو رفته در سطح جانبی و بخشهای فوقانی و زیرین نداشته باشند و هرگاه بوسیله جسم فلزی به آن ضربه وارد شود بایستی از آن صوتی کوتاه و یکنواخت شنیده شود. لوله‌های سفالی زهکشی باندازه کاشی در کوره پخته نمی‌شوند. لوله‌های سفالی ساخته شده از کانی شِل[3] از نظر استحکام و جذب کمتر آب در مقایسه با لوله‌های سفالی تولید شده از نوع رس لایه‌های سطحی خاک بمراتب محکم‌تر و با دوام‌تر هستند. لوله‌های سفالی بطور معمول تحت تأثیر واکنش (pH) خاکهای اسیدی و یا قلیائی قرار نمی‌گیرند، لیکن در شرایطی که به تناوب موارد یخ زدگی و ذوب آن مطرح می‌باشد بهتر آنست که از لوله‌های بتونی استفاده شود. هرچند اغلب لوله‌های سفالی در مقابل پدیده یخبندان مقاوم می‌باشند، در شرایطی که عمق نصب لوله کمتر از ۰/۷ متر باشد، توصیه می‌شود که از انواعی با استاندارد "کیفیت عالی" استفاده بعمل آید. در اکثر خاکهای معدنی نوع لوله‌های زهکشی زیرزمینی (سفالی یا بتونی) باندازه رعایت و انتخاب کیفیت لوله با اهمیت نمی‌باشد.

۲-۷-۱-۴- لوله‌های پلاستیکی موجدار

لوله‌های پلاستیکی موجدار یا (CPT) از نظر ویژگیهای شیمیائی و واکنش خاکها مقاوم بوده و از این نظر از صدمات و خسارات احتمالی مصون می‌باشند. بدلیل سبکی وزن، امکان تولید آنها بصورت کلاف‌های طویل و دایره‌ای شکل مقدور بوده و بدین دلیل حمل و نقل آنها بسهولت امکان‌پذیر می‌باشد. این نوع لوله‌ها بایستی از نظر ظاهری دارای رنگ یکنواخت و مشابه بوده، جرم

omoorepeyman.ir

1 - American Society for Testing Materials (ASTM).
2 - Curing.
3 - Shale.

مخصوص یکسانی داشته و هیچ گونه صدمه قابل مشاهده‌ای اعم از فرورفتگی غیرعادی، له‌شدگی، برش طولی یا عرضی ناقص، پاره شدگی غیرمتعارف و برآمدگی خارج از حد استاندارد و امثال آن نداشته باشند.

لوله‌های پلاستیکی موجدار از جنس پلی‌اتیلن بایستی دارای سایر ویژگیهای ارایه شده در استانداردهای ASTM، D2412 F405، F667 ، نیز باشند. برای لوله‌های پلاستیکی موجدار با قطرهای ۲۵۴، ۳۰۵ و ۳۸۱ میلیمتر ویژگیهای ارائه گردیده در استانداردهای ASTM F667-80 بایستی رعایت گردد. همچنین معیارهای استاندارد درخصوص لوله‌های پلی ونیل کلراید (PVC) که کاربرد آن بیشتر در اروپا رایج است بوسیله استاندارد F800،ASTM مشخص شده است. در حال حاضر در شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور از استاندارد DIN-1187 سال ۱۹۸۲ میلادی که مورد تأیید سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO) می‌باشد، بیشتر استفاده بعمل می‌آید.

۲-۷-۲- ظرفیت طراحی زهکشهای زیرزمینی

دبی طراحی برای لوله‌های زهکشی زیرزمینی بیشتر مرتبط با تعیین اندازه (قطر) آنها است. ظرفیتهای طراحی برای مناطق مرطوب و شرایط اراضی تحت آبیاری، از نظر اصولی مبتنی بر معیارهای کاملاً متفاوتی می‌باشد. در هر کدام از این حالت‌ها "ضریب زهکشی" واژه ساده‌ای برای بیان میزان جریان محسوب می‌گردد و همانطوری که قبلاً بیان شد، منظور از آن عمق آبی است که طی مدت یک شبانه روز تخلیه گردد.

- **شرایط مناطق مرطوب:**

بطور معمول محدوده مورد زهکشی هر یک از لترالها از حاصلضرب طول و فاصله بین دو خط زهکش محاسبه می‌شود. در شرایطی که آبهای سطحی از طریق ورودی‌های سطحی نیز به شبکه زیرزمینی وارد شود، مجموع زهاب زیرزمینی و سطحی خواهد بود.

در مناطق مرطوب، ضریب زهکشی بصورت معنی‌دار و قابل ملاحظه‌ای با مقدار و شدت بارندگی همبستگی دارد و از این رو برآورد ضریب زهکشی دشوار است.

انتخاب ضریب زهکشی، بیش از همه مبتنی بر تجربیات محلی و قضاوت کارشناسی است. به هرحال ضریب زهکشی باید بنحوی انتخاب گردد که بتوان آب اضافی را با سرعت کافی از محدوده مورد نظر تخلیه و دفع نمود بطوریکه از این نظر خسارت جدّی متوجه گیاهان نگردد. هرگاه لایه‌های زیرین از نوع شن و ماسه و سایر مواد متخلخل باشد، "ضریب زهکشی " را باید تعدیل نمود. هرگاه مشخص باشد که سطح ایستابی باید روزانه چقدر کاهش یابد، می‌توان ضریب زهکشی را از مقدار تخلخل موثر یا قابل زهکشی خاک محاسبه نمود.

- **شرایط اراضی تحت آبیاری:**

در این قبیل اراضی حجم آب تخلیه شده بوسیله زهکشی می‌تواند بین ۱۰-۵۰٪ آب کاربردی در امر آبیاری باشد. در شرایطی که تمامی قطعات به طور همزمان آبیاری شود، "ضریب زهکشی" به اندازه مساحت اراضی وابسته است. از آنجا که به طور معمول کلیه اراضی محدوده همزمان آبیاری نمی‌شوند، میزان ضریب زهکشی باید متناظر با مساحتی که به طور همزمان مورد آبیاری قرار می‌گیرد، تعدیل گردد. در این شرایط، در هنگام برآورد ضریب زهکشی، مقادیر نشت از بالادست نیز بایستی مورد ملاحظه قرار گیرد. ضریب زهکشی برمبنای نشت آب از کانالها (آبیاری یا آبرسانی در سطح قطعه زراعی) از طریق رابطه (معادله ۲-۱) قابل برآورد می‌باشد.

omoorepeyman.ir

سازمان حفاظت خاک کشور ایالات متحده امریکا[1] در سال (۱۹۷۳) ضمن بررسیهای انجام شده در ایالات غربی آن کشور، میزان دبی تخلیه لوله‌های زهکشی زیرزمینی را بسیار متغیر به دست آورده است. بنابراین انجام بررسیهای محلی برای امور طراحی زهکشهای زیرزمینی موکداً توصیه شده است. بعنوان مثال برای ناحیه‌ای در ایالت کالیفرنیا رابطه زیر ارایه گردیده است:

$$q = ۱/۵۶.A^{۰/۷۵} \qquad (۶۹-۲)$$

q ، حداکثر شدت جریان (لیتر در ثانیه)

A ، محدوده مورد زهکشی (هکتار)

۲-۷-۳- انتخاب شیب مناسب زهکشهای زیرزمینی

حداکثر شیب در شرایطی که لوله‌های زهکشی زیرزمینی برای انتقال دبی حداکثر طراحی می‌شوند و یا استقرار آنها در خاکهای غیرپایدار بانجام می‌رسد، عامل محدود کننده‌ای است. در مواقعی که زهکشهای زیرزمینی در خاکهای ماسه‌ای ریز و یا سایر انواع خاکهای ناپایدار نصب می‌شوند، ممکن است در اثر نشست خاک یا تغییر مسیر لوله‌ها دچار مشکل گردند، مگر آنکه با اعمال تمهیدات خاص، اتصال دو قطعه لوله یا تنبوشه بنحوی انجام شود که از بروز آنها جلوگیری بعمل آید. در شرایط بسیار نامطلوب ممکن است از بست‌های مخصوص و یا لوله‌های زهکشی انعطاف‌پذیر که دارای حالت ارتجاعی می‌باشند و یا از لوله‌های بتونی (سیمانی) دارای فاق و زبانه یا اتصال نر و ماده، لوله‌های فلزی و یا لوله‌های پلاستیکی استفاده نمود. در زهکشهای اصلی لوله‌ای، اعمال شیب‌های تند تا حد ۲-۳ درصد قابل قبول می‌باشد.

حداقل شیب طولی مناسب و کارآمد در حدود ۰/۲ درصد است. هرگاه ایجاد شیب کافی با محدودیت همراه باشد، می‌توان شیب‌های موردنظر را به اندازه‌ای کاهش داد که سرعت آب در لوله از ۳۰ سانتی‌متر در ثانیه کمتر نشود. بهرحال شیب حداقل بایستی بنحوی طراحی گردد که امکان تخلیه رسوبات موجود در لوله زهکشی زیرزمینی را فراهم آورد. اعمال شیب‌های کمتر از آنچه بعنوان شیب حداقل توصیه گردیده تنها در صورتی پیشنهاد می‌شود که در مرحله ساخت ملاحظات خاصی اعمال شود.

جدول (۲-۱۵)- حداقل شیب زهکشهای زیرزمینی

ردیف	قطر اسمی لوله‌های زهکشی (میلیمتر)	ماسه ریز و یا سیلت (لای) وجود ندارد[a]		ماسه ریز و سیلت (لای) ممکن است به زهکش وارد شود[b]	
		تنبوشه سفالی	لوله‌های پلاستیکی	تنبوشه سفالی	لوله‌های پلاستیکی
		حداقل شیب طولی، درصد			
۱	۷۵/۰	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۶۰	۰/۸۰
۲	۱۰۰/۰	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۴۷۰	۰/۵۰
۳	۱۲۵/۰	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۳۰	۰/۴۰
۴	۱۵۰/۰	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۲۰	۰/۳۳

a ، حداقل سرعت مورد نیاز شستشو ۰/۱۵ متر در ثانیه.

b ، حداقل سرعت مورد نیاز شستشو ۰/۴۲ متر در ثانیه.

omoorepeyman.ir

1 -SCS

۲-۷-۴- ملاحظات خاص و انتخاب مسیر مناسب برای نصب زهکشهای زیرزمینی

هرگاه سیستم زهکشهای زیرزمینی با اعمال دقت مناسب طراحی و نقشه‌های اجرایی آن نیز بطور مطلوبی تهیه شود ولی دقت لازم در زمینه نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی و نگهداری از آن صورت نگیرد، اهداف مورد نظر بصورت مطلوب و رضایت‌بخشی، تحقق نمی‌یابد.

به منظور اخذ نتیجه مطلوب، باید ترانشه مربوطه با دقت و با رعایت شیب طراحی حفر و کف ترانشه بطریقی آماده‌سازی شود که موجب تحمیل بیش از اندازه بارهای وارده (زنده و مرده[1]) به لوله‌های زیرزمینی نگردیده، نصب و اتصال قطعات لوله‌ها، بوسیله افراد خبره بانجام رسد. از طرفی هزینه‌های نصب لوله، کاربرد مواد پوششی و واریختن خاک به درون ترانشه بایستی منطقی و مقتصدانه باشد. علاوه بر این ضرورت دارد که کلیه مسیرها، اعماق و مشخصات لوله‌های مصرفی در هر خط لوله زهکشی زیرزمینی در مزرعه بر روی نقشه همچون ساخت[2] ثبت و نگهداری شود. تعیین مسیر مناسب برای نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی هرچند نیاز به تجربه علمی و عملی دارد، لیکن رعایت قواعد زیر بعنوان "رهنمودهای عمومی" مفید است.

- انتخاب محل خروجی زهکشی در بهترین مکان ممکن؛
- در صورت امکان ایجاد چند خروجی بجای یک خروجی منفرد؛
- طراحی و اجرای شبکه زهکشی بنحویکه حتی‌الامکان زهکشهای اصلی کمترین طول و زهکشهای مزرعه‌ای بیشترین طول ممکن را داشته باشند؛
- استفاده بسیار مطلوب و موثر از شیب اراضی موجود بویژه در سطح اراضی مسطح؛
- تبعیت از شیب طبیعی آبراهه‌ها در مورد زهکشهای اصلی و فرعی بخصوص در اراضی نسبتاً شیب‌دار؛
- احتراز از انتخاب مسیرهایی که مستلزم عملیات خاک‌برداری قابل ملاحظه باشند؛
- پرهیز نمودن از تقاطع مسیرهای خطوط شبکه زهکشی با آبراهه‌ها و در شرایطی که ضرورت ایجاب می‌نماید رعایت زاویه تقاطع ۴۵ درجه یا بیشتر از آن؛ و
- اجتناب در انتخاب مسیر اجرای شبکه زهکشی در آن قبیل اراضی که مخارج نصب و نگهداری قابل ملاحظه‌ای را موجب می‌گردند.

- **ملاحظات خاص در مورد انتخاب مسیر زهکشهای زیرزمینی**

در شرایطی که تغییر در مسیر طولی لوله‌های زهکشی زیرزمینی ضرورت یابد، بایستی نسبت به احداث جعبه اتصال و یا استفاده از سه‌راهی‌های پیش ساخته تی (T) یا وای (Y) شکل اقدام گردد. در شرایطی که شیب لازم و کافی وجود داشته باشد، خط لوله زهکشی مزرعه‌ای بایستی در نزدیکی بخش فوقانی زهکش اصلی، آن را قطع نموده و به آن متصل گردد.

به هر حال هرگاه شیب کافی وجود نداشته باشد، شیب خط لوله زهکشی مزرعه‌ای نیز می‌تواند در ارتفاعی کمتر، لیکن حداقل در محدوده خط مرکزی لوله، زهکش اصلی را قطع و به آن تخلیه شود. وجود اختلاف ارتفاع بین امتداد خط شیب زهکش مزرعه‌ای و زهکش اصلی را می‌توان از طریق افزایش شیب در محدوده چند متری انتهای محل اتصال آنها به یکدیگر بطور مصنوعی ایجاد

1 - Live and Dead Loads.
2 - As Built

omoorepeyman.ir

نمود. در شرایطی که لازم باشد اتصال بیش از دو خط لوله زهکش زیرزمینی در یک نقطه اجرا گردد، بایستی از سازه‌هایی مانند چاهک آدم رو استفاده نمود.

- **بارهای موثر بر لوله‌های زهکشی زیرزمینی**

لوله‌های زهکش زیرزمینی که در عمق معینی نصب می‌شوند، بایستی " استحکام[1] " لازم جهت تحمل بارهای وارده را داشته باشند. در مورد زهکشهای زیرزمینی، باری که بطور معمول مبنای تعیین مقدار استحکام لوله‌های زهکشی زیرزمینی است، وزن خاک واریخته به درون ترانشه بروی لوله‌ها می‌باشد. مقدار باری که لوله‌های زیرزمینی باید بصورت مطلوبی تحمل نمایند بستگی کاملی به وزن واحد حجم خاک[2]، عرض و عمق ترانشه ایجاد شده، روش آماده‌سازی بستر و چگونگی استقرار لوله‌های زهکشی در درون ترانشه دارد. هرگاه لوله‌های زهکشی در عمق کم (حدود ۰/۹ متر) قرار داشته باشند، همواره خطر ناشی از تحمیل بار بوسیله ماشینها و ادوات مزرعه‌ای می‌تواند وجود داشته باشد. بدین منظور نحوه استقرار لوله‌های زهکشی باید بگونه‌ای باشد که از تحمل بار بوسیله لوله اطمینان حاصل گردد. در اکثر شرایط، نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی در ترانشه‌های عریض و اعماق قابل ملاحظه بانجام می‌رسد. بیل‌های کابلی (درگ لاین) و بیل‌های مکانیکی و یا ماشینهای مشابه را می‌توان برای حفر ترانشه‌های عمیق بکار برد. ترانشه‌های ایجاد شده، بوسیله این ماشینها بطور نسبی" عریض" می‌باشند که در نتیجه بارهای زیادتری را به روی مجاری زیرزمینی وارد می‌نمایند. در این شرایط، در مقایسه با عرض کار ماشینهای زهکشی ترانشه‌بردار[3] و یا بدون ایجاد ترانشه[4] ضرورت دارد تا از لوله‌های با استحکام بیشتری استفاده بعمل آید.

در جداول (۲-۱۶) و (۲-۱۷) رهنمودهای لازم و کلی در مورد حداکثر مقادیر عمق ترانشه و چگونگی اثر بار وسایل نقلیه به لوله‌های زیرزمینی ارایه شده است.

جدول (۲-۱۶)- حداکثر مقادیر اعماق توصیه شده جهت نصب لوله‌های زیرزمینی در خاکهای بدون ساختمان و ریزدانه (متر)

ردیف	قطر اسمی لوله‌ها		کیفیت لوله‌ها	عرض ترانشه در بخش فوقانی نصب لوله‌ها (متر)					
	میلیمتر	اینچ		۰/۲	۰/۳	۰/۴	۰/۶	۰/۸	≥۱/۰
۱	۱۰۲	۴/۰	استاندارد	a	۳/۹	۲/۱	۱/۷	۱/۶	۱/۶
۲			نوع سخت	a	۳/۹	۳/۰	۲/۱	۱/۹	۱/۹
۳	۱۵۲	۶/۰	استاندارد	a	۳/۱	۲/۱	۱/۷	۱/۶	۱/۶
۴			نوع سخت	–	۳/۱	۲/۹	۲/۰	۱/۹	۱/۹
۵	۲۰۳	۸/۰	استاندارد	–	a	۲/۲	۱/۷	۱/۶	۱/۶
۶			نوع سخت	–	a	۳/۰	۲/۱	۱/۹	۱/۹
۷	۲۵۴	۱۰/۰	–	–	–	۲/۸	۲/۰	۱/۹	۱/۹
۸	۳۰۵	۱۲/۰	–	–	–	۲/۷	۲/۰	۱/۹	۱/۹
۹	۳۸۱	۱۵/۰	–	–	–	–	۲/۱	۱/۹	۱/۹

a ، برای این عرض و کمتر از آن هرگونه عمق نصب مجاز است. حداقل فاصله بین جدار لوله و دیواره ترانشه بایستی ۰/۰۸ متر باشد.

* جرم مخصوص ظاهری خاک برابر با ۱/۷۵ گرم بر سانتیمتر مکعب در محاسبات منظور شده است.

1 - Strength.
2- Unit Wieght of the Soil.
3- Trencher
4 - Trenchless

omoorepeyman.ir

جدول (۲-۱۷)- بارهای وارد شده بوسیله چرخهای وسایل نقلیه به لوله‌های زیرزمینی سخت (برحسب درصد وزن وسیله نقلیه)

ردیف	عمق خاک واریخته بروی لوله یا تنبوشه زهکشی (متر)	عرض ترانشه در بخش فوقانی لوله زهکشی (متر)				
		۰/۳۰	۰/۶۰	۰/۹۰	۱/۲۰	۱/۵۰
۱	۰/۳۰	۱۷/۰۰	۲۶/۰۰	۲۸/۶۰	۲۹/۷۰	۳۰/۲
۲	۰/۶۰	۸/۳۰	۱۴/۲۰	۱۸/۳۰	۲۰/۷۰	۲۲/۷۰
۳	۰/۹۰	۴/۳۰	۸/۲۰	۱۱/۳۰	۱۳/۵۰	۱۵/۸۰
۴	۱/۲۰	۲/۵۰	۵/۲۰	۷/۲۰	۹/۰۰	۱۱/۵۰
۵	۱/۵۰	۱/۷۰	۳/۳۰	۵/۰۰	۶/۳۰	۸/۳۰
۶	۱/۸۰	۱/۰۰	۲/۳۰	۳/۷۰	۴/۷۰	۶/۲۰

۱- ارقام متن جدول برحسب درصد، مشتمل بر بارهای زنده و اثرات بارهایی که به طول ۰/۳ متر لوله (تنبوشه) انتقال می‌یابد.

تذکر : بارهای زنده انتقالی بصورت عمده‌ای در اعماق بیشتر از ۱/۸ متری قابل اغماض می‌باشند.

۲-۷-۵- فیلتر و مواد پوششی[1] مورد نیاز زهکشهای زیرزمینی*

پس از ایجاد ترانشه جهت تعبیه لوله‌های زهکشی بطور معمول چنین مرسوم است که اطراف آن را با فیلتر یا مواد متخلخل[2] می‌پوشانند. کاربرد چنین موادی در اطراف لوله‌های زهکشی زیرزمینی برای موارد زیر است:

- جلوگیری از حرکت و انتقال ذرات خاک به درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی که امکان دارد موجب گرفتگی فیزیکی لوله‌های زهکشی را فراهم آورد.
- ایجاد محیط تراوائی در اطراف لوله‌های زهکشی زیرزمینی بطوریکه جریان آب با مقاومت کمتر وارد لوله‌های زهکشی گردد.
- ایجاد بستر مناسبی برای استقرار لوله‌های زهکشی زیرزمینی.

خاکهای مناطق مرطوب عموماً دارای ساختمان نسبتاً پایداری هستند. در چنین شرایطی شاید نیاز به استفاده از فیلتر یا مواد پوششی برای جلوگیری از ورود مواد بسیار ریز بدرون لوله‌های زهکشی نباشد و در اکثر مواقع از خاک لایه سطحی[3] که محتوی مواد آلی بیشتری نسبت به خاک لایه‌های زیرین[4] می‌باشد، بعنوان پوشش در اطراف تنبوشه‌های زهکشی استفاده بعمل می‌آید. لیکن در مناطق خشک و نیمه خشک خاکها معمولاً از نظر ساختمان[5] بسیار ناپایدار بوده که این حالت با افزایش عمق خاک تشدید می‌گردد. از طرفی وجود مقادیری یون سدیم (Na^+) در آب و محلول خاک موجب تسهیل در امر ناپایداری خاکدانه‌ها می‌شود. نقش فیلتر یا مواد پوششی تسریع در عبور آب و جلوگیری از ورود و تحرک موادی از قبیل لای، ماسه‌ریز و غیره می‌باشد، بنابراین مواد متخلخلی که در اطراف لوله‌های زهکشی قرار داده می‌شوند، در واقع نوعی لایه پوششی محسوب می‌گردند که امکان دارد ذرات رس معلق در

1 - Envelope Filters.

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات " پیش‌نویس استاندارد، ضوابط طراحی و انتخاب مواد و مصالح برای زهکشهای زیرزمینی" نشریه شماره ۲۶۶- الف، دفتر استاندارد مهندسی آب- وزارت نیرو (۱۳۸۳) مراجعه شود.

2 - Filter Materials .
3 - Top Soil
4 - Sub Soil
5- Structure

omoorepeyman.ir

آب را از خود عبور دهند، از آنجا که تعلیق مواد رسی در آب مدتها ادامه خواهد داشت، این مواد بدون ایجاد رسوبات قابل توجهی بوسیله جریان زه‌آبها از طریق لوله‌های زهکشی خارج خواهند شد.

کاربرد فیلتر یا مواد پوششی انواع مختلفی دارند، از قبیل مواد آلی، مواد مصنوعی (پشم شیشه و انواع زمین بافتها[1]) و بالاخره مواد معدنی. با توجه به بررسیهای انجام گرفته در سطح شبکه‌های آبیاری و زهکشی کشور تا زمان حاضر، کاربرد شن و ماسه رودخانه‌ای (طبیعی) مناسب‌تر تشخیص داده شده است.

شن و ماسه‌ای که قرار است بعنوان مواد پوششی بکار گرفته شود بایستی دارای دانه‌بندی بخصوصی باشد. بنابر این ضرورت دارد که در ابتدا چگونگی دانه‌بندی خاک محل استقرار زهکشهای زیرزمینی مشخص گردد. سپس دانه‌بندی مواد پوششی که بدین منظور کاربرد آن موردنظر است تعیین و جهت اخذ تصمیم در مورد انتخاب و تناسب کاربرد آن از روابط ذیل می‌توان استفاده نمود.

$$\frac{D_{50}(\text{فیلتر})}{D_{50}(\text{خاک})} = ۱۲ \text{تا} ۵۸ \qquad (۷۰-۲)$$

و

$$\frac{D_{15}(\text{فیلتر})}{D_{15}(\text{خاک})} = ۱۲ \text{تا} ۴۰ \qquad (۷۱-۲)$$

که در این روابط :

D_{50}، عبارت از قطری از ذرات می‌باشد که در منحنی تجمعی دانه‌بندی مواد پوششی یا خاک ۵۰٪ وزنی ذرات از آن کوچکتر باشند.

D_{15}، قطری از ذرات خاک یا مواد پوششی است که ۱۵٪ وزنی ذرات از آن کوچکتر باشند.

در حالتی خاص که خاک درون ترانشه[2] همچنین شن و ماسه‌ای که کاربرد آن مورد نظر است، از دانه‌بندی یکنواختی برخوردار باشند از رابطهٔ زیر نیز می‌توان استفاده نمود:

$$\frac{D_{15}(\text{فیلتر})}{D_{85}(\text{خاک})} < 5 \qquad (۷۲-۲)$$

همانطوریکه در بعضی مراجع معتبر توصیه شده است، بیش از ۱۰٪ از ذرات شن و ماسه‌ای که بعنوان مواد پوششی بکار گرفته می‌شود نبایستی از الک شماره ۶۰ (قطر سوراخها ۰/۲۵ میلیمتر) عبور نماید و همچنین قطر ۸۵٪ ذرات از نصف قطر سوراخهائی که بروی سطح جانبی لوله‌های زهکشی زیرزمینی وجود دارد نباید کمتر باشد. ضخامت مواد پوششی، شن و ماسه بطور معمول در حدود ده تا هشت سانتیمتر توصیه گردیده است.

بررسیهای انجام شده نشان می‌دهد که عدم موفقیت برخی از پروژه‌های زهکشی به دلیل نامتناسب بودن نوع فیلتر یا مواد پوششی بکار رفته بوده است.

همانگونه که در بالا بیان گردید در مناطق مرطوب تکامل خاکها بصورت مطلوب‌تری بانجام می‌رسد از این نظر خاکدانه‌های حاصله دارای پایداری مناسبی می‌باشند که در اثر جریان آب پایداری خود را حفظ می‌نماید، بالعکس در مناطق خشک و نیمه‌خشک

omoorepeyman.ir

1 - Geotextils
2 - Base Material .

بدلیل کمبود یا فقدان پوشش گیاهی، آب حاصل از ریزشهای آسمانی و یا آب آبیاری کاربردی، همواره مقادیری از خاک را شسته و با جریانهای حاصله به زهکشها منتقل می‌نماید. شواهد عملی این حالت از رسوبات حاصل در انواع لوله‌های زهکشی سفالی یا سیمانی بخوبی قابل ملاحظه است. درخصوص ارزیابی انواع مواد پوششی زهکشی روشهای متنوعی ابداع گردیده که یکی از معروفترین آنان رابطه ذیل است:

$$\frac{F}{A}=\frac{F\ (D_{50})}{A\ (D_{50})} \qquad (۷۳-۲)$$

که در آن :

F/A ، نسبت بین درشتی ذرات مواد پوششی به ذرات خاک می‌باشد (هر چه این نسبت بزرگتر باشد، نفوذپذیری مواد پوششی کاهش خواهد یافت).

D_{50} ، نیز قطری از ذرات می‌باشد که ۵۰٪ ذرات خاک بایستی از آن کوچکتر باشد.

خاکهای غیر چسبنده (که نیروی جاذبه بین ذرات آنان ناچیز است) عمدتاً پایدار نبوده و D_{50} آنها حدود ۰/۰۶ تا ۰/۱۲ میلیمتر برآورد شده است. در جدول (۲-۱۸) ضخامت مواد پوششی مورد نیاز بعنوان تابعی از نسبت (F/A) نشان داده شده است.

جدول (۲-۱۸)- ضخامت فیلتر بعنوان تابعی از نسبت (F/A)

ردیف	نسبت (F/A)	ضخامت فیلتر - سانتیمتر
۱	۱۲/۰	۱/۵-۲/۵
۲	۱۲/۰-۱۴/۰	۸/۰
۳	۲۴/۰-۲۸/۰	۱۵/۰
۴	۲۸/۰-۴۰/۰	۲۲/۰

به طور معمول در شرایطی که ضخامت مواد پوششی از حدود ۸/۰ سانتیمتر بیشتر باشد، کاربرد آن مقرون بصرفه نمی‌باشد.

از این نظر توصیه گردیده است موادی که بعنوان فیلتر یا مواد پوششی انتخاب می‌گردند بایستی دارای نسبت (F/A)کمتر از ۲۴/۰ باشند.

با عنایت به آنچه در بالا در مورد فیلتر و مواد پوششی لوله‌های زهکشی زیرزمینی بیان گردید موارد ذیل قابل استنتاج کلی است:

اولین اقدام در مورد انتخاب ویژگیهای فیلتر یا مواد پوششی مناسب، تجزیه مکانیکی خاک مجاور فیلتر یا مواد پوشاننده و ترسیم منحنی دانه‌بندی آن می‌باشد. نمونه‌برداری از خاک بایستی از اعماقی معادل عمق استقرار احتمالی زهکشهای زیرزمینی بعمل آمده و آزمایشهای لازم برای مشخص نمودن دانه‌بندی آن بانجام رسد. تعدّد نمونه‌های خاک بستگی کاملی به درجه یکنواختی و حدود تغییرات خاک در اطراف لوله‌های زهکشی زیرزمینی خواهد داشت.

براساس اصول کلی تدوین شده در استانداردهای بین‌المللی در ارتباط با خاک مجاور مواد پوششی، موارد به شرح زیر قابل توصیف است. اگر اندازه ۵۰٪ ذرات خاک در اعداد ۱۲ و ۵۸ ضرب گردند ارقام حاصل بترتیب حد بالائی و پائینی اندازه مناسب ۵۰٪ ذرات مواد پوششی خواهد بود.

omoorepeyman.ir

بعبارتی دیگر اندازه ۵۰٪ ذرات فیلتر یا مواد پوششی بایستی در درون این دامنه واقع گردد. با ضرب نمودن اندازه ۱۵٪ ذرات خاک مجاور مواد پوششی در اعداد ۱۲ و ۴۰ ارقام حداقل و حداکثری حاصل خواهد آمد که اندازه ۱۵٪ مواد مصرفی بایستی در آن دامنه قرار گیرد. از نظر شکل نیز، منحنی دانه‌بندی مواد پوششی بایستی حتی‌الامکان موازی با منحنی دانه‌بندی خاک تغییر نماید.

علاوه بر آن کلیه ذرات مواد مورد استفاده بایستی از الک ۱/۵ اینچ (با اندازه سوراخهای ۳۷/۵ میلیمتر) عبور نموده و ۹۰٪ آن نیز از الک $\frac{۳}{۴}$ اینچ (با اندازه سوراخهای ۱۹/۰ میلیمتر) بگذرد و بیش از ۱۰٪ چنین موادی نبایستی از الک شماره ۶۰ عبور نماید.

کران بالائی اندازه ذرات مواد پوششی، لوله‌های زیرزمینی زهکشی را در مقابل تخریب یا تغییر مسیر و یا جمع شدن محافظت نموده و حد الک شماره ۶۰ (با اندازه سوراخهای ۰/۲۵میلیمتر) نیز از زیاد بودن درصد مواد ریزدرون مواد پوششی که منجر به گرفتگی احتمالی منافذ (روزنه‌ها) است جلوگیری می‌نماید.

پس از قرار دادن فیلتر یا مواد پوششی، بایستی با دقت مقداری خاک طبقات سطحی برروی آن واریخته و تا حدودی کوبیده و متراکم شود. پس از آن می‌توان سایر خاکهای حفاری شده را به درون ترانشه جایگزین[1] نمود.

- **معیارهای قابل پیش‌بینی**

نیاز به مواد پوششی برای عملیات زهکشی زیرزمینی به ویژگیهای فیزیکی و شیمیائی خاک، آب آبیاری و شرایطی که زهکشهای زیرزمینی در آن نصب می‌شوند، بستگی دارد. بطور معمول آگاهی از خصوصیات خاک برای اظهارنظر قطعی برای ضرورت کاربرد یا عدم نیاز به استفاده از مواد پوششی همواره امکان‌پذیر نمی‌باشد. در عین حال با توجه به تجارب موجود جهانی، در شرایط زیر می‌توان لزوم و یا عدم لزوم کاربرد مواد پوششی را پیش‌بینی نمود:

- در خاکهای ریزشی و ناپایدار، استفاده از مواد پوششی برای عملیات زهکشی زیرزمینی ضروری است.
- درخاکهای ماسه‌ای ریز، کاربرد مواد پوششی در کلیه شرایط برای عملیات زهکشی زیرزمینی لازم می‌باشد.
- خاکهایی که شاخص پلاستیسته[2] آنها بیشتر از ۱۲/۰ است*، گرایشی به ایجاد رسوب ندارند. بدین دلیل نیازی هم به کاربرد مواد پوششی برای امور زهکشی زیرزمینی وجود ندارد. بیان این نکته ضروری است که با رعایت این شاخص مشکل ورود ذرات ریز به درون مواد پوششی و در نتیجه به درون لوله‌های زهکشی منتفی شده و بدیهی است، در مواردی که کاهش مقاومت ورودی جریان زه‌آبها مورد نظر باشد، کاربرد مواد پوششی بایستی مورد توجه قرار گیرد.
- خاکهایی که ضریب یکنواختی[3] آنها بیشتر از ۱۵/۰ می‌باشد** و خاکهای درشت‌دانه‌ای که ۹۰ درصد ذرات تشکیل دهنده آن بزرگتر از عرض سوراخهای لوله‌های زهکشی زیرزمینی باشد، نیز نیازی به کاربرد مواد پوششی ندارند.
- در رابطه با میزان رس موجود در خاکها، عامل دیگری بنام نسبت جذب سدیم[4] (SAR) در شرایطی بایستی بصورت توامان با میزان رس خاکها، مورد نظر قرار گیرد، بطور معمول در مناطق معتدل، هرگاه خاک بین ۲۰ تا ۳۰ درصد رس داشته باشد،

---

1 - Back Filling .

2 - Plasticity Index .

* نمایه‌ای است که دامنه خمیرایی خاک را نشان می‌دهد و برابر با تفاضل مقدار رطوبت‌های حد روانی (LL) و خمیرایی (PL) است.

3 - Coefficient of Uniformity.

** ضریب یکنواختی، نسبت D۶۰ به D۱۰ است که در آن D۶۰ و D۱۰ به ترتیب قطرهایی هستند که ۶۰ و ۱۰ درصد وزنی دانه‌های خاک از آن کوچکتر است. این ضریب نشان دهنده یکنواختی یا عدم یکنواختی دانه‌بندی خاک است.

4 - Sodium Adsorption Ratio (SAR) .

نیازی به کاربرد مواد پوششی نمی‌باشد. در اراضی مورد آبیاری، هرگاه میزان رس خاکها حتی بیشتر از ۴۰ درصد باشد و در شرایطی که میزان (SAR) آنها کمتر از هشت باشد نیز نیازی به استفاده از مواد پوششی نیست، لیکن در حالاتی که این نسبت (SAR) بزرگتر از ۱۳/۰ باشد، بدلیل احتمال تخریب ساختمان خاک و گسیختگی خاکدانه‌ها ممکن است کاربرد مواد پوششی الزامی باشد.

تذکر : از آنجائیکه رابطه‌ای بین نسبت جذب سدیم (SAR) و درصد سدیمی تبادلی[1] (ESP) خاک وجود دارد، بطور کلی در مقادیر (ESP) کمتر از ۱۰/۰ مشکلات فیزیکی در خاک متصور نمی‌باشد و در مقادیر (ESP) زیادتر بخصوص بیشتر از ۱۵/۰ امکان تخریب ویژگیهای فیزیکی و مکانیکی خاکها وجود خواهد داشت.

توجه : بدلایل سهولت کاربرد، و هزینه‌ها در شرایط متعارف سعی می‌گردد که تنها از یک نوع مواد پوششی استفاده بعمل آید. متداول‌ترین نوع مواد پوششی شن و ماسه‌هایی است که از منابع قرضه و از رسوبات (نهشته‌های) طبیعی آبرفتی (عمدتاً رودخانه‌ای) و موجود در محل یا منطقه تأمین می‌گردد.

بعضی انواع مواد مصنوعی از جمله ژئوتکستایل‌ها (زمین بافت) نیز بصورت تجاری وجود دارد که بصورت ورقه یا نوارهای طویل، با عرض‌های متفاوت و ضخامت معین می‌تواند بعنوان صافی در زمان نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی در بخشهای فوقانی و زیرین (و یا سطح جانبی لوله) قرار داده شود. علاوه بر آن بطوریکه در مباحث قبل نیز گفته شد، بعضی کارخانه‌های سازنده، لوله‌های زهکشی زیرزمینی فیلتردار را تولید می‌نمایند.

فیلترهای مصنوعی معمولاً از مواد نایلونی، پلی‌پروپیلن و یا سایر مواد مشابه تولید می‌گردند. اندازه روزنه‌های موجود در این قبیل فیلترها بایستی بنحوی باشد که بعضی ذرات بسیار ریز و معلق در زه‌آب را از خود عبور دهند تا موجد لایه غیرقابل نفوذ در اطراف لوله‌ها نگردد، ضمن آنکه از ورود مواد درشت دانه (نسبی) که ممکن است در درون لوله‌های زهکشی رسوب نماید جلوگیری کند. در یک توصیه کلی می‌توان اظهار داشت که ۵۰٪ اندازه ذرات خاک بایستی بزرگتر یا مساوی با متوسط قطر روزنه‌های صافی یا فیلتر باشد. در جدول (۲-۱۹) وضعیت و چگونگی دانه‌بندی مواد اولیه و پوششی برای بررسی و کاربرد در امور طراحی و نصب زهکشهای زیرزمینی ارائه گردیده است.

جدول (۲-۱۹)- روابط بین چگونگی دانه‌بندی مواد اولیه (پایه) و مواد پوششی درجه بندی شده

ردیف	قطرهای ذرات مواد اولیه (پایه) که ۶۰٪ آن از الک مربوطه عبور نماید (میلیمتر)	درصد ذرات عبوری				
		۱۰۰	۶۰	۳۰	۱۰	۰
		قطر ذرات مواد پوششی (میلیمتر) محدوده‌های بالایی و زیرین آنها				
۱	۰/۰۵-۰/۰۲	۳۸/۰-۹/۵	۱۰/۰-۲/۰	۸/۷-۰/۸۰	۲/۵-۰/۳۰	۰/۶-۰/۰۷
۲	۰/۱۰-۰/۰۵	۳۸/۰-۹/۵	۱۲/۰-۳/۰	۱۰/۴-۱/۱۰	۳/۰-۰/۴۰	۰/۶-۰/۰۷
۳	۰/۲۵-۰/۱۰	۳۸/۰-۹/۵	۱۵/۰-۴/۰	۱۳/۱-۱/۳۰	۳/۸-۰/۴۰	۰/۶-۰/۰۷
۴	۱/۰۰-۰/۲۵	۳۸/۰-۹/۵	۲۰/۰-۵/۰	۱۷/۳-۱/۵۰	۵/۰-۰/۴۰	۰/۶-۰/۰۷

مثال : هرگاه مواد اولیه دارای اندازه ۶۰٪ ذرات با قطر ۰/۰۷۵ میلیمتر را داشته باشد (ارقام ردیف دوم جدول) و اندازه (قطر) مواد پوششی ۳۰، ۷، ۲ و ۰/۳ میلیمتر برای درصدهای عبور به ترتیب ۱۰۰، ۶۰، ۳۰، ۱۰ و ۰ درصد باشد، مواد پوششی برای کاربرد مناسب می‌باشد.

1- Exchangeable Sodium Percentage (ESP) .

omoorepeyman.ir

۲-۷-۶- مجاری ورود آب بدرون زهکشهای لوله‌ای زیرزمینی

لوله‌های سفالی و یا بتونی که به طور معمول دارای طول ۰/۳ متر می‌باشند هرگاه بصورت منظم و با فاصله یکسان درون نیمرخ خاک (ترانشه) قرار گیرند، آب درون خاک می‌تواند از محل فواصل بین آنها به زهکشها وارد شود. در حالت‌های متعارف، این مقادیر برای ورود آب به درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی کفایت می‌نماید، زیرا مساحت ایجاد شده برابر با ۱٪ سطح جانبی خارجی لوله است، که معادل با ۳۵۰۰ میلیمتر مربع در هر مترطول برای لوله‌های با قطر ۱۰۰ میلیمتر می‌باشد.

تجربه نشان داده است که این مساحت مانعی برای ورود آب به درون لوله‌های زهکشی ایجاد نمی‌نماید. برای لوله‌ای با قطر ۱۰۰ میلیمتر، تقریباً ۸۸ شیار به ابعاد ۲۵×۱/۶ میلیمتر و یا ۱۲۵ روزنه ۶ میلیمتری در هر مترطول لوله زهکشی می‌تواند کافی باشد. دو برابر نمودن مساحت و یا تعداد روزنه‌ها، مشروط بر آنکه بطور یکنواخت برروی سطح جانبی (خارجی) لوله توزیع شده باشند، فقط می‌تواند بمیزان ۲۰٪ میزان جریان ورودی بدرون لوله‌های زهکشی زیرزمینی را افزایش دهد. برای لوله‌های پلاستیکی موجدار (CPT) تجمع خاک در بخشهای فرو رفته لوله (بخش فرو رفته لوله موجدار) می‌تواند بطور قابل ملاحظه‌ای برروی جریان ورودی اثرگذار باشد. هرگاه بجای تعبیه سوراخ در بخشهای فرو رفته، سوراخها در قسمتهای برآمده لوله موجدار ایجاد گردند، میزان جریان ورودی بدرون لوله فقط به میزان کمی افزایش حاصل می‌نماید. هرگاه شیار یا روزنه‌ها بطور یکنواخت برروی سطح جانبی لوله توزیع شده باشند، شکل درزها و یا سوراخها بطور نسبی اهمیت زیادی ندارند. محدودیت ایجاد شده برای ورود آب به درون لوله‌های زهکشی موجدار بیشتر مرتبط با تجمع خاک در بخشهای فرو رفته و خاک اطراف لوله تا فاصله ۲۵ میلیمتری از آن می‌تواند بصورت قابل توجهی مطرح باشد. در طول این فاصله تقریباً ۵۰٪ افت بار در نتیجه همگرائی و اصطکاک در جریان آب حاصل می‌شود. هرگاه لوله زهکشی بوسیله مواد پوششی محاط و یا بوسیله مواد پوشاننده و نفوذپذیر دیگری محافظت شده باشد، میزان افت بار ورودی جریان فقط بمیزان حداکثر ۱۰٪ خواهد بود.

۲-۷-۷- مبانی هیدرولیکی محاسبه اندازه (قطر) زهکشهای زیرزمینی

ظرفیت هیدرولیکی زهکشها را می‌توان از طریق کاربرد رابطه مانینگ بدست آورد. با تساوی قرار دادن دبی طراحی و ظرفیت هیدرولیکی مجرا (آبراهه لوله‌ای با جریان پر برای انتقال زه‌آب)، قطر مورد نیاز از طریق رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$d = ۵۱/۷(D_C \times A \times n)^{۰/۳۷۵} .S^{-۰/۱۸۷۵} \qquad (۷۴-۲)$$

که در آن :

d ، قطر داخلی لوله زهکش (میلیمتر)

D_C ، ضریب زهکشی (میلیمتر در روز)

A ، مساحت محدوده زهکشی (هکتار)

n ، ضریب زبری برای کاربرد در معادله مانینگ

S ، شیب طولی خط زهکش (متر بر متر)

پس از محاسبه نظری قطر زهکش، اولین اندازه لوله‌ای که بصورت تجاری تولید و در محل یا منطقه موجود است برای این منظور انتخاب می‌گردد.

omoorepeyman.ir

ضریب زبری در معادله مانینگ (n) در اثر عواملی مانند: انحراف زهکش از مسیر در محل اتصال‌ها، ناهمواریهای سطح داخلی لوله از جمله میزان زبری دیواره‌ها، اتصالات و یا موجدار بودن لوله‌های پلاستیکی افزایش حاصل می‌نماید.

توصیه می‌گردد برای لوله‌های سفالی، بتونی و لوله‌های پلاستیکی، با در نظر گرفتن احتمال گرفتگی لوله‌ها، به ترتیب مقادیر ضریب زبری معادل ۰/۰۱۳ ، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۲۰ منظور گردد. براساس تجربیات حاصله و با توجه به کیفیت لوله‌های تولیدی در بعضی از کشورها ضریب زبری برابر با ۰/۰۱۵ برای لوله‌های سفالی و سیمانی در محاسبات اعمال می‌گردد.

پس از محاسبه قطر لوله زهکشی زیرزمینی (d ، برحسب میلیمتر) میزان دبی خروجی جریان را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$q = \frac{A \times D_C}{۸۶/۴} = ۰/۰۱۱۵۷ \times A \times D_C \qquad (۷۵-۲)$$

که در آن :

q ، میزان دبی خروجی یا انتقالی (لیتر درثانیه)

A ، مساحت محدوده زهکشی (مترمربع)

D_C، ضریب زهکشی عمقی (متر در روز)

محاسبه دبی جریان خروجی یا انتقالی (برحسب لیتر در ثانیه)، با استفاده از معادله زیر نیز امکان‌پذیر می‌باشد:

$$q = \frac{L \times W \times \Delta h \times S}{۸۶/۴} = ۰/۰۱۱۵۷ \times A \times \Delta h \times S \qquad (۷۶-۲)$$

که در این رابطه :

q ، میزان دبی خروجی یا انتقالی (لیتر در ثانیه)

L ، طول خط زهکش زیرزمینی (متر)

W ، فاصله بین دو خط زهکش زیرزمینی (متر) و مترادف با حرف (L) می‌باشد که در سایر زیربخشها بکار رفته است.

Δh ، نقصان یا افت سطح ایستابی که برای رشد و نمو مطلوب گیاه مورد نیاز است (متر در روز)

S ، تخلخل قابل زهکشی (درصد بصورت اعشاری اعمال می‌گردد).

نکته اول : رابطه بین "ضریب زهکشی عمقی یا D_C، برحسب میلیمتر در روز" و " افت سطح ایستابی یا Δh، برحسب متر در روز" و بصورت $[D_C = \Delta h \times S \times ۱۰۰۰]$ و رابطه بین " افت سطح ایستابی، برحسب متر در روز" و "ضریب زهکشی عمقی یا D_C، برحسب میلیمتر در روز" به شرح $[\Delta h = D_C \div (S \times ۱۰۰۰)]$ می‌باشد. بدیهی است که، [A=L×W] برحسب (مترمربع) خواهد بود.

نکته دوم : در اراضی تحت آبیاری مقدار ضریب زهکشی عمقی (D_C، برحسب میلیمتر در روز) از تقسیم میزان نفوذ عمقی آب آبیاری کاربردی (D_P) در هر دوره (برحسب میلیمتر) بر زمان بین دو تناوب آبیاری (T، بطور ترجیحی در ایام حداکثر نیاز آبی گیاه) برحسب (روز) یا بصورت $[D_C = (D_P \div T)]$ بدست می‌آید.

نکته سوم : قطر لوله‌های زهکشی اصلی، از طریق منظور نمودن مساحت اراضی کلیه زهکشهائی که به آن متصل می‌شوند، معین می‌گردد، لیکن در محاسبه نبایستی حداکثر ظرفیت زهکشهای مزرعه‌ای را در این مورد اعمال نمود. لوله زهکش، در هر نقطه

omoorepeyman.ir

درون سیستم زهکشی، باید برای دریافت و انتقال دبی جریان اراضی بالادست کارآیی لازم را داشته باشد. هر چند، بهرحال مقادیری رواداری را برای جمع‌آوری و دریافت میزان جریانها از طریق "ورودی‌های سطحی" و یا برنامه‌های زهکشی آینده، نیز باید مورد نظر داشت و این ملاحظات را رعایت نمود.

بدلیل سهولت کاربرد، در عمل، ضمن اعمال ضریب اطمینان کافی، حداقل قطر لازم برای زهکشهای زیرزمینی انتخاب می‌گردد.

با افزایش مساحت اراضی بالادست، سطح اراضی قابل زهکشی افزایش می‌یابد. بنابراین هر یک از قطر لوله‌ها فقط می‌تواند سطح معینی از اراضی را زهکشی کند. از این روست که در زهکشهای فرعی طولانی، آن را به صورت تلسکوپی طراحی می‌کنند.

علاوه بر موارد بیان شده عواملی از جمله: تقاضای ناحیه‌ای، موجودیت و امکان تهیه محلی، دقت در نصب، اعمال شیب مطلوب، احتمال عدم موفقیت سیستم لوله‌های زهکشی زیرزمینی از طریق رسوب گرفتگی در انتخاب قطعی "حداقل قطر لوله" کاملاً موثر می‌باشند.

برای اکثر مناطق مرطوب لوله‌های زهکشی با اندازه‌های)قطرهای) ۷۵–۱۰۰ میلیمتر بعنوان حداقل قطر لوله توصیه گردیده است. برای مناطق با خاکهای آلی و یا اراضی مورد آبیاری، حداقل قطرهای توصیه شده برای لوله‌های زهکشی زیرزمینی ۱۰۰–۱۲۵ میلیمتر در شرایط متعارف می‌تواند مورد نظر قرار گیرد. در شیب‌های ملایم، حداقل مقادیر ارایه شده در جدول (۲–۱۵) بمنظور تعیین حداقل قطر لوله مناسب، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در شرایط کاربرد معادله‌های تعیین فواصل زهکشهای زیرزمینی به روشهای ماندگار و غیر ماندگار و با استفاده از روابط موجود می‌توان میزان دبی تخلیه (Q) را محاسبه یا برآورد نمود.

در شرایط کاربرد روابط غیر ماندگار تعیین فاصله زهکشهای زیرزمینی، میزان دبی (Q) زهکشهای مزرعه‌ای (زیرزمینی) غیرثابت بوده و نسبت به زمان تغییراتی خواهد داشت. بطوریکه میزان دبی خروجی زهکشهای زیرزمینی، بلافاصله پس از اعمال عملیات آبیاری و در ارتباط با خیز سطح ایستابی در اثر شیب هیدرولیکی حاکم بر جریان به مراتب بیشتر از میزان دبی خروجی زهکشهای زیرزمینی قبل از انجام عملیات آبیاری خواهد بود.

بنابراین برای تعیین قطر زهکشهای مزرعه‌ای ابتدا لازم است که مقادیر دبی یا ظرفیت تخلیه زهکشهای زیرزمینی را مشخص نمود. این موضوع مرتبط با آن است که آبیاری سطح اراضی تحت پوشش زهکش به یکباره و یا بصورت متناوب بانجام برسد. بدیهی است که میزان دبی زهکشها در حالت آبیاری غیر همزمان کمتر است. در مورد محاسبه میزان دبی خروجی زهکشهای زیرزمینی در شرایط غیر ماندگار از روابط کلی زیر استفاده می‌شود.

۲-۷-۷-۱- برای شرایط استقرار زهکش زیرزمینی بالاتر از لایه محدود کننده

- **میزان دبی حداکثر**

$$Q = \frac{2\pi.K.\overline{D}.y_o}{86/4L} \qquad (۲-۷۷)$$

- **میزان دبی حداقل**

$$Q = \frac{2\pi.K.\overline{D}.y_t}{86/4L} \qquad (۲-۷۸)$$

omoorepeyman.ir

۲-۷-۷-۲- برای حالت استقرار زهکش زیرزمینی روی لایه محدود کننده

- **میزان دبی حداکثر**

$$Q = \frac{۴K.y_o^۲}{۸۶/۴L} \qquad (۷۹-۲)$$

- **میزان دبی حداقل**

$$Q = \frac{۴K.y_t^۲}{۸۶/۴L} \qquad (۸۰-۲)$$

در روابط فوق :

$\overline{D}$ ، عمق معادل تعدیل شده (متر)

Q ، میزان دبی زهکشهای زیرزمینی (لیتر در ثانیه بر واحد طول زهکش)

K ، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (متر در روز)

y_o، حداکثر ارتفاع سطح ایستابی در بخش فوقانی زهکش (متر)

y_t، ارتفاع متغیر سطح ایستابی بعنوان تابعی از زمان (متر)

L ، فاصله بین دو خط زهکش (متر)

هرگاه میزان دبی حداکثر Q_{y_o} و ظرفیت تخلیه حداقل Q_{y_t} منظور شود، میزان دبی متوسط زهکشهای زیرزمینی را می‌توان از معادله زیر محاسبه (برآورد) نمود.

$$Q_{ave} = ۰/۵(Q_{y_o} + Q_{y_t}) \qquad (۸۱-۲)$$

بدین ترتیب با کاربرد شرایط غیر ماندگار، حداکثر میزان دبی Q_{y_o} که در جریان آبیاری حاصل می‌گردد، بایستی در محاسبه قطر زهکشهای فرعی زیرزمینی (مزرعه‌ای) ملاک عمل قرار گیرد و این در شرایطی است که فرض گردد کلیه سطح اراضی مربوطه به یکباره (همزمان) آبیاری می‌شود. در غیر این صورت، میانگین دبی (Q_{ave}) معرف ظرفیت تخلیه زهکشهای زیرزمینی است که آبیاری سطح اراضی مربوط به آن بطور متناوب انجام می‌شود.

در مورد محاسبه میزان دبی تخلیه زهکشهای جمع کننده* فرعی زیرزمینی که عهده‌دار دریافت و انتقال مقادیر دبی خروجی زهکشهای فرعی زیرزمینی می‌باشند از معادله‌های کلی زیر استفاده بعمل می‌آید.

۲-۷-۷- ۳- برای شرایط استقرار زهکش جمع کننده بالاتر از لایه محدود کننده

$$Q = C.\frac{۲\pi K.\overline{D}.y_o}{۸۶/۴L}.\left(\frac{A}{L}\right) \qquad (۸۲-۲)$$

---

* زهکشهای جمع‌کننده (Collector Drains)، زهکشهای روباز یا روبسته‌ای (لوله‌های زیرزمینی) می‌باشند که جریان زهکشهای فرعی زیرزمینی و یا زهکشهای حایل (Interceptor Drains) را جمع‌آوری می‌کند و زه‌آبهای جمع‌آوری شده را به زهکشهای درجه ۲ و یا درجه ۱ و یا زهکش اصلی تخلیه می‌نماید. زهکشهای جمع‌کننده روباز نیز می‌توانند هرزآبهای سطحی را برای انتقال به خروجی دریافت نمایند.

omoorepeyman.ir

۲-۷-۷- ۴- برای حالت استقرار زهکش جمع کننده روی لایه محدود کننده

$$Q = C.\frac{۴ K y_o^۲}{۸۶/۴ L}.\left(\frac{A}{L}\right) = C.\frac{۴ K H^۲}{۸۶/۴ L}.\left(\frac{A}{L}\right) \qquad (۸۳-۲)$$

که در آن :

Q ، میزان دبی زهکش زیرزمینی (جمع کننده فرعی) برحسب لیتر در ثانیه در واحد سطح می‌باشد.

A ، سطح محدوده مورد نظر (تحت پوشش زهکشی) برحسب مترمربع.

C ، ضریب " دبی- مساحت" یا ضریب کاهش دبی می‌باشد که بیانگر کاهش دبی متناسب با افزایش سطح اراضی زهکشی است. سایر علائم معانی و ابعاد پیشین را دارند.

مقادیر مرتبط با ضرایب (C) که معرف رابطه بین دبی تخلیه ممکن و محتمل بازاء مقادیر متفاوت سطوح زهکشی می‌باشد در جدول (۲-۲۰) ارایه شده است.

جدول (۲-۲۰)- ضرایب رابطه بین دبی تخلیه زهکش جمع کننده بازاء مقادیر متفاوت سطوح زهکشی

ردیف	ضریب دبی- مساحت (C)		مساحت محدوده زهکشی (هکتار)	
	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر
۱	-	۱/۰۰	-	۱۶/۲
۲	۰/۹۲	۱/۰۰	۱۶/۲	۳۲/۴
۳	۰/۸۷	۰/۹۲	۳۲/۴	۴۸/۶
۴	۰/۸۲	۰/۸۷	۴۸/۶	۶۴/۸
۵	۰/۷۹	۰/۸۲	۶۴/۸	۸۱/۰
۶	۰/۷۶	۰/۷۹	۸۱/۰	۹۷/۲
۷	۰/۷۴	۰/۷۶	۹۷/۲	۱۱۳/۴
۸	۰/۷۲	۰/۷۴	۱۱۳/۴	۱۲۹/۶
۹	۰/۶۵	۰/۷۲	۱۲۹/۶	۱۹۴/۶
۱۰	۰/۶۰	۰/۶۵	۱۹۴/۶	۲۵۹/۲
۱۱	۰/۵۶	۰/۶۰	۲۵۹/۲	۳۲۴/۰
۱۲	۰/۵۴	۰/۵۶	۳۲۴/۰	۳۸۸/۸
۱۳	۰/۵۲	۰/۵۴	۳۸۸/۸	۴۵۳/۶
۱۴	۰/۵۰	۰/۵۲	۴۵۳/۶	۵۱۸/۴
۱۵	-	۰/۵۰	۵۱۸/۴	۲۰۲۵/۰

گرچه نقش اصلی زهکشهای جمع کننده، دریافت زه‌آبهای حاصل از عملیات آبیاری و یا جریان انتقالی بوسیله زهکشهای حایل می‌باشد و بدین دلیل بطور اصولی بایستی نوع لوله‌های "صاف و یا موجدار پلاستیکی با قطرهای حداکثر حدود ۲۵۰-۳۰۰ میلیمتر" انتخاب و اجرا گردد، لیکن بررسیهای بانجام رسیده نشان می‌دهد که در صورت کاربرد لوله‌های پلاستیکی مشبک و مجهز نمودن زهکشهای جمع‌کننده به مواد پوششی، این نوع زهکشها قادر می‌باشند همانند سیستم زهکشهای زیرزمینی و بصورت کمکی عمل نموده و در تعدیل مشکل زهکشی اراضی موثر باشند. بدیهی است در قطرهای بیشتر از ۳۰۰ میلیمتر، لوله‌های سیمانی (با و یا بدون

omoorepeyman.ir

کاربرد مواد پوششی) و در اکثر شرایط " ضدسولفاته" بایستی بکار گرفته شود. بدین دلیل در این شرایط، بهتر آنست که زهکشهای جمع کننده نقش دریافت، انتقال و دفع آبهای زهکشی را داشته باشند.

• علاوه بر آنچه در مورد انتخاب قطر مناسب و مطلوب زهکشهای زیرزمینی در کتب مرجع تخصصی در مورد برآورد و یا محاسبه میزان دبی (Q) حداکثر تخلیه یا انتقالی زهکشهای زیرزمینی، استفاده از روابط زیر نیز توصیه شده است:

۲-۷-۷- ۵- برای حالت جریان یکنواخت

$$Q = ۵۰\, d^{۲/۷۱۴} .S^{۰/۵۷۲} \qquad (۸۴-۲)$$

$$Q = ۲۲\, d^{۲/۶۶۷} .S^{۰/۵۰} \qquad (۸۵-۲)$$

۲-۷-۷-۶- برای حالت جریان غیریکنواخت

$$Q = ۸۹\, d^{۲/۷۱۴} .S^{۰/۵۷۲} \qquad (۸۶-۲)$$

$$Q = ۳۹\, d^{۲/۶۶۷} .S^{۰/۵۰} \qquad (۸۷-۲)$$

توجه : معادله‌های (۲-۸۴) و (۲-۸۶) مرتبط با لوله‌های صاف و روابط (۲-۸۵) و (۲-۸۷) مربوط به لوله‌های موجدار (خرطومی) مرسوم و متداول در امور زهکشی می‌باشند. جریان یکنواخت، به طور معمول مربوط به زهکشهای جمع کننده و جریان غیر یکنواخت مربوط به زهکشهای فرعی مزرعه‌ای است که در آن دبی زه آب به تدریج افزایش می‌یابد.

که در آن :

Q ، میزان دبی لوله زهکشی (مترمکعب در ثانیه)

d ، قطر داخلی لوله زهکشی (متر)

S ، گرادیان (شیب) هیدرولیکی لوله زهکشی (متر بر متر).

۲-۷-۸- سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

شبکه‌های زهکشی زیرزمینی بطور کلی عبارتند از: شبکه‌های طبیعی[1] (نامنظم)، جناقی[2]، موازی[3] و نوع زهکش‌های حایل یا قطع کننده[4] . ترکیب دو یا چند نوع از شبکه‌ها به منظور اجرای کامل عملیات زهکشی زیرزمینی در بعضی مناطق خاص ضرورت اجرا می‌یابد.

۲-۷-۸-۱- شبکه زهکشی زیرزمینی طبیعی یا نامنظم

شبکه زهکشی زیرزمینی (لوله‌ای) طبیعی یا نامنظم در مزارعی قابلیت کاربرد دارد که در آنها نیاز به اجرای عملیات زهکشی کامل اراضی وجود نداشته باشد. این سیستم زهکشی زیرزمینی از نظر طراحی شرایط انعطاف‌پذیری را داراست و از نظر اقتصادی نیز

1 - Natural or Random.
2 - Herringbone.
3 - Gridiron.
4 - Cutoff or Interceptor.

omoorepeyman.ir

بطور قابل ملاحظه‌ای مقرون بصرفه می‌باشد زیرا خطوط زهکشی بطور عمده از خطاالقعرها و یا از آبراهه‌های طبیعی موجود در سطح اراضی محدوده مورد نظر عبور داده می‌شوند.

۲-۷-۸-۲- شبکه زهکشی زیرزمینی جناقی

شبکه زهکشی زیرزمینی جناقی برای محدوده‌هایی کاربرد دارد که اراضی موردنظر سطح مقعری داشته و آبراهه یا مجرای طبیعی باریکی از بخش میانی آن عبور می‌نماید، بطوریکه اراضی محدوده از دو سمت به طرف آبراهه طبیعی شیب‌دار می‌باشند. خط زهکش اصلی طوری طراحی می‌گردد که هم جهت با شیب طبیعی و در نزدیکی و یا هم‌جوار با آبراهه طبیعی باشد.

۲-۷-۸-۳- شبکه زهکشی زیرزمینی موازی

این شبکه زهکشی شبیه سیستم زهکشی جناقی است، با این تفاوت که زهکشهای فرعی و لترالها فقط از یک سمت به زهکش اصلی وارد و زه‌آبهای دریافتی را به آن تخلیه می‌نمایند. این نوع شبکه از جمله معمولی‌ترین و متداولترین سیستم زهکشهای زیرزمینی است. الگوی شبکه زهکشی زیرزمینی موازی در مقایسه با شبکه زهکشی زیرزمینی جناقی اقتصادی‌تر است زیرا تعداد نقاط اتصال دو خط زهکش لوله‌ای زیرزمینی کاهش می‌یابد. هرگاه آبراهه طبیعی (مجرای واقع در خطاالقعر) عرض قابل ملاحظه‌ای داشته باشد، بایستی در هر قسمت آبراهه طبیعی یک خط زهکش جمع کننده تعبیه نمود که تحت عنوان سیستم با دو زهکش اصلی[1] نامیده می‌شود. بدین ترتیب خطوط زهکش زیرزمینی به دو دسته تفکیک می‌شوند که هرکدام از زهکشهای جمع کننده نقش دریافت و انتقال زه‌آبهای یک دسته خطوط زهکش زیرزمینی موازی را عهده‌دار خواهد بود. بدلیل عدم نیاز به قطع زهکشهای اصلی یا فرعی از آبراهه طبیعی فرسایش آبی در این شرایط پیش نمی‌آید. توصیه می‌گردد که اتصال دو زهکش زیرزمینی حتی‌المقدور بصورت عمود به انجام نرسد و اتصال دو خط زهکش زیرزمینی با زاویه‌ای کمتر از قائمه طراحی و مورد اجرا قرار گیرد.

۲-۷-۸-۴- سیستم زهکشی زیرزمینی حایل

سیستم زهکشی حایل* (کنترل جریانهای ورودی زیرزمینی) بطور معمول در دامنه یا بخش بالادست اراضی ماندابی نصب می‌گردد. شرایط طبیعی موجد حالتهای مرطوبی اراضی بدلایل برآمدگی لایه غیرقابل نفوذ و یا وجود نوعی طبقه با نفوذپذیری کم در اعماق سطحی، می‌باشد. در اکثر حالت‌ها چنین شرایطی در طول آبراهه‌های طبیعی وجود دارد. در این قبیل مناطق، نصب زهکشی حایل در دو طرف مجرای طبیعی (آبراهه) ضرورت اجرا می‌یابد.

در مناطق مرطوب، نصب زهکشهای حایل برای جلوگیری از جریانهای ورودی زیرزمینی در بخش بالادست منطقه تراوش[2] که در آن میزان نشت منتج از عمق کم و یا بیرون‌زدگی (رخنمون) لایه غیرقابل نفوذ در سطح اراضی است، بانجام می‌رسد. در مناطق تحت آبیاری، میزان نشت حاصل از کانالهای آبیاری بدون پوشش[3] در اکثر حالت‌ها موجب مرطوبی شدن اراضی و ایجاد خسارت برروی گیاهان در محل محدوده بخش زیردست است. فاصله اولین خط زهکش زیرزمینی حایل از کانال و یا نهرچه بطوریکه قادر

---

1 - Double-main System.

* زهکشهای روباز یا روبسته‌ای (لوله‌های زیرزمینی) می‌باشند که عموماً عمود بر جهت جریان آب زیرزمینی و به منظور جلوگیری از ورود جریان آب سفره‌های سطحی به مناطق پست احداث می‌شوند.

2 - Seepage Area.

3 - Unlined Canals.

omoorepeyman.ir

باشد بخش قابل ملاحظه‌ای از جریانهای ورودی زیرزمینی را دریافت، انتقال و تخلیه نماید در مراجع مربوطه مورد بحث قرار گرفته است[1] لیکن تعیین فاصله خط زهکش بعدی را می‌توان با کاربرد معادله‌های متعارف محاسبه نمود مشروط بر آنکه شیب اراضی مورد نظر کمتر از ۱۰٪ باشد.

۲-۷-۹- خروجی‌های سیستم زهکشی زیرزمینی

۲-۷-۹-۱- ویژگیهای مطلوب خروجی‌ها برای زهکشهای زیرزمینی

اهمیت ویژگیهای مناسب خروجی‌ها برای عملیات زهکشی زیرزمینی اراضی در محدوده‌های مورد نظر بدان دلیل است که درصد قابل توجهی از عدم موفقیت سیستم‌های زهکشی مربوط به انتخاب خروجی نادرست برای سیستم‌های زهکشی مربوطه بوده است.

خروجی مطلوب سیستم زهکشی بایستی دارای ویژگیهای زیر باشد:

- خروجی و جریان آزاد را با حداقل هزینه‌های نگهداری فراهم آورد.
- دبی تخلیه را بدون ایجاد فرسایش و یا صدمه به لوله‌های زهکشی انتقال و دفع نماید.
- عاری از جانوران کوچک و بخصوص جوندگان زیان‌آور باشد.
- بخش انتهای لوله‌های زهکشی را که به آن وارد می‌شوند، در مقابل صدمات ناشی از پایکوب شدن بوسیله چارپایان، هم چنین پدیده‌های جدی یخزدگی و ذوب آن مصون باشد.
- از ورود جریانهای سیلابی حداقل بمدت چند ساعت ممانعت بعمل آورد.

۲-۷-۹-۲- انواع خروجی‌های متداول و مرسوم برای زهکشهای زیرزمینی

دو نوع خروجی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی متداول است که عبارتند از : خروجی‌های ثقلی و پمپاژ زه‌آبهای حاصل از عملیات زهکشی اراضی محدوده موردنظر.

خروجی غیرثقلی (پمپاژ) در شرایطی کاربرد دارد که سطح آب در محل خروجی (آبراهه‌های طبیعی و سایر مجاری انتقال آب) بالاتر از محل خروجی زهکشهای زیرزمینی طی ایام قابل توجهی از دوره بهره‌برداری در طول سال باشد و یا اینکه بطور کلی رقوم ارتفاعی کف آبراهه یا مسیر مورد نظر مرتفع‌تر از خروجی زهکشهای زیرزمینی باشد.

خروجی‌های نوع ثقلی که کاربرد آن متداول‌تر است مشتمل بر آبراهه‌های طبیعی یا ساخته شده و چاههای تخلیه زه‌آبها، رودخانه‌ها و دریاهاست. نهرچه‌های خروجی بایستی ظرفیت لازم برای انتقال رواناب سطحی و آبهای حاصل از زهکشی زیرزمینی را داشته باشد.

برای اتصال لوله‌های زهکشی زیرزمینی به کانالها یا نهرچه‌های باز زهکشی، بخش انتهایی لوله‌های زهکشی باید به لوله‌های سخت یا لوله‌های فلزی موجدار تبدیل گردد. در محل خروجی لوله‌ها و تخلیه آن به کانالهای باز زهکشی تعبیه نوعی شبکه فلزی (توری) و یا دریچه یکطرفه[2] برای جلوگیری از ورود جانوران کوچک بخصوص جوندگان و عدم برگشت آب به درون لوله‌های زهکشی در اوقات پرآبی توصیه می‌شود. هرگاه احتمال ورود جریانهای طغیانی یا سیلابی بدرون زهکشهای زیرزمینی در مزرعه وجود

1 - SCS (1973) and USBR (1978).
2 - Flape Gate.

omoorepeyman.ir

داشته و یا موجب پس زدگی جریانهای خروجی گردد، نصب دریچه خودکار جزر و مدی بجای دریچه یکطرفه بایستی مورد توجه قرار گیرد. کف لوله زهکشی خروجی که به کانال یا نهرچه باز تخلیه می‌گردد بایستی حداقل ۰/۳ متر از ارتفاع عادی سطح آب در محل خروجی بالاتر باشد. طول بخش ابتدایی (لوله سخت یا موجدار فلزی) نبایستی بیشتر از ۵/۰ متر در نظر گرفته شود. قطر این لوله‌ها بایستی مشابه و یا بزرگتر از قطر لوله‌های زهکشی زیرزمینی باشد. در محل اتصال لوله فلزی به کانال زهکشی، ایجاد طوقه بتونی[1] توصیه می‌گردد. در برخی موارد ممکن است ایجاد آبشار قائم یا سایر سازه‌های پایدار کننده خروجی‌ها نیز ضروری باشد.

خروجی‌های قائم زهکشی چاههایی هستند که در درون سازندهای متخلخل زیرسطح خاک و یا در تشکیلات صخره‌ای طبقات زیرین احداث می‌شوند. وجود طبقات مناسب از جمله شرایط و حالت‌های استثنائی و نه متعارف است.

۲-۷-۱۰- طراحی برنامه پمپاژ برای تخلیه و دفع زه‌آبهای زهکشی

۲-۷-۱۰-۱- تعیین ظرفیت طراحی

به منظور انتخاب پمپ و دبی تخلیه باید ظرفیت طراحی مشخص شود.

ظرفیت مورد نیاز پمپاژ با ضرایب زهکشی (سطحی و زیرزمینی) ارتباط دارد، ضریب زهکشی به اثرات مشترک متغیرهایی از قبیل خصوصیات خاکها، وضعیت توپوگرافی اراضی، شرایط بارندگی (مقدار، شدت و پراکنش زمانی) و الگوی کشت مربوط است.

برنامه‌ریزی برای پمپاژ و زهکشی تا حدودی مشابه با عملیات و برنامه‌ریزی آبیاری است با این تفاوت کلی که ظرفیت طراحی آنها با یکدیگر متفاوت می‌باشد. برای پمپاژ زهکشی، بار هیدرولیکی معمولاً کمتر از ۶/۰ متر مورد نیاز است.

۲-۷-۱۰-۲- قدرت مورد نیاز و راندمان پمپ

توان مورد نیاز پمپ با آبدهی و بار کل پمپاژ متناسب است. بار کل پمپاژ مشتمل است بر:

بار سرعت، افت‌های ناشی از اصطکاک و بار استاتیک (شامل اختلاف ارتفاع بین سطح آب آزاد در محل ورودی و بار فشار در نقطه خروجی). هرگاه بخش انتهائی لوله در محل تخلیه بالاتر از سطح آب خروجی باشد، میزان بار تا رقوم مرکز لوله خروجی اندازه‌گیری می‌شود. قدرت مورد نیاز برای عملیات پمپاژ آب از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$KW = ۹/۸ \frac{q.h}{E_P} \qquad (۸۸-۲)$$

که در آن ،

KW ، نیروی انتقال یافته به پمپ (کیلووات)

q ، دبی (مترمکعب بر ثانیه)

h ، بار کل (متر)

Ep ، راندمان پمپ (بصورت اعشاری)

تذکر: هر کیلو وات (KW) برابر با ۱/۳۴۱ اسب بخار (hp) است.

omoorepeyman.ir

1 - Concrete Collar.

مقادیر قابل توجهی از انرژی مصرفی، برای جبران افت اصطکاک در پمپ و افت مربوط به بار سرعت می‌گردد. راندمان پمپ در شرایط بسیار مطلوب حدود ۷۵٪ و در شرایط نامناسب تا حد ۲۰٪ و یا کمتر است. سیستم پمپاژی که بدرستی طراحی شده باشد در شرایط کارکرد در محدوده‌های متغیری از بارهای مورد نظر بایستی راندمانی در حد ۷۰٪ یا بیشتر را داشته باشد. دستیابی به چنین راندمانی به دلایل انتخاب نوع پمپ، تغییرات نامنظم ارتفاع دینامیک پمپاژ، فرسایش غیرمعقول اجزاء پمپ و سایر عوامل مشکل است.

۲-۷-۱۰-۳- منحنی کارکرد پمپ‌ها

کلیه سازندگان پمپ‌ها، شرایط کاری پمپ‌های تولیدی را بصورت منحنی‌هایی که محور عمودی آن ارتفاع پمپاژ و محور افقی آن دبی پمپ را نمایش می‌دهد ارائه می‌کنند. این منحنی‌ها که برای دور ثابت یک پمپ تهیه می‌شود، امکان انتخاب پمپ مناسبی را برای طراح فراهم می‌کند. در این منحنی‌ها علاوه بر تغییرات دبی در مقابل تغییرات ارتفاع پمپاژ، مشخصه‌های دیگری از جمله منحنی‌های تغییرات راندمان پمپ، قدرت الکتروموتور و ارتفاع مثبت خالص مکش* (NPSH)[1] را نیز در اختیار طراح قرار می‌دهد. پمپ مناسب بصورتی انتخاب می‌شود که در منحنی کارکرد پمپ حداکثر راندمان فراهم شود و تغییرات ارتفاع پمپاژ در محدوده مجاز پمپ باشد. از طرف دیگر این منحنی‌ها اطلاعات لازم در مورد ارتفاع مثبت خالص مکش (NPSH) مورد نیاز پمپ را نیز در اختیار طراح قرار می‌دهد تا با محاسبه NPSH از شرایط طراحی مطمئن شود که پدیده خوردگی[2] در پمپ‌ها فراهم نمی‌گردد.

۲-۷-۱۰-۴- برنامه پمپاژ برای تخلیه و دفع زه‌آبهای زهکشی

شرایط پمپاژ برای تخلیه و دفع زه‌آبهای سطحی و یا زیرزمینی زمانی ضرورت می‌یابد که امکان انجام آن بطریق ثقلی مقدور نباشد. از جمله مواردی که تخلیه بوسیله پمپاژ اجتناب‌ناپذیر می‌گردد می‌توان به اراضی بالادست و هم جوار خاک‌ریزها (سیل‌بند)، و یا اراضی مسطح دور از خروجی نهایی اشاره نمود. بطور کلی برنامه پمپاژ باید برای تخلیه و دفع زه‌آبهای زهکشی برای حجم زیاد و بار هیدرولیکی کم مناسب باشد.

طراحی برنامه پمپاژ برای مزارع کوچک می‌تواند بصورت ساده‌ای برمبنای دبی توصیه شده برای طراحی زهکشهای روباز که رواناب سطحی را حمل می‌کند باضافه ۲۰٪ در نظر گرفت. هرگاه نیروی برق در دسترس باشد، الکتروپمپی که مجهز به سیستم کنترل خودکار باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای عملکرد مطلوب سیستم پمپاژ در امور زهکشی برای محدوده‌های وسیع‌تر از ۴۰ هکتار بایستی نسبت به تعریض نهرچه‌های باز زهکشی اهتمام نموده و یا نسبت به ایجاد حوضچه یا مخزن ذخیره زه‌آب اقدام نمود. در شرایطی که امکان ذخیره زه‌آبها در کانالها یا مجاری روباز فراهم باشد، احداث مخزنی به قطر حدود ۲/۰ متر جهت استقرار پمپ(ها) کفایت می‌نماید. در اکثر شرایط، پمپاژ زه‌آبها (سطحی و زیرزمینی) بطور عمده در دوره‌های مرطوب بخصوص ماههای فصل بهار ضرورت می‌یابد لیکن در مناطق بسیار پست ممکن است عملیات پمپاژ در کلیه ایام سال ضروری باشد. بطور کلی عملیات پمپاژ زه‌آبها بایستی بنحوی برنامه‌ریزی گردد که فقط طی ۱۰-۲۰٪ ایام، بطور متناوب بانجام رسد. گاهی از نظر اقتصادی بهتر

---

* بنا به تعریف عبارت است از فشار کل سیال در دهانه مکش پمپ که نسبت به فشار تبخیر سیال در درجه حرارت پمپاژ سنجیده می‌شود و واحد آن (NPSH) در سیستم متریک برحسب متر (و در سیستم انگلیسی بر حسب فوت) می‌باشد.

1 - Net Positive Suction Head (NPSH) .
2 - Cavitation .

omoorepeyman.ir

آنست که یک دستگاه پمپ کوچک بمدت چند روز متوالی، عمل پمپاژ، تخلیه و دفع زه‌آبها را بجای یک دستگاه پمپ بزرگ با دوره عملیات متناوب و کوتاه‌مدت بانجام رساند. در اکثر حالت‌ها برنامه پمپاژ در امور زهکشی با کمبود ظرفیت انبارش مواجه می‌باشند و حدود تغییرات بار آبی در آن نیز بسیار کم است. بدین دلیل انتخاب الکتروپمپ مجهز به سیستم کنترل خودکار توصیه می‌شود. نتایج بعضی بررسیها نشان می‌دهد که برنامه پمپاژ در امور زهکشی با استفاده از الکتروپمپ‌های دارای سیستم کنترل خودکار که ۱۰-۱۵ بار در هر ساعت قطع و وصل می‌شوند مناسب می‌باشد.

موتورپمپ‌های احتراقی درون‌سوز، معمولاً بطریق دستی روشن می‌گردند، لیکن امکان خاموش شدن آنها از طریق سیستم کنترل خودکار نیز مقدور است. طبق یک توصیه اعلام گردیده که دفعات قطع و وصل پمپ‌های غیرخودکار نبایستی بیش از دوبار در روز باشد[1].

پمپ‌های مجهز به موتورهای درون‌سوز در مقایسه با الکتروپمپ‌ها نیاز به مخازن بزرگ ذخیره زه‌آب را دارند. در برنامه‌ریزی‌های ایستگاههای پمپاژ بزرگ برای زهکشی بهتر آنست که حداقل دو دستگاه پمپ (کوچک و بزرگ از نظر ظرفیت) استقرار داده شوند که یکدستگاه آن برای تخلیه و دفع رواناب‌های سطحی طی ایام مرطوب و یکدستگاه دیگر عملیات پمپاژ مقادیر نشت و زه‌آبهای حاصل از برنامه زهکشی زیرزمینی را بانجام رساند*.

برای جلوگیری از خاموش و روشن کردن مکرر پمپ(ها) بایستی نسبت به احداث مخازن ذخیره آب اقدام نمود. براساس معادله پیوستگی جریان، زمان کل هر سیکل برابر با مجموع اوقات قطع و وصل می‌باشد که آن را بصورت رابطه زیر می‌توان ارایه نمود:

$$\frac{۳۶۰۰}{n} = \frac{S}{q - q_i} + \frac{S}{q_i} \qquad (۸۹-۲)$$

که در آن :

n ، تعداد سیکل (دوره گردش) بر ساعت

S ، حجم ذخیره یا انبارش (مترمکعب)

q ، متوسط میزان دبی پمپاژ (مترمکعب برثانیه)

q_i ، میزان (دبی) ورودی جریان (مترمکعب برثانیه)

معادله گفته شده را بصورت‌های زیر نیز می‌توان ارایه نمود:

$$\frac{۳۶۰۰}{n} = S.\left[\frac{(q_i + q - q_i)}{q_i(q - q_i)}\right] = \frac{S.q}{q_i(q - q_i)} \qquad (۹۰-۲)$$

حل معادله بالا برای S.n بشرح زیر می‌باشد:

$$S.n = \frac{۳۶۰۰ q_i(q - q_i)}{q} = \frac{۳۶۰۰}{q}(q_i.q - q_i^۲) \qquad (۹۱-۲)$$

1 - ASAE (1989).

* در شبکه‌های آبیاری و زهکشی مناطق خشک و نیمه خشک کشور که انجام عملیات زراعی مبتنی بر آبیاری اصولی است، مقادیر آبهای مازاد آبیاری (روان‌آب و نفوذ عمقی کاربرد آب) در مزرعه، در مقایسه با روان‌آبهای سطحی حاصل از بارندگی‌های رگباری در مجموع بسیار زیادتر می‌باشد. بدین دلیل در این شرایط یک عدد پمپ کوچک برای تخلیه و دفع روان‌آبهای سطحی و یک عدد پمپ بزرگ برای تخلیه حجم قابل ملاحظه ضایعات آبی ناشی از عملیات آبیاری توصیه گردیده است.

omoorepeyman.ir

با فرض ثابت بودن متوسط میزان دبی (q) ، مشتق S نسبت به q_i و مساوی قرار دادن dS/dq_i برابر با صفر منتج به حصول معادله‌های زیر می‌شود:

$$\frac{dS}{dq_i} = \frac{۳۶۰۰}{q}(q - ۲q_i) \qquad (۹۲-۲)$$

$$q - ۲q_i = ۰ \rightarrow q_i = \frac{q}{۲} \qquad (۹۳-۲)$$

با قراردادن رابطه اخیر در معادله اصلی و حل آن برای S (حجم ذخیره یا انبارش) رابطه حاصله بشرح زیر خواهد بود:

$$S.n = \frac{۳۶۰۰}{۴}.q \qquad (۹۴-۲)$$

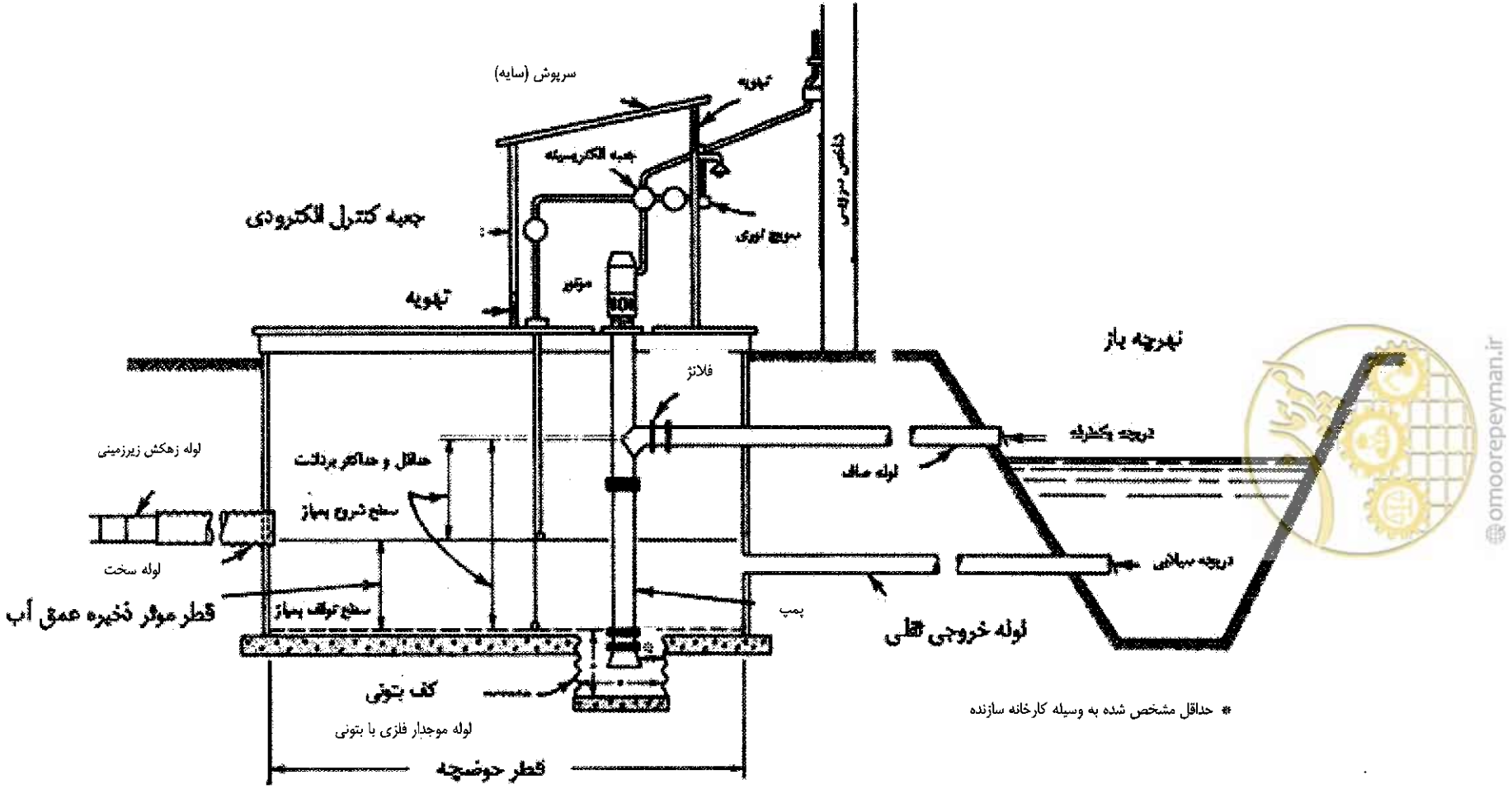
$$S = \frac{۹۰۰q}{n} = \frac{۹۰۰}{n}.q \qquad (۹۵-۲)$$

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که حداکثر میزان ذخیره زه‌آبهای حاصل از زهکشی زمانی حاصل می‌شود که دبی ورودی جریان معادل نصف دبی متوسط پمپاژ باشد و مقدار ذخیره مورد نیاز مرتبط با میزان دبی تخلیه و مقدار دفعات قطع و وصل می‌باشد. بدین ترتیب هرگاه دبی ورودی جریان بیشتر از متوسط مقدار دبی پمپاژ گردد، عملیات پمپاژ بایستی بطور متوالی استمرار یابد و بهمین صورت هرگاه دبی ورودی جریان کمتر از متوسط مقدار دبی پمپاژ باشد قطع و وصل یا خاموش و روشن شدن پمپ اتفاق می‌افتد.

انتخاب محل نصب پمپ بایستی بگونه‌ای باشد که حداقل میزان رانش حاصل گردیده و سوپاپ و خرطومی هیچ گاه غیر مستغرق نباشد. احداث مخزن با سطح مقطع دایره‌ای بدلیل نیاز کمتر به بتون و سادگی ساخت توصیه شده است. الکتروپمپ‌ها بطور معمول از طریق یک کلید روشن و خاموش نمودن عمل می‌نمایند. الکترود و کلید مربوطه برروی پایه‌ای مستقر در مخزن قرار دارد. بطوریکه قبلاً نیز گفته شد در صورت امکان ذخیره‌سازی زه‌آبها در کانال و یا نهرچه‌های باز زهکشی، حجم مخزن پمپاژ را می‌توان کاهش داد. هرگاه زه‌آبهای پمپاژ شده به کانال یا نهرچه روباز تخلیه گردند، بایستی دقت نمود که لوله خروجی زیر سطح آب کانال در حالت حداقل عمق آب قرار داشته باشد. در صورت عملی بودن این موضوع، بار ایجاد شده بوسیله پمپ به مقدار حداقل خواهد رسید.

شمای کلی یک حوضچه پمپاژ کوچک زهکشی در شکل شماره(۲-۱۱) نشان داده شده است.

omoorepeyman.ir



* حداقل مشخص شده به وسیله کارخانه سازنده

omoorepeyman.ir

۲-۷-۱۱- ماشینهای حفاری و نصب لوله‌های زهکشی زیرزمینی

معمولی‌ترین انواع ماشینهای زهکشی[1] که برای نصب لوله‌های زهکشی در مزرعه بکار گرفته می‌شوند* را می‌توان به دو دسته : ماشینهای ترانشه بردار[2] و ماشینهای بدون ایجاد ترانشه[3] تقسیم‌بندی نمود. ماشینهای ترانشه بردار، ترانشه‌ای حفر می‌نمایند که لوله را می‌توان در درون آن نصب کرد. در حالی که ماشینهای بدون ایجاد ترانشه عملیات خاک‌برداری را هم زمان با نصب لوله‌های زهکشی بانجام می‌رساند.

ماشینهای ترانشه بردار، ابتدا ترانشه‌ای را ایجاد و سپس نسبت به نصب لوله و پوشش دادن اطراف آن را بوسیله مواد پوششی[4] (در صورت لزوم) اقدام می‌کنند. در ترانشه ایجاد شده پس از استقرار لوله و مواد پوششی در اطراف آن بوسیله تراکتوری که مجهز به تیغه پُرکننده (شبیه تیغه بلدوزر) می‌باشد، عملیات واریختن خاک بانجام می‌رسد. ترانشه ایجاد شده بایستی در همان روز حفاری برای جلوگیری از حالت ریزش دیوارها در شرایط تغییرات میزان رطوبت (بدلیل آبیاری، بارندگی و خیز سطح ایستابی) پر شود. خاکهای واریخته در ترانشه بایستی با عبور چرخ تراکتور از روی آن و افزایش مجدد خاکهای باقی مانده در مسیر (بدلیل نشست خاک درون ترانشه) و ضمن عبور مجدد چرخ تراکتور از روی آن، شرایط تراکم خاک واریخته درون ترانشه را تا حد مورد نیاز فراهم آورد. اعمال این اقدام موجب فشردگی خاکهای لایه‌های بالائی ترانشه گردیده و خاکهای لایه‌های زیرین درون ترانشه بصورت مناسبی نفوذپذیر باقی می‌مانند که مقاومت ورودی کمی را برای جریان آب ایجاد می‌نماید.

لوله‌های زهکشی موجدار با قطر کم بعنوان لوله‌های زهکشی زیرزمینی مزرعه‌ای، از طریق قرقره‌ای که بروی ماشینهای زهکشی قرار دارد، در درون ترانشه کارگذاری می‌شود. لوله‌های موجدار زهکشی با قطر زیاد (بعنوان زهکش جمع کننده)، ابتدا از حالت کلاف خارج گردیده و پس از اتصال به یکدیگر از قبل آماده و سپس بصورت پیوسته از سطح خاک برداشته و بوسیله ماشین زهکشی در حین حرکت در درون ترانشه قرار داده می‌شود. لوله‌های نوع سفالی و سیمانی بوسیله نوعی ناودانی[5] شیب‌دار که در بخش انتهای زنجیر حفاری قرار دارد، درون ترانشه قرار داده می‌شوند.

فیلترهای غیرمعدنی و مصنوعی یا آلی در شرایط عادی به دور لوله‌های موجدار از قبل پیچیده شده‌اند. در مورد کاربرد مواد پوششی (شن و ماسه) می‌توان آن را از طریق قیفی که در انتهای ماشین زهکشی نصب گردیده و بوسیله تریلری که در امتداد ماشین زهکشی حرکت می‌نماید، مواد پوششی را از طریق تسمه نقاله به قیف تغذیه نمود. برای دستیابی به حالت پوشش کامل اطراف لوله زهکشی بایستی دو عدد قیف را به ماشین زهکشی متصل نمود که یکی از آنها مواد پوششی را قبل از نصب لوله و قیف دوم پس از استقرار لوله زهکشی عملیات پوشش دادن را بانجام می‌رساند.

---

1 - Drainage Machinery.

* در شرایطی که مساحت محدوده مورد زهکشی قابل ملاحظه نباشد (مزارع خصوصی) و یا دسترسی به ماشینهای زهکشی (ترانشه‌بردار یا بدون ایجاد ترانشه) مقدور یا از نظر اجرایی امکان پذیر نگردد ایجاد ترانشه را می‌توان با استفاده از بیل مکانیکی (Backhoe) یا بیل کابلی (Dragline) و به عنوان ماشینهای حفاری غیر پیوسته (بالعکس ماشینهای زهکشی) نیز بانجام رسانید. بدیهی است که در این شرایط عملیات تنظیم شیب کف ترانشه، نصب لوله‌های زهکشی و کاربرد مواد پوششی را بایستی بوسیله نیروی کارگری (بصورت دستی) بانجام رسانید. در چنین شرایطی عرض ترانشه ایجاد شده زیادتر خواهد بود که در نتیجه آن حجم عملیات خاکی و کاربرد مواد پوششی افزایش خواهد یافت.

2 - Trenchers.
3 - Trenchless.
4 - Envelope.
5 - Chute .

omoorepeyman.ir

دو نوع کلی ماشینهای زهکشی بدون ایجاد ترانشه وجود دارند که عبارتند از : خیش عمودی[1] و خیشV شکل[2]. خیش عمودی بعنوان نوعی زیر خاک کن[3] عمل می‌نماید؛ خاک را پوک نموده بطوریکه مجاری و حفره‌های ریز و درشت در عمق مربوطه ایجاد می‌گردد در حالی که خیش V شکل درون نیمرخ خاک، ستونی مثلثی شکل ایجاد می‌نماید و هم زمان عمل نصب لوله‌های زهکشی را نیز انجام می‌دهد، و بدین دلیل ضرورتی برای واریختن خاک، بعلت عدم ایجاد ترانشه وجود ندارد. بهرحال هرگاه لوله‌ها بوسیله خیش عمودی نصب گردند بخش بالایی (خاک دست خورده ترانشه) بایستی متراکم شود. برای این منظور یکی از راه کارهای معمولی، عبور چرخ ماشین زهکشی از روی خط لوله زهکشی نصب شده، در هنگام برگشت ماشین زهکشی است. در مورد خاکهای رسی و خشک ممکن است تراکمی که بدین ترتیب حاصل می‌شود غیرکافی باشد.

لوله‌های پلاستیکی موجدار[4] (CPP) تنها گزینه مطلوب و مناسب برای کاربرد بوسیله ماشینهای زهکشی بدون ایجاد ترانشه هستند. خیش V شکل قادر است لوله‌هایی با قطر خارجی حداکثر (بعلاوه مواد پوششی) ۰/۱۰–۰/۱۲۵ متر را درون نیمرخ خاک قرار دهد. خیش عمودی می‌تواند لوله‌های با قطرهای زیادتر را نیز درون نیمرخ خاک نصب نماید. قابل ذکر است که کاربرد مواد پوششی معدنی (شن و ماسه) نیز بوسیله ماشین زهکشی بدون ایجاد ترانشه امکان‌پذیر می‌باشد، لیکن بدلیل خطرات (ریسک) گرفتگی قیف و مشکلات مرتبطه جهت تغذیه قیف با توجه به سرعت حرکت ماشین زهکشی انجام آن توصیه نگردیده است. در چنین شرایطی راه حل عملی استفاده از موادی است که از قبل به دور لوله‌های زهکشی پیچیده شده باشند.

آماده‌سازی اراضی یا تعیین مسیر حرکت و بر طرف نمودن موانع فیزیکی بسیار با اهمیت است. علاوه بر آن تهیه لوله‌های مورد نیاز و مواد پوششی، از پیش نیازهای اجرای عملیات زهکشی مطلوب در طرح ایجاد سیستم زهکشی زیرزمینی است.

۲-۷-۱۲- سازه‌های جانبی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

سازه‌های جانبی مرتبط با سیستم‌های زهکشی زیرزمینی مشتمل بر سازه‌های بخصوصی است که از آن جمله می‌توان: ورودی‌های سطحی[5] حوضچه‌های رسوب‌گیر[6]، ورودی‌های کور یا پنهان[7] (زهکش فرانسوی) و... را که در زیر ارایه می‌گردند، نام برد.

۲-۷-۱۲-۱- ورودی‌های سطحی

ورودی سطحی که گاه ورودی باز نیز نامیده می‌شود، نوعی سازه ساده آبگیری است که آبهای مازاد سطحی را از گودالها، نهرچه‌های کنار جاده‌ای، سایر مناطق فرو رفته و یا از محدوده درون مزارع دریافت می‌نماید. بهتر آنست که آبهای اضافی را از طریق نهرچه‌های زهکشی سطحی جمع‌آوری، هدایت و دفع نمود. این قبیل ورودی‌های سطحی که به زهکشهای زیرزمینی لوله‌ای متصل می‌گردند را بایستی با دقت مکان‌یابی نموده و سپس نسبت به ساخت آنها اقدام نمود.

امور پیمان
omoorepeyman.ir

1 - Vertical Plough .
2 - V-Plough .
3 - Sub Soiler .
4 - Corrugated Plastic Pipes (CPP) .
5 - Surface Inlets or Open Inlets.
6 - Sedimentation Basins.
7 - Blind Inlets or French Drain

مناسب‌ترین محل برای احداث آنها در پست‌ترین نقاط موجود در سطح مزرعه، هم‌جوار و در امتداد حصار مزارع و یا در مناطق دارای پوشش گیاهی دایمی است. هرگاه این ورودی‌ها در مزارع تحت کشت و بهره‌برداری واقع شده باشند، ضرورت دارد که اطراف آنها را با نوعی گیاه علفی پوشش دایمی داده و از آنها در مقابل عوامل گرفتگی محافظت نمود.

ورودی سطحی را بایستی با استفاده از یک سه راهی در بخش زیرین سطح خاک به زهکش جمع‌کننده یا اصلی متصل نموده و محل‌های اتصال قطعات عمودی و جانبی را با استفاده از مواد مناسب آب‌بندی نمود. طول قسمت لوله‌ای که بدین ترتیب غیرقابل نفوذ گردیده، از محل سه‌راهی مربوطه باید حداقل ۲/۰ متر از هر طرف فاصله داشته باشد. دراین مورد استفاده از لوله‌های فلزی گالوانیزه و یا لوله‌های قیراندود، ساخت چاهک آدم‌رو[1] از نوع بتونی یا با استفاده از بلوک سیمانی و یا آجر با ملات سیمان نیز منظور را عملی می‌نماید. در بخش فوقانی ورودی در سطح زمین ایجاد یک طوقه بتونی گسترده در اطراف درپوش مشبک آبگیر برای جلوگیری از رویش گیاهان و نگهداری سازه در محل احداث ضرورت دارد. توصیه می‌شود که درپوش مشبک برروی لوله قائم ورودی (آن) از نوع چدنی یا فلزی نصب شود بطوریکه از ورود آشغال به درون سازه ورودی ممانعت بعمل آید.

۲-۷-۱۲-۲- ورودی‌های کور یا پنهان (زهکش فرانسوی)

در شرایطی که میزان رواناب سطحی بطور نسبی کم و مقدار رسوبات در حدی باشد که شرایط احداث ورودی‌های سطحی باز را امکان‌پذیر ننماید، ساخت ورودی‌های کور یا پنهان هرچند بطور غیردایم می‌تواند شرایط زهکشی اراضی را بهبودی می‌بخشد. گرچه این قبیل ورودی‌ها عمر مفیدی در حد بیشتر از چند سال ندارند، لیکن احداث آنها اقتصادی بوده و در عین حال مشکلاتی برای عملیات مزرعه‌ای حاصل نمی‌نمایند. ورودی کور از طریق واریختن ترانشه محل نصب زهکشهای زیرزمینی (حداقل بطول ۲/۰ متر) با استفاده از مواد با دانه‌بندی‌های متفاوت ایجاد می‌گردد، بطوریکه مواد درشت‌دانه‌تر بلافاصله برروی سطح لوله‌های زهکشی زیرزمینی قرار داده می‌شوند و هرچه از عمق ترانشه به سطح خاک نزدیکتر گردد، دانه‌بندی مواد پوششی کوچکتر می‌شود. قابل ذکر است که واریختن مواد دانه‌بندی شده برروی لوله زهکش زیرزمینی و درون ترانشه از قواعد مربوط به کاربرد مواد پوششی متعارف تبعیت نمی‌نماید و بدین دلیل است که طول عمر مفید این قبیل ورودی‌ها دایمی نیست. از آنجائیکه خاک تمایل به انسداد و ایجاد قشر نفوذناپذیر یا کم نفوذپذیر را در سطح اراضی دارا است، برای تعدیل این مشکل، سطح محدوده (اراضی) محل ایجاد ورودی‌های کور یا پنهان بایستی همواره دارای پوشش گیاهی (علفی) و حتی‌المقدور دایمی باشد.

۲-۷-۱۲-۳- حوضچه‌های رسوب‌گیر

خاکهایی که محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای ذرات ماسه ریز هستند، اغلب موجب گرفتگی می‌شوند زیرا این ذرات به درون مجاری ورود آب و یا روزنه‌های لوله‌های زهکشی نفوذ می‌نماید. حوضچه رسوب‌گیر می‌تواند مشتمل بر هر نوع سازه‌ای باشد که بتواند رسوبات را جمع‌آوری نموده و از ورود و ترسیب آنها در درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی، جلوگیری بعمل آورد. حوضچه‌های رسوب‌گیر را می‌توان، در محل کاهش شیب در مسیر پایین دست، در شرایطی که چند خط لترال در یک نقطه بهم می‌پیوندد و یا در مکان‌هائی که آبهای سطحی وارد سیستم زهکش زیرزمینی می‌گردند، احداث نمود. حوضچه‌های رسوب‌گیر در محل خروجی دارای لوله‌های زانوئی وارونه می‌باشند. دلیل تعبیه چنین سیستم خروجی آنست که در حالتی که مخزن حوضچه رسوب‌گیر انباشته از

1 - Manhole.

omoorepeyman.ir

رسوبات گردد، سازه می‌تواند جریان خروجی را با تأخیر بانجام رساند. اگر حوضچه رسوب‌گیر مجهز به چنین خروجی نباشد، این بدان معنی است که موضوع لایروبی و تمیز کردن مخزن آن در سیستم نادیده گرفته شده است.

جعبه‌های اتصال[1] را بایستی در مناطقی احداث نمود که در آن محل چند خط لوله زهکشی زیرزمینی با اختلاف ارتفاع‌های متفاوت به یکدیگر متصل می‌شوند. بجز در مورد حوضچه‌های زهکشی سایر سازه‌های اتصال و یا رسوب‌گیر از نظر ساختمانی تقریباً مشابه می‌باشند. برای ایجاد تسهیلات لازم در امور و عملیات مزرعه‌ای، سطح فوقانی چنین سازه‌هائی بایستی حداقل به عمق ۰/۳۰ متر زیر سطح خاک مدفون باشد.

۲-۷-۱۲-۴- چاهک‌های بازدید

چاهک‌های بازدید[2] بطور معمول در سیستم لوله‌های زهکشی زیرزمینی و برای اهداف متفاوت یا مشترکی نظیر: اتصال دو خط لوله، حوضچه رسوب‌گیر (لای و ماسه)، چاههای مشاهده‌ای، استقرار تجهیزات اندازه‌گیری دبی جریان، مدخل مناسبی برای عملیات نگهداری از زهکش و سهولت تشخیص محل نصب خط لوله زهکشی بکار برده می‌شوند. بطورکلی، برای فواصل نصب چاهک‌های آدم‌رو معیارهای مشخصی وجود ندارد. لیکن بطور معمول این قبیل سازه‌ها در نقطه اتصال دو خط لوله زهکشی در محل تغییر قابل ملاحظه مسیر زهکش‌های جمع کننده و خروجی‌های فرعی[3] زهکشها ایجاد می‌شوند. احداث چاهک‌های بازدید در هر نقطه اتصال و با فواصل نزدیک (کمتر از حدود ۲۵۰ متر) برای لوله‌های کمکی، زهکشهای حایل و یا زهکشهای جمع کننده مورد نیاز نمی‌باشد. هم چنین ایجاد این چاهک‌ها بطور معمول در محل تغییر شیب، هرگاه شیب مسیر پایین‌دست تندتر گردد، نیز ضروری نیست. بهرحال بایستی اهتمام لازم بعمل آید تا ایجاد این سازه‌ها مشکلاتی برای عملیات زراعی (بعنوان عوارض فیزیکی) ایجاد ننمایند.

هرگاه برای اهداف گفته شده در بالا، ایجاد چاهک بازدید امکان‌پذیر نباشد، می‌توان از سه‌راهی‌های ساده (T یا Y شکل) یا ایجاد حفره برروی زهکش جمع‌کننده برای اتصال لوله کمکی و یا زهکشهای حایل به زهکش جمع کننده استفاده نمود. به هرحال در صورت امکان بهتر است که تغییر قطر لوله‌های زهکشی زیرزمینی در محل چاهک بازدید بانجام رسد.

برای سهولت در مشاهده چاهک‌های بازدید بایستی بخش بالائی آن در حدود حداقل ۰/۳ متر و حداکثر ۰/۶ متر مرتفع‌تر از سطح مزرعه باشد. در صورت امکان محل نصب این قبیل سازه‌ها بایستی در مجاورت حصار مزارع و یا در سایر محلهای مناسب که مزاحمت فیزیکی را برای عملیات مزرعه‌ای فراهم نیاورد، در نظر گرفته شود. برای بخش انتهایی خطوط لوله زهکشی احداث چاهک آدم‌رو و یا سازه برای تمیز نمودن لوله‌ها، ضروری نیست. در این شرایط بخش انتهایی لوله زهکشی بایستی بوسیله درپوش یا وسایل مشابه "پوشیده" نگهداری شود و محل نصب و عمق آن بر روی نقشه‌های ساخت[4] و کتابچه مزرعه‌ای بدقت مشخص و ثبت شده باشد. در شرایطی که بمنظور عملیات شستشوی لوله‌های زهکشی زیرزمینی نوعی "بالاآورنده[5] " در بخش انتهایی آن نصب می‌گردد،

omoorepeyman.ir

1 - Junction Boxes.
2 - Manhole .
3 - Suboutlet .
4 - As-built.
5 - Riser .

زوایه اتصال بایستی بگونه‌ای باشد که امکان عبور تجهیزات تمیز کننده را از مخرج به درون لوله‌های زهکشی زیرزمینی امکان‌پذیر نماید*.

درون چاهک بازدید می‌توان با ایجاد آبشار قائم، شیب خط لوله را اصلاح کرد. این راه حل مناسب و ضروری، در شرایطی در اراضی مسطح که شیب طولی بیشتر از شیب سطح زمین طبیعی باشد، ممکن است مشکل‌ساز باشد.

کف[1] تمام شده چاهک آدم‌رو بایستی در حدود ۰/۵۰- ۰/۴۵متر پایین‌تر از بخش انتهایی لوله زهکشی زیرزمینی ورودی باشد. بدین ترتیب حوضچه‌ای برای ترسیب موادی که به لوله‌های زهکشی وارد می‌گردد، ایجاد خواهد شد. پس از اتمام عملیات ساخت هر خط لوله زهکشی، کلیه مواد رسوب یافته در حوضچه رسوب‌گیر درون چاهک آدم‌رو بایستی کاملاً پاکسازی گردیده و درب چاهک بازدید بصورت بسته نگهداری شود. عملیات تمیز کردن رسوبات درون چاهک آدم‌رو بایستی بصورت دوره‌ای و بعنوان یکی از موارد عملیات " نگهداری"در نظر گرفته شود.

برای ساخت این قبیل سازه‌ها هم چنین می‌توان از لوله‌های فلزی موجدار[2] قیر اندود شده و یا آزبست[3] استفاده نمود، هرگاه مقادیر شوری خاک و آب قابل ملاحظه نباشد و یا استفاده از لوله‌های سیمانی بدلیل عدم پایداری خاک (به علت سنگینی وزن لوله‌های بتونی) مشکل باشد از لوله‌های گفته شده می‌توان برای ساخت چاهکهای آدم رو استفاده نمود.

۲-۷-۱۲-۵- سازه‌های زهکشی کنترل شده

سازه‌های کنترل در خطوط زهکش برای نگهداری آب زیرزمینی در سطح موردنظر، مشابه با حوضچه‌های رسوب‌گیر می‌باشند، با این تفاوت که یکعدد سرریز لبه‌دار در محل مناسبی برروی سازه نصب می‌گردد تا سطح آب را در عمق مشخص، حفظ و نگهداری نماید. از نظر اصولی، این نوع سازه‌ها همانند سدهای کنترل سطح آب در کانالها یا نهرچه‌های باز زهکشی می‌باشند. اعمال عملیات زهکشی کنترل شده در خاکهای آلی بسیار با اهمیت است و از جمله عملیات مدیریتی خاک و اراضی محسوب می‌گردد، زیرا مسئله نشست کنترل شده خاکها را موجب می‌گردد. شیر فلکه‌هائی نیز برای نصب بر روی خروجی لوله‌های زهکشی وجود دارد که با استفاده از آنها می‌توان نسبت به عملیات زهکشی کنترل شده و هم چنین اجرای سیستم آبیاری زیرزمینی اقدام نمود.

۲-۷-۱۲-۶- لوله‌های کمکی و تهویه‌ای[4] زهکشی

لوله‌های کمکی و تهویه‌ای نوعی بالا آورندهٔ قائم با قطر کم می‌باشند که از محل نصب برروی خط زهکش زیرزمینی تا سطح خاک امتداد دارند. این قبیل لوله‌ها بایستی از جنس فلزی و یا انواعی مواد سخت، با دوام و غیرقابل نفوذ باشند. محل استقرار مناسب آنها در کنار خطوط حصار مزارع است، بطوریکه در هر شرایطی از صدمه مصون بمانند. بطور معمول لوله‌های تهویه‌ای برروی خطوط زهکش طویل نصب می‌گردند تا از ایجاد پدیده خلاء جلوگیری نمایند. بعضی نتایج حاصل از آزمون مدلی نشان داده است که هرگاه

---

* هرگاه بالا آورنده بعنوان " لوله تهویه‌ای زهکشی" تعبیه شده باشد زاویه اتصال آن می‌تواند قائمه (۹۰ درجه) و در شرایطی که بعنوان "مجرای شستشوی لوله‌های زهکشی زیرزمینی" بکار گرفته می‌شود. زاویه اتصال بایستی بزرگتر از قائمه (مثلاً ۱۳۵ درجه) باشد که اندازه این زاویه از طریق شعاع انحناء (R) مشخص می‌گردد.

1 - Base .
2 - Corrugated Metal Pipe (CMP) .
3 - Asbestos.
4 - Relief Pipes and Breathers.

omoorepeyman.ir

شیب طولی لوله‌های زهکشی زیرزمینی بیش از ۱/۰ درصد باشد، در شرایطی که لوله‌ها با جریان پر زه‌آبها را انتقال دهند، فشار منفی می‌تواند در درون لوله زهکشی ایجاد گردد، نصب شیرهای تخلیه هوا در زهکشی مرسوم نمی‌باشد زیرا از قبل مشخص نیست که در چه زمانی و در کدام محل فشار منفی (خلاء) در اثر جریان بوقوع می‌پیوندد. بسیاری از مهندسین طراح در مورد تعبیه لوله‌های تهویه‌ای برروی زهکشهای زیرزمینی علاقه‌ای نشان نمی‌دهند.

لوله‌های کمکی برای تعدیل اثرات منفی فشار اضافی آب در لوله‌های زهکشی و بخصوص در ایامی که جریان خروجی زیاد است بکار گرفته می‌شوند که بدین ترتیب از سرریز شدن جریان و یا فروپاشی لوله جلوگیری بعمل می‌آید. لوله کمکی را بایستی در محلی که مقطع تند یک لوله زهکشی اصلی به مقطع ملایمی تغییر می‌یابد، نصب نمود، مگر آنکه ظرفیت مقطع غیرتند از ظرفیت مقطع تند باندازه ۲۵٪ زیادتر باشد که در این صورت شاید تعبیه آن ضروری نباشد.

۲-۷-۱۲-۷- چاههای آرتزین کمکی

در شرایطی که آبخوان‌های محصور موجب بروز مسایل زهکشی در منطقه‌ای می‌گردد، حفر تعدادی چاه تا درون آبخوان محصور می‌تواند باعث کاهش فشار پائین به بالای جریان و افت سطح ایستابی گردد. در بعضی شرایط این قبیل چاههای احداث شده بطور مستقیم به نوعی مجرای زهکشی (کانال، نهرچه یا آبراهه) متصل و ضمن تخلیه میزان دبی حاصله، جریان آب بصورت ثقلی و بدون نیاز به عملیات پمپاژ تخلیه و دفع می‌گردد. در این مورد نقشه‌های همتراز سطح ایستابی و یا تراز سطح پیزومتریک قبل از طراحی سیستم زهکشی مورد نیاز خواهد بود.

۲-۷-۱۳- موارد نگهداری از لوله‌های زهکشی زیرزمینی

۲-۷-۱۳-۱- علل تخریب یا بروز عملکرد نامناسب در زهکشهای زیرزمینی

عملکرد نامناسب لوله‌های زهکشی زیرزمینی را در یک سیستم می‌توان به چهار عامل زیر مرتبط دانست.

- – فقدان بازرسی و عدم توجه به موارد نگهداری.
- طراحی نامناسب یا غیرصحیح سیستم زهکشی بخصوص لوله‌های زهکشی زیرزمینی.
- غیرفنی بودن عملیات احداث سیستم.
- نامرغوب بودن مواد و مصالح بکار رفته که ممکن است بطور عمده مرتبط با فرآیندهای تولید، ساخت، حمل و نقل، نگهداری و مصرف آنها باشد.

طی یک ارزیابی که برروی چگونگی و کیفیت عملکرد سیستمهای زهکشی زیرزمینی در ایالت اوهایو، کشور ایالات متحده امریکا بانجام رسید تا درجه اهمیت نسبی هر کدام از عوامل چهارگانه گفته شده مورد ارزیابی قرار گیرد، سهم هرکدام از گروه‌های ذکر شده، به ترتیب ۲۹/۰، ۲۸/۰، ۲۳/۰ و ۲۰/۰٪ تعیین گردید. بطور کلی یکی از عوامل مهم در عملکرد نامطلوب لوله‌های سیمانی و سفالی، مقاوم نبودن آنها در مقابل پدیده‌های یخبندان، ذوب یخ و استحکام سازه‌ای لوله‌ها می‌باشد. از نظر طراحی، علل با اهمیت عدم کارآئی سیستم یا عملکرد نامطلوب آن مرتبط با کافی نبودن ظرفیت تخلیه استقرار لوله‌های زهکشی زیرزمینی در اعماق بطور نسبی کم و در نزدیکی سطح خاک، فقدان سازه‌های جانبی مورد نیاز مانند : "ورودی‌های سطحی" است و از جمله عوامل عمومی در

omoorepeyman.ir

مورد سیستم‌های زهکشی عدم توجه به نصب لوله‌های خروجی مناسب (بخصوص لوله خروجی یک سر آزاد) و سایر سازه‌های لازم برای خروجی(ها) می‌باشد.

عملیات ساخت نامناسب که در بررسی گفته شده ۲۳/۰٪ موارد را شامل می‌گردد و از جمله علل قابل ملاحظه می‌باشد، منتج از درز و ترک و یا فاصله بیش از اندازه بین اتصال دو لوله، بسترسازی نامناسب، اتصال‌های ضعیف، شیب‌های غیریکنواخت و واریختن بدون دقت خاک ترانشه حفر شده و انتخاب مسیرهای نادرست می‌باشند.

بطوریکه گفته شد، فقدان بازبینی چگونگی عملکرد سیستم و نگهداری از آن درصدی معادل با ۲۹/۰ بوده است که میزان قابل ملاحظه‌ای را شامل می‌شود. این نوع غیرکارآمدی بطور عمده مرتبط با عدم شستشوی بموقع لوله‌های زهکشی، آشغال و رسوب گرفتگی ورودی‌های سطحی و سازه‌های خروجی، فرسایش درونی یا آب شستگی مواد و خاک اطراف لوله‌های زهکشی و گرفتگی بدلیل نفوذ و رشد ریشه گیاهان می‌تواند باشد. این عوامل بطور کلی مربوط به عدم اعمال دقت در امور نگهداری و بی‌توجهی به رفع موانع یا مشکلات خروجی‌های سیستم طراحی و اجرا شده است.

۲-۷-۱۳-۲- اقدامات پیشگیرانه در نگهداری لوله‌های زهکشی زیرزمینی

در مقایسه با نهرچه‌های باز زهکشی، لوله‌های زهکشی زیرزمینی نیاز به عملیات نگهداری کمتری دارند. در شرایطی که خروجی زهکش اصلی از نوع کانال باز باشد، این مجرای خروجی را بایستی همواره عاری از رویش گیاهان هرز و یا درختان آب دوست نگهداری نمود. بهتر آنست که انتهای مجرای خروجی اصلی را که به آبراهه طبیعی متصل می‌گردد، مجهز به دریچه کنترل سیلاب نموده و نسبت به تعبیه نوعی شبکه توری برروی آن اقدام نمود و بهرحال خروجی بایستی دارای " دریچه یکطرفه " باشد.

کانال اصلی را بایستی در مقابل عوامل رسوب‌گرفتگی محافظت نمود بطوریکه رسوب در آن انباشته نگردد تا بدین طریق امکان تخلیه جریان آب خروجی لوله‌های زهکشی زیرزمینی بصورت آزاد و بدون مشکل وجود داشته باشد. زه‌آبهای سطحی را نبایستی در محل خروجی لوله‌های زهکشی به کانال اصلی هدایت و تخلیه نمود. هرگاه استقرار و ساخت لوله‌ها و کانالهای باز زهکشی در اعماق نسبتاً کم انجام شده باشند، اجرای تمهیدات لازم برای جلوگیری از خسارات ناشی از پایکوب شدن بوسیله چارپایان و یا تردّد ادوات و ماشینهای کشاورزی بخصوص در ایام مرطوب سال، بایستی اعمال گردد.

لوله‌های زهکشی زیرزمینی را باید همواره بدون رسوب و عاری از هرگونه مانع فیزیکی نگهداری نمود. ریشه بعضی گیاهان و درختان ممکن است به درون لوله‌های زهکشی عمقی نفوذ و رشد نماید و از تخلیه آب از درون لوله‌ها جلوگیری کند. این مشکل در مناطقی که در ایام خشک سال لوله‌های زهکشی زیرزمینی تعبیه شده از منابع دیگری از جمله آب چشمه‌های مناطق هم‌جوار و مرتفع‌تر و یا جریان آبهای زیرزمینی تغذیه می‌گردند، تشدید می‌شود. بطور کلی اراضی محدوده لوله‌های زهکشی زیرزمینی را تا فاصله ۳۰/۰ متری بایستی از وجود درختان پاکسازی نمود، بخصوص هرگاه درختان غیر بارده‌ای نظیر: بید، نارون، افرا و اکالیپتوس باشند. در صورت عملی نبودن این اقدام، ضرورت دارد تا در این قبیل مسیرها از لوله‌های پلاستیکی غیرمشبک و یا انواع لوله‌های سفالی سخت بهمراه آب‌بندی و یا از لوله‌های فلزی بدون سوراخ یا شیار استفاده نمود. ریشه برخی گیاهان زراعی از جمله: چغندرقند و یونجه نیز ممکن است بدرون لوله‌های زهکشی زیرزمینی نفوذ و رشد نمایند، لیکن ریشه این قبیل گیاهان پس از برداشت یا از بین رفتن گیاه بتدریج تجزیه شده و بهمراه جریان آب از درون لوله‌های زهکشی تخلیه و دفع می‌گردند.

omoorepeyman.ir

در اولین سال پس از نصب و بهره‌برداری از خطوط لوله‌های زهکشی اعمال مراقبت کامل از آنها بسیار ضروری و با اهمیت است، تا از بروز حالتهائی که ممکن است به عدم کارآیی و یا تخریب منجر شود، جلوگیری بعمل آید. وجود حفره در بخش فوقانی خطوط لوله زهکشی زیرزمینی (در محل خاک واریخته درون ترانشه و یا هم‌جوار آن) بیانگر وقوع پدیده شکستگی لوله‌های سفالی یا معرف وجود درز و ترک بین دو قطعه لوله است. جریان آبهای سطحی را بایستی از حالت عبور مستقیم از روی خاک واریخته ترانشه حتی‌المقدور منحرف نمود، زیرا ممکن است این نوع جریان آب بطور مستقیم به لوله زهکش زیرزمینی وارد شده و یا باعث فرسایش خاک واریخته درون ترانشه گردیده و موجب آب شستگی لوله‌ها و مواد متخلخل پیرامون آن گردد. حوضچه‌های رسوب‌گیر را بایستی با تناوب‌های زمانی معقولی لایروبی و تمیز نمود. ورودی‌های سطحی را که محل آبگیری آن در سطح زمین قرار دارد باید در مقابل رویش علفهای هرز و رسوب یا آشغال گرفتگی محافظت نمود و محل استقرار آنها را عاری از مواد زاید نگه داشت.

۲-۷-۱۳-۳- اقدامات اصلاحی در نگهداری لوله‌های زهکشی زیرزمینی

لوله‌های زهکشی زیرزمینی را که بوسیله ریشه گیاهان مسدود گردیده و یا بوسیله رسوبات اشغال گردیده باشند می‌توان با استفاده از ادوات و ابزارهایی که بدین منظور ابداع گردیده‌اند رفع گرفتگی یا انسداد نمود. در شرایطی که آب کافی در اختیار باشد و خطوط زهکش زیرزمینی لوله‌ای از شیب مناسب برخوردار باشند، رسوبات درون لوله‌ها را می‌توان بوسیله جریان آب شستشو داده و تخلیه نمود. برای حصول نتیجه مطلوب در این مورد می‌توان آب را با فشار مورد نیاز از طریق یک لوله انعطاف‌پذیر و از محل خروجی لوله بدرون لوله زهکش هدایت نموده و عمل شستشو را بانجام رسانید.

در بعضی کشورهای اروپائی، ایالت‌های کالیفرنیا و فلوریدای کشور ایالات متحده امریکا، رسوبات معدنی و در اکثر شرایط ترکیباتی از جمله اکسیدهای آهن و منگنز، شکل می‌گیرند. طبق گزارشهائی این نوع رسوبات شیمیائی را می‌توان از طریق تزریق گاز دی اکسید گوگرد (SO_2) طی مدت ۲۴ ساعت تخلیه و دفع نمود. پیش‌نیاز موفقیت در کاربرد این روش نگهداری آب در لوله زهکش زیرزمینی در مدت زمان متذکره است که انجام این امر از طریق مسدود نمودن مجرای خروجی لوله زهکشی بانجام می‌رسد.

در خاکهای آلی از جمله پیت و سیاه پوده وجود مقادیر لازمه هوا در لوله زهکش زیرزمینی موجب تشکیل " گل اخری[1] " می‌گردد که بصورت توده ژلاتینی باعث گرفتگی روزنه‌های ورود آب به درون زهکش‌های لوله‌ای می‌گردد. بطور کلی " گل اخری" ترکیبی از لجن حاصل از فعالیتهای باکتریایی و شیمیائی است. با بالا آوردن سطح مجرای خروجی لوله‌های زهکشی زیرزمینی بطوریکه همواره از آب اشغال باشد، مانند سیستم آبیاری زیرزمینی، می‌توان واکنش اکسید شدن را درون لوله‌ها کاهش داده و از تشکیل گل اخری بنحو مطلوبی جلوگیری بعمل آورد.

۲-۷-۱۳-۴- توصیه‌های لازم برای نگهداری از لوله‌های زهکشی زیرزمینی

همانگونه که در مباحث پیشین بیان گردید، موارد لازم درخصوص نگهداری از لوله‌های زهکشی زیرزمینی عبارتند از: گرفتگی‌های فیزیکی، مسدود شدن لوله‌های زهکشی زیرزمینی بوسیله مواد آلی و فعالیتهای بیولوژیکی، گرفتگی‌های ناشی از فعل و انفعالات معدنی، شیمیائی و سرانجام رفع محدودیت‌های ایجاد شده در محل خروجی لوله‌های زهکشی زیرزمینی است.

omoorepeyman.ir

1 - Ochre.

بنابر این قبل از شروع فصل زراعی، ابتدا بایستی نسبت به بازدید از کلیه خروجی‌های زهکشی اقدام نموده و متعاقب آن سطح آب درون چاهکهای آدم‌رو و حوضچه‌های رسوب‌گیر مورد بازبینی قرار گیرد تا بدین ترتیب در درجه نخست لزوم یا عدم ضرورت تخلیه و پاکسازی رسوبات در این سازه‌ها مشخص و سپس از ایجاد موانع یا گرفتگی خطوط لوله بین دو سازه آدم‌رو بوسیله مواد مختلف، از قبیل ترسیب مواد (لای، ماسه‌ریز)، شیمیائی و معدنی، مواد آلی و بیولوژیکی، اطمینان حاصل کرده و سپس نسبت به رفع گرفتگی‌ها با استفاده از تجهیزات و روشهای مناسب اقدام لازم بعمل آید*.

۲-۷-۱۴- مراحل طراحی و ساخت سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

۲-۷-۱۴-۱- هزینه‌های مرتبط در طراحی و احداث زهکشهای زیرزمینی

بخشهای اساسی و مهم هزینه‌های مرتبط با سیستم زهکشی زیرزمینی عبارتند از:

- هزینه‌های نصب و یا ساخت اجزاء سیستم.
- مخارج مربوط به امور فنی و مهندسی (طراحی، نظارت و گردآوری اطلاعات تکمیلی).
- هزینه‌های مرتبطه برای تأمین مواد و مصالح مورد نیاز (تنبوشه‌ها، لوله‌ها، سازه‌های خروجی، ورودی‌های سطحی و...).

بعنوان مثال در ایالت‌های بخش غربی- میانی کشور ایالات متحده امریکا، هزینه‌های مربوط به احداث زهکشهای زیرزمینی مزرعه‌ای با قطر کم و با عمق نصب یک متر و بطور تقریبی ۴۵٪ برای تهیه مواد و مصالح مورد نیاز، ۴۵٪ برای هزینه‌های احداث (ساخت و نصب تجهیزات) و ۱۰٪ نیز برای انجام خدمات فنی و مهندسی برآورد گردیده است. در ایالت کالیفرنیای آن کشور، مخارج کل و برای عمق نصب معادل دو متر بطور تقریبی حدود سه برابر مخارج لازم برای عملیات زهکشی با کاربرد لوله‌هایی به قطر ۱۵۰ میلیمتر است، بطوریکه هزینه‌های کارگری و نصب اجزاء تقریباً برابر با دو سوم کل مخارج را شامل می‌گردد که حدود ۱۶٪ آن برای تهیه مواد پوششی (شن و ماسه) به مصرف می‌رسد. هزینه‌های نصب در درجه نخست مرتبط با روش اجرا، عمق خاک‌برداری، اندازه لوله‌ها، اجرای عملیات در خاکهای غیرمتعارف (از جمله قلوه سنگ و ماسه‌روان[1])، تعداد محل‌های اتصال یا تقاطع دو خط لوله زهکشی می‌باشد. مخارج نسبی مربوط به لوله‌های زهکشی از نظر اندازه در جدول (۲-۲۱) ارائه شده است.

متذکر می‌گردد که لوله‌های سفالی سخت و یا لوله‌های فلزی فقط در امور زهکشی برای سازه‌های خروجی، ورودی‌های سطحی و چاههای کمکی مناسب می‌باشند. اتصالات پیش‌ساخته از نوع تی (T) و یا وای (Y) بطور معمول در مقایسه با لوله‌های معمولی زهکشی با طول ۰/۳ متر ، ۵-۱۰ برابر گرانتر هستند، امور فنی و مهندسی و هزینه‌های نظارتی بطور معمول بین ۵-۱۰ درصد کل هزینه‌های طرح را تشکیل می‌دهد.

امور پیمان
omoorepeyman.ir

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات پیش‌نویس استاندارد، ضوابط طراحی و انتخاب مواد و مصالح برای زهکشهای زیرزمینی، نشریه شماره ۲۶۶- الف، دفتر استاندارد مهندسی آب، وزارت نیرو (۱۳۸۲) مراجعه شود.

1 - Quicksand.

جدول (۲-۲۱)- مخارج (قیمت) نسبی لوله‌های زهکشی از نظر اندازه (قطر)

ردیف	قطر اسمی لوله‌های زهکشی (میلیمتر)	قیمت نسبی	
		لوله‌های پلاستیکی موجدار (خرطومی)	لوله‌های زهکشی سفالی و سیمانی
			کیفیت استاندارد / کیفیت بسیار مرغوب
۱	۷۵/۰	۸۲/۰	۹۰/۰ / ۹۵/۰
۲	۱۰۰/۰	۱۰۰/۰*	۱۰۰/۰* / ۱۰۵/۰
۳	۱۲۵/۰	۱۵۸/۰	۱۵۲/۰ / ۱۵۸/۰
۴	۱۵۰/۰	۲۲۵/۰	۱۹۲/۰ / ۲۰۹/۰
۵	۲۰۰/۰	۴۴۰/۰	۳۲۶/۰ / ۳۳۶/۰
۶	۲۵۰/۰	۷۵۰/۰	۵۸۶/۰ / ۵۹۵/۰
۷	۳۰۰/۰	۱۳۲۰/۰	۷۸۸/۰ / ۸۲۰/۰

* بصورت اختیاری (قراردادی) برابر با ۱۰۰٪ منظور شده است.

۲-۷-۱۴-۲- مراحل طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی

سیستم‌های زهکشی زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه بایستی با نهرچه‌های باز زهکشی موجود و مورد نظر و یا سایر انواع زهکشها، هماهنگ بوده و قابل تطبیق و یا تلفیق باشد. در مرحله " تجسس‌های مقدماتی طراحی" نخستین گام برای طراحی، انجام تجسس‌های اولیه در محدوده مورد مطالعه است که این قبیل بررسی‌ها مشابهت زیادی با تجسس‌های طراحی کانالهای باز زهکشی دارد. از جمله مطالعات بسیار ضروری، بررسی وضعیت خاکهای منطقه است تا مشخص گردد که طراحی و اجرای سیستم‌های زهکشی زیرزمینی در آن نواحی، بطور کلی عملی و اقتصادی می‌باشد یا خیر. در صورت مطلوب بودن ویژه‌گیهای خاکها ضرورت دارد تا نسبت به جمع‌آوری ارقام و اطلاعات لازمه که پیش‌نیاز تعیین عمق و فاصله مناسب زهکشهای زیرزمینی می‌باشند، اقدام نمود. از جمله بررسیهای بسیار با اهمیت تعیین گستره و عمق استقرار لایه غیرقابل نفوذ، فشار آب زیرزمینی و تعیین نوع و منشاء نشت یا تراوش است. در اراضی مسطح تهیه نقشه‌های توپوگرافی اراضی با مقیاس مناسب مورد نیاز می‌باشد، بخصوص در شرایطی که طراحی سیستم زهکشی متراکم مورد نظر باشد. در حالتهائی که طراحی سیستم گفته شده متراکم نباشد، تجسس‌های مقدماتی و مطالعات مرتبط با مکانی‌یابی استقرار زهکشها را می‌توان توامان بانجام رسانید.

لوله‌های زهکشی زیرزمینی را همانند نهرچه‌های باز زهکشی و بطور " اختیاری " می‌توان به ترتیب نزولی با توجه به اهمیت آنها بصورت: زهکشهای اصلی[1]، فرعی[2] و مزرعه‌ای طبقه‌بندی نمود. بطوریکه اولین خط زهکش فرعی که در بالادست مجرای خروجی به زهکش اصلی (که معمولاً با حرف A نشان داده می‌شود) وارد می‌گردد را با علامت A_1، دومین خط زهکش فرعی را با علامت A_2 و بهمین ترتیب نام‌گذاری نموده و خطوطی را که به زهکش A_{II} وارد می‌شوند می‌توان با علایم $A_{1.1}$، $A_{1.2}$ و... برروی نقشه و مستندات مربوطه علامت‌گذاری نمود.

omoorepeyman.ir

1 - Mains.
2 - Submains.

۲-۷-۱۴-۳- موارد نظارت و بازدید در دوره ساخت

در مراحل اجرای سیستم زهکشی، امور اجرایی در مزرعه بایستی بطور منظم مورد بازدید و نظارت " کارشناس با تجربه" قرار داشته باشد، برخی دلایل ضروری برای "بازدید و نظارت کارشناسی" را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود.

- حصول اطمینان از اینکه مشخصات فنی تعیین شده مورد توجه و اعمال قرار می‌گیرد.
- اعاده طریق برای رفع شرایط غیرمتعارف که در فرآیند اجرا ممکن است پیش آید.
- کنترل کیفی سازه‌ها و مواد مصرفی بخصوص لوله‌های زهکشی و مواد پوششی مورد استفاده.
- اجرای امور مربوطه بوسیله افراد مجرب، بخصوص برای تعیین و اجرای مسیر مناسب خطوط زهکشی که بایستی حتی‌المقدور مستقیم و با شیب‌های طراحی شده اجرا گردد و رعایت مقادیر رواداری مجاز برابر با نصف قطر داخلی لوله‌های زهکشی مزرعه‌ای و کاربرد اتصالات مناسب.
- اعمال دقت مضاعف درخصوص واریختن خاک به درون ترانشه و متراکم نمودن مطلوب خاکهای واریخته.
- ارایه پیشنهادات لازم در مورد تعدیل و یا انجام بعضی توصیه‌های اضافی که موجب تطویل برنامه عملیات اجرایی نگردد که البته این موضوع بایستی بوسیله "کارشناس بسیار با تجربه" بانجام رسد.

موارد بیان شده باید مشتمل بر کلیه جوانب امور یعنی "کنترلهای کیفی و کمی" باشد. هر دو مورد بیان گردیده، لازم است بطور مرتب در مرحله ساخت و عملیات اجرایی مورد توجه قرار گیرد تا بمحض بروز "مشکل" نسبت به ارایه راه‌کارهای لازم جهت رفع یا تعدیل آن اقدام مقتضی و به موقع بانجام رسد.

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

فصل سوم

ضوابط و مبانی مطالعه و اجرای عملیات اصلاح خاک و اراضی

۳-۱- تعاریف کلی و اهمیت موضوع

۳-۱-۱- خاک

خاک[1] پیکره‌ای سه بعدی می‌باشد که اغلب سطح خارجی پوسته زمین[2] را پوشانیده است. اثرات متقابل آب و هوائی ، موجودات زنده، مواد مادری، پستی و بلندی در طول زمان تغییراتی را ایجاد می‌نماید که خاک را از مواد مادری تشکیل دهنده آن متمایز می‌سازد. خصوصیاتی نظیر: جهت و درجه شیب، پستی و بلندی، وجود یا عدم وجود سنگریزه و غیره موجب تفکیک خاکهای مختلف از یکدیگر می‌گردد.

بعبارت دیگرخاک مانند بسیاری از کلمات عام، معانی متفاوتی دارد. بطور معمول، خاک را محیط طبیعی رشد گیاه می‌دانند، حتی اگر افق‌های مشخصه‌ای هنوز در آن تشکیل نگردیده باشد. این تعریف مورد قبول و استفاده عام است. خاک به عنوان محیط رشد و نمو گیاه، مولد مواد غذائی، داروهای گیاهی و مواد خام صنعتی و ... رافع بسیاری از نیازهای انسانی بوده و دارای اهمیت می‌باشد. آبها را تصفیه نموده و آلودگی‌ها و ضایعات را تغییر شکل می‌دهد. بعضی دانشمندان، خاک را یک ساختار مستقل طبیعی که دارای مورفولوژی خاصی است تلقی می‌نمایند، که به دلیل اثرات متقابل اقلیم، موجودات زنده، مواد مادری، پستی و بلندی در طول زمان خاکهایی تشکیل می‌شوند که از نظر مورفولوژیکی با یکدیگر متفاوت می‌باشند و بدین دلیل است که کارشناسان خاکشناسی می‌توانند «خاک» را بطور مستقیم مورد بررسی قرار دهند.

۳-۱-۲- اراضی[3]

بخش جامد سطح کره زمین یا هر قسمتی از آن، با دیدگاه جغرافیائی بصورت مساحت ویژه‌ای از سطح کره زمین تعریف می‌شود و خصوصیات آن بگونه‌ای است که کلیه پدیده‌های بطور نسبی پایدار، یا گردشی قابل پیش‌بینی زیست کره را که از بالا و پائین، عمود بر این ناحیه قرار دارند را در برمی‌گیرد. پدیده‌های مزبور شامل هوای کره، خاک، لایه‌های زمین‌شناسی زیرین، هیدرولوژی، اجتماعات گیاهی و جانوری و پیامدهای فعالیتهای گذشته و حال انسان است که به روی کاربری‌های کنونی و آینده زمین به وسیله انسان تاثیر قابل ملاحظه‌ای می‌گذارد.

طبق تعریفی دیگر، زمین محیط فیزیکی است که اقلیم، پستی و بلندی، خاک، هیدرولوژی و پوشش گیاهی را در برمی‌گیرد. این اجزاء پنج گانه پتانسیل زمین را برای بهره‌برداری‌های خاص تعیین می‌نماید. در تعریف زمین مشخصات اقتصادی و اجتماعی آن لحاظ نشده است و بطور کلی اراضی نسبت به خاک مفهوم وسیع‌تری را شامل می‌گردد.

1 -Soil
2 - Earth
3 - Land

omoorepeyman.ir

بطور معمول، ویژگی‌های خاک و شکل زمین علل اختلاف در واحدهای نقشه در هر منطقه است، بهمین دلیل گاهی نقشه‌برداری خاک، اساس تفکیک واحدهای اراضی قرار می‌گیرد.

۳-۱-۳- عملیات اصلاح و بهسازی خاک و اراضی

در تعریف کلی عملیات اصلاح خاک و اراضی به معنی تعدیل محدودیتهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و احیاء مجدد ظرفیت تولیدی این قبیل اراضی به منظور بهره‌برداری مقتصدانه به همراه حفاظت از محیط زیست می‌باشد.

بعبارت دیگر افزایش توان اراضی برای کاربری‌های متراکم‌تر یا تغییر مشخصات عمومی آن مانند زهکشی زمین‌های کاملاً مرطوب، آبیاری زمین‌های خشک و نیمه خشک و یا بازیافت زمین‌های زیر آب دریا، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها. انجام اقدامات کوچک مانند جمع‌آوری سنگها، زدودن تنه و ریشه درختان خشک شده و امثال آن از موارد بهسازی زمین بشمار نمی‌روند.

۳-۱-۴- تشخیص مسئله

هشدارهای جدی و متعددی بیانگر آن است که منابع فیزیکی تولید در بخش کشاورزی محدود می‌باشند. در حال حاضر در کشورهای زیادی نوعی توجه به بهره‌برداری توأمان از منابع طبیعی و حفاظت از این منابع در ارتباط با مسایل زیست محیطی معطوف گردیده، زیرا زندگی انسانها به طور مستقیم به آنها وابسته است. از جمله مهمترین چنین منابعی، منابع خاک و اراضی می‌باشند.

زیرا منابع خاک و اراضی می‌توانند قابلیت و توان تولیدی خود را برای بهره‌برداریهای گوناگون کشاورزی و یا سایر کاربردهای مربوطه، به طور طبیعی و یا در اثر دخل و تصرف و عملیات انسانی از دست بدهند. در هر حال انسانها چاره‌ای جز سازش با اکوسیستمی[1] که در آن فرایندهای جاری بیولوژیکی در حال نوعی تعادل و سکون باشد، را ندارد. طی عملیات اصلاح خاک و اراضی، احیاء مجدد بایستی به نحوی به انجام رسد که نوعی اکوسیستم هدفمند بین خاک، گیاهان و موجودات زنده برقرار گردد. به طوری که فرایندهائی نظیر رهاسازی مواد غذایی، رشد گیاهان و چرخه بازیافت مواد غذایی مورد نیاز گیاهان به طور طبیعی برقرار شود. زیرا خاک نوعی سیستم بیولوژیکی پیچیده‌ای است که برای تشکیل و تکامل آن مدت زمان طولانی لازم می‌باشد. بنابراین برای حفظ و نگهداری از آن ضرورت دارد که به طور اصولی فرایندهای بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی موجد آن مورد تعمق قرار گرفته هم چنین احتیاجات گیاهان و سایر موجوداتی که اثر متقابل بر روی تشکیل، تکامل و حفاظت از آن دارند نیز مشخص و به درستی درک گردد.

اصلاح و احیاء منابع خاک و اراضی نیاز به زمان نسبتاً طولانی دارد که در این ارتباط خصوصیات خاک و چگونگی اجرای مراحل و نوع عملیات اصلاحی با اهمیت می‌باشند. هر چند استفاده از فن‌آوری و روش‌های جدید می‌تواند فرایندهای اصلاحی را تسهیل نماید. لیکن مهمترین عامل تشخیص و اصلاح مواردی است که موجب فرسودگی یا مسئله دارشدن منابع خاک و اراضی گردیده است. به بیانی دیگر تشخیص مسئله یا مشکل به تجسم فرآیند و میزان حساسیت اثر آن، هم چنین دانش تخصصی نیاز دارد.

زهکشی اراضی مرطوب، کاربرد مواد اصلاح کننده برای خاکهای متأثر از شوری و سدیمی بودن، اصلاح و احیاء خاکهای آلوده به آلاینده‌های شهری، اصلاح و مرمت اراضی دشتهای رسوبی، اصلاح و بهسازی اراضی تحت تأثیر جریانهای جزر و مدّی همگی به عملیات اصلاح خاک و اراضی مربوط می‌گردد. هر چند ممکن است در شرایطی کلیه تمهیدات لازم منتج به اصلاح کامل خاک و

omoorepeyman.ir

1 - Ecosystem

عرصه نشود. زیرا از جمله اهداف عملیات اصلاحی برقراری "اکوسیستم خود پایدار[1]" می‌باشد که بایستی در این قبیل اراضی برقرار گردد.

۳-۲- خاکهای مرطوب[2]

۳-۲-۱- بیان مسئله

به بیان کلی، خاکهای مرطوب بدین‌ترتیب تعریف شده‌اند که این قبیل خاکها از رطوبت اشباع بوده و این عامل مهمترین فاکتور در تشخیص توسعه طبیعی خاک و انواع گیاهان و اجتماعات جانوری است که بر روی سطح این قبیل اراضی زیست می‌نمایند. حالت رطوبتی بودن خاکها ممکن است به دلیل تراکم ریزش باران، جریان‌های سیلابی بر روی سطح اراضی، نشت آب از اراضی مرتفع و شیب‌دار بالادست (که آب اضافی را از طریق زهکشی دفع می‌نماید)، جریانهای ورودی درونی و تبخیر و تعرق باشد. زیرا ضعیف بودن وضعیت زهکشی طبیعی خاک عمدتاً مرتبط با آهسته بودن نفوذپذیری خاکها می‌باشد.

در اکثر شرایط این قبیل اراضی کم عمق بوده و یا بر روی یک لایه محدود کننده نفوذناپذیر همانند، سنگ بستر و یا لایه رسی متراکمی قرار دارند. وجود لایه غیرقابل نفوذ در اعماق کم زیرین مانع از حرکت عمودی (بالا به پائین) جریان آب گردیده و بدین ترتیب این قبیل اراضی از سیستم زهکشی درونی طبیعی و مطلوبی برخوردار نمی‌باشند. مقادیر قابل ملاحظه‌ای از این قبیل اراضی دارای وضعیت توپوگرافی مسطحی بوده، در شرایطی نیز دارای مناطق فرروفته در سطح اراضی هستند و در بعضی شرایط دیگر، اراضی فاقد خروجی زهکشی لازم یا کافی می‌باشند. از جمله مثالهای معرف این قبیل اراضی، حوضه‌های خاکهای رسی در اثر نهشته‌های سیلابی ، خاکهای شبه خاکستری[3]، پلانوسول‌های[4] مناطق حاره‌ای نیمه مرطوب و نیمه خشک، ورتی سولهای[5] مناطق حاره‌ای نیمه خشک و خاکهای یخ نهشته[6] را می‌توان نام برد.

آزمایشهای به انجام رسیده در خصوص تعیین اثر رطوبتی بودن خاک به روی عملکرد محصول در اکثر حالت‌ها نمایانگر کاهش عملکرد محصول در شرایط کم عمق بودن سطح ایستابی مربوط بوده است. تواتر و دوره بالا بودن سطوح ایستابی همچنین میزان حساسیت گیاه نسبت به حالت زهدار و ماندابی بودن نیز بر روی کاهش عملکرد محصول مؤثر می‌باشد. جدول (۳-۱) بعضی اثرات مقاومت نسبی تعدادی گیاهان را به شرایط زهدار و ماندابی بودن نشان می‌دهد.

1 - Self – Sustaining Ecosystem
2 - Wet Soils
3 - Pseudogley Soils
4 - Planosols
5 - Vertisols
6 - Glacial Till Soils

omoorepeyman.ir

جدول (۳-۱)- مقاومت نسبی گیاهان به شرایط زهدار و ماندابی بودن

ردیف	سطح مقاومت	آبشویی بالا	شرایط ماندابی بودن
۱	زیاد	نیشکر سیب‌زمینی بادام	آلو توت فرنگی بعضی انواع علوفه
۲	متوسط	چغندر قند گندم جو یونجه حبوبات پنبه	مرکبات موز سیب درختی گلابی شاه‌توت -
۳	حساس	ذرت	هلو گیلاس تمشک درخت خرما زیتون

خاکهای مرطوب مشکلی جدّی برای بهره‌برداری انسان از منابع خاک و اراضی در امور کشاورزی و به بیان دیگری مانعی در جهت توسعه اقتصادی محسوب می‌گردند. لیکن خاکهای مرطوب نقشی بارز را به عنوان یک منبع طبیعی دارا می‌باشند که ممکن است اثرات آن مهمتر از سودمندی استفاده از آن به عنوان یکی از منابع کشاورزی باشد. برای احیاء این قبیل اراضی و استفاده از آنها در کشاورزی مقتصدانه، اصلاح و بهسازی آن الزامی است. بدین منظور مقدمتاً لازم است تا مناطق فرو رفته تا حد ممکن تقلیل داده شوند تا بدین ترتیب شیب مورد نیاز جریانهای روی سطح اراضی برقرار گردیده و با ایجاد آبراهه امکان انتقال و تخلیه آب از مناطق مسئله‌دار فراهم گردد.

۳-۲-۲- اقدامات اصلاحی لازم

اقدامات لازم جهت اصلاح و بهسازی خاکهای مرطوب تحت عنوان "زهکشی سطحی[1]" دانسته می‌شود و طبق تعریف به عملیات و اقداماتی که منتج به انحراف یا تنظیم و تخلیه آب اضافی از سطح اراضی از طریق نهرچه‌های روباز و یا شکل دادن سطح زمین است، اطلاق می‌گردد. در شرایط خاصی نیز نوعی سیستم زهکشی زیرزمینی مشتمل بر لوله‌های زهکشی نیز در تکمیل و یا ترکیب با اقدامات زهکشی سطحی لازم به اجرا می‌گردد.

دبی مورد نیاز طراحی سیستم زهکشی معمولاً مبتنی بر تراکم میزان بارندگی است زیرا این عامل ، اغلب مهمترین و بحرانی‌ترین منشاء آب اضافی می‌باشد. روابط " بارندگی – رواناب[2]" از جمله مسائل کلاسیک در علم هیدرولوژی است که برای آن راه کارهای چندی ارائه شده است. چنین راه حل‌هایی از معادله‌های ساده‌ای که مقدار دبی حداکثر را به دست می‌دهد از جمله روش معادله استدلالی تا مدلهای پیچیده‌ای که بنیان فیزیکی داشته و امکان همانندسازی فرایندهای توزیع هیدرولوژیکی را فراهم می‌آورند، متغیر می‌باشند.

omoorepeyman.ir

1 - Surface Drainage
2 - Rainfall– Runoff

میزان تخلیه بطور معمول به عنوان "ضریب زهکشی[1]" نامیده می‌شود و مقدار آن معمولاً به صورت "میزان جریان بر واحد سطح" بیان می‌گردد که مقدار آن با اندازه سطح محدوده مورد نظر می‌تواند تغییر نماید. جدول (۳-۲) برآوردی از ترتیب و مقدار ضریب زهکشی را برای اراضی مسطح به اندازه متوسط (۱۰-۲۵ هزار هکتار) حوضه‌های کشاورزی را نشان می‌دهد. مقادیر ارائه شده در جدول بالا برای کشور هلند در مورد حوزه‌هایی کاربرد دارد که اراضی آن قبلاً مورد زهکشی زیرزمینی قرار گرفته باشند، در حالی که در مورد کشور یوگسلاوی موارد کاربرد آن در شرایط ترکیبی تعبیه زهکشی زیرزمینی و زهکش‌های کم عمق سطحی می‌باشد. زهکشی سطحی، هر گاه به طور مناسبی برنامه‌ریزی و طراحی گردد، موجب تعدیل مشکل ماندابی بودن، جلوگیری از طولانی شدن دوره اشباع خاک و تسریع در تخلیه جریانهای سطحی به محل خروجی، بدون رسوب‌گذاری و فرسایش خاک می‌گردد.

جدول (۳-۲) ضریب زهکشی برای بعضی حوضه‌های معرف کشاورزی

ردیف	نقشه				
۱	هلند b	علوفه و زراعت	بارندگی	۴۴-۳۱	۰/۲۰ — ۰/۰۵	۱/۳ - ۱/۰
۲	یوگسلاوی c	علوفه و زراعت	بارندگی	۶۴-۵۲	۰/۵۰-۰/۲۵	۳/۵
۳	سودان	پنبه	آبیاری جویچه‌ای	۹۰-۶۴	۰/۱۰- ۰/۰۵	۴/۰
۴	ژاپن	برنج	غرقاب (کرتی)	۱۱۵-۸۰	۰/۲۰-۰/۰۵	۵/۰
۵	تانزانیا	نیشکر	آبیاری بارانی	۱۶۵-۱۴۵	۰/۲۰	۷/۰

a – بارندگی ۲۴-۲۸ ساعته با دوره بازگشت هر پنج سال یکبار

b – زهکشی سطحی

c – زهکشی سطحی و زیرزمینی

۳-۲-۲-۱- سیستم‌های زهکشی سطحی[2]

سیستم‌های زهکشی سطحی را می‌توان به روش‌های چندی تشریح و طبقه‌بندی نمود. به هر حال از نظر اصولی، سه نوع سیستم وجود دارد که در حال حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارتند از سیستم‌های موازی[3]، نامنظم[4] و عمود بر شیب[5] (ترازی).

تحت بعضی شرایط خاص که در مزارع وجود دارد ممکن است ترکیبی از دو و یا بیشتر از چنین سیستمهائی مورد نیاز باشد. کلیه سیستم‌های نامبرده شده بایستی :

- با آرایش مزرعه تطابق داشته باشند.
- قادر به تخلیه سریع آب از سطح مزرعه به نهرچه بدون ایجاد فرسایش و رسوب باشند.
- دارای ظرفیت کافی جهت انتقال جریان باشند.
- و سرانجام سیستم‌ها بایستی به نحوی طراحی گردند که ساخت و نگهداری ازآنها با استفاده از امکانات و تجهیزات محلی موجود مقدور باشد.

1 - Drainage Coefficient
2 - Surface Drainage System
3 - Parallel System
4 - Random System
5 - Cross -Slope System

omoorepeyman.ir

- **سیستم زهکشی سطحی موازی**

این سیستم به طور عمده در اراضی با قطعات تقریباً منظم با سطح بدون پستی و بلندی زیاد کاربرد دارد. به طوری که مسیرهای نهرچه‌های مزرعه‌ای با عوارض فیزیکی سطح مزرعه تطابق‌پذیری مطلوبی را به نحوی داشته باشد که حداقل موانع را برای عملیات مزرعه‌ای فراهم آورد. در این روش نهرچه‌های مزرعه‌ای به طور موازی حفر می‌گردند، لیکن می‌توانند الزاماً هم فاصله نباشند. انطابق نهرچه‌های مزرعه‌ای به طور معمول مرتبط با جهت شیب سطحی، محلهای انحراف، نهرچه‌های عمود بر شیب و ایجاد تسهیلات لازم در اراضی زهکشی شده برای عملیات مزرعه‌ای است. نهرچه‌ها بایستی به نحوی طراحی و اجرا گردند که به نحو مطلوبی موارد مورد انتظار زهکشی را تأمین نموده و آبهای سطحی اضافی را جمع‌آوری نمایند.

به طور معمول نهرچه‌های زهکشی مزرعه‌ای به نهرچه‌های فرعی[1] که عمق آنها زیادتر از نهرچه‌های مزرعه‌ای است طوری تخلیه می‌شوند که جریان خروجی آزاد برقرار باشد. بهتر آن است که سطح اراضی طوری شکل داده و صاف گردد که جریان روی سطح اراضی به خوبی به انجام رسد. فاصله بین نهرچه‌های موازی زهکشی مزرعه‌ای به طور عمده بستگی به نوع خاک و ویژگی‌های شیب زمین و میزان حد تحمل گیاهان مورد عمل به شرایط آب ماندگی دارد. مشخصات مورد نیاز در طراحی این سیستم زهکشی در جدول (۳-۳) نشان داده شده است.

جدول (۳-۳) مشخصات نهرچه‌های زهکشی جهت کنترل سطح ایستابی در مزرعه

ردیف	شرح	حداقل آب ماندگی مجاز	حداکثر سطح ایستابی	حداقل عمق نهرچه
۱	فاصله حداکثر (متر)	۲۰۰	۱۰۰	۶۰
۲	حداقل شیب‌های جانبی	۱ : ۱	۱/۵ : ۱	تا حد ۱:۱
۳	حداقل عرض کف (متر)	۱/۲	۰/۳	۰/۳
۴	حداقل عمق (متر)	۱/۲	۰/۸	۰/۹

برای کنترل سطح ایستابی طی فصول خشک، به خصوص برای خاکهای تورب و خاکهای اسیدی سولفاته، سرریزها و دریچه‌های قابل تنظیم در نقاط مختلف بر روی نهرچه‌های زهکشی نصب می‌گردد تا بدین وسیله سطح آب در تراز مورد نظر نگهداری شود. در فصول مرطوبی سال چنین تجهیزات کنترل کننده سطح آب را می‌توان برداشت تا بدینوسیله سیستم قادر به انجام عملیات زهکشی سطحی مزرعه باشد.

- **سیستم زهکشی سطحی نامنظم**

این سیستم که به نام سیستم نهرچه‌های گودالی[3] (فرورفتگی) نیز نامیده می‌شود در مزارعی کاربرد دارد که در آن تعداد معدودی گودال قابل ملاحظه وجود داشته که از طریق نهرچه‌هایی خود را به زهکش متصل می‌نمایند. چنین گودالهایی ممکن است به صورت جداگانه زهکشی گردیده و یا به یکدیگر مرتبط باشند. آرایش نهرچه‌های مزرعه‌ای بایستی به نحوی باشد که حتی‌الامکان تعداد قابل توجهی از چنین گودالهای سطحی را از طریق یک مجرای تخلیه که الزاماً بایستی در پست‌ترین مسیر ایجاد می‌گردد به محل تخلیه موجود هدایت نماید. مسیر این نوع سیستم زهکشی بایستی طوری انتخاب گردد که حداقل تداخل را با عملیات مزرعه‌ای داشته و همچنین حداقل میزان خاک برداری را نیز دارا باشد. بنابراین ضرورت دارد که منحصراً گودالهای اصلی مجهز به سیستم زهکشی

1 - Lateral Ditches
2 - Organic Soils, Peat, and Much
3- Depression Ditch System

omoorepeyman.ir

گردند و فرورفتگی‌های کوچک را باید با خاک پر نمود. به عنوان مثال می‌توان از خاک اضافی حفاری نهرچه‌ها بدین منظور استفاده کرد. هر گاه میزان جریان بر روی سطح اراضی به سمت محل تخلیه بسیار اندک باشد، شکل دادن زمین مورد نیاز خواهد بود تا بدین وسیله از تخلیه کامل آب سطحی حصول اطمینان گردد.

طراحی نهرچه‌های مزرعه‌ای در این نوع سیستم زهکشی همانند طراحی آبراهه‌ها می‌باشد. هرگاه عملیات مزرعه‌ای با کانال تقاطع یابد شیب جانبی بایستی بسیار کم یعنی ۸:۱ و یا بیشتر برای اعماق ۰/۳ متری و یا کمتر از آن یعنی ۱۰:۱ و یا بیشتر برای نهرچه‌های زهکشی با عمق ۰/۶ متر باشد. حداقل شیب جانبی یعنی ۴:۱ نیز در شرایطی مجاز می‌باشد که عملیات کشت و کار به موازات نهرچه به انجام می‌رسد. عمق نهرچه مقدمتاً از طریق توپوگرافی منطقه، شرایط محل تخلیه و ظرفیت کانال مشخص می‌گردد. شیب طولی نهرچه‌ها بایستی به نحوی طراحی شود که در اثر سرعت جریان مواردی از فرسایش و یا رسوب‌گذاری محتمل نباشد. حداکثر میزان سرعتهای مجاز جریان و برای شرایط متفاوت خاکها در جدول (۳-۴) نشان داده شده است.

جدول (۳-۴) محدودیتهای سرعت جریان و شیب جانبی برای کانالهای زهکشی بدون پوشش

۱	ماسه ریز	۰/۱۵ — ۰/۳۰	۳ تا ۲ : ۱
۲	ماسه درشت	۰/۲۰ — ۰/۵۰	۳ تا ۱/۵ : ۱
۳	خاک لوم	۰/۳۰ — ۰/۶۰	۲ تا ۱/۵ : ۱
۴	رس سنگین	۰/۶۰ — ۰/۸۰	۲ تا ۱ : ۱

* مقادیر بیشتر سرعت و شیب جانبی تندتر برای کانالهای با پوشش گیاهی است.

- **سیستم زهکشی سطحی عمود بر شیب**

این سیستم که به نام سیستم انحرافی[1] نیز نامیده می‌شود در مواردی به کار گرفته می‌شود که شیب اراضی ملایم باشد لیکن رواناب به میزان کافی ایجاد گردد و ممکن است در شرایطی موجب آب ماندگی سطح اراضی را نیز فراهم آورد. این سیستم مشتمل بر یک یا چند نهرچه زهکشی، تعدادی تراس و یا نهرچه‌های مزرعه‌ای که در جهت عمود بر شیب اراضی احداث می‌گردند، است. هرگاه آب در جهت شیب سطح اراضی جریان یابد، به وسیله موارد گفته شده جمع‌آوری و به خروجی مربوطه تخلیه و دفع خواهد شد. سیستم زهکشی سطحی عمود بر شیب به طور عمده با توجه به اهداف زیر به کار گرفته می‌شود.

- زهکشی اراضی با شیب ملایم که ممکن است به دلیل نفوذپذیری کم خاکها بصورت مرطوب درآیند.
- جلوگیری از تجمع آب اراضی شیب‌دار بالادست.
- ممانعت از انباشتگی آب در گودالهای کم عمق موجود در سطح اراضی مزرعه.

این قبیل نهرچه‌ها معمولاً دو منظور زهکشی سطحی و جلوگیری از فرسایش خاک را عملی می‌سازند. لیکن هرگاه فقط با ویژگی‌های لازم جهت جلوگیری از فرسایش خاک طراحی گردند، اطلاق واژه "تراسها[2]" به آنها متداول‌تر است. نهرچه‌های انحرافی در شرایطی به منظور انحراف رواناب از اراضی پست به کار گرفته می‌شوند که بدین ترتیب موجب کاهش مشکل زهکشی نیز می‌گردند.

1 - Diversion System
2 - Terraces

omoorepeyman.ir

۳-۲-۲-۲- مراحل طراحی و ساخت

در این زیر بخش شرح کلیاتی در مورد مبانی و معیارهای طراحی و ساخت سیستم‌های زهکشی سطحی ارایه می‌گردد.

- **مبانی طراحی**

به طور کلی، اولین اقدام در مرحله طراحی مشتمل بر شناسایی منطقه مورد مطالعه، توجیه حوضه‌های آبخیز طبیعی و آبراهه‌های طبیعی زهکشی می‌باشد تا بدین ترتیب مشخصات کامل مناطقی که نیاز به احداث زهکشی سطحی دارند، مشخص گردد. در مرحله بعد ممکن است بررسی‌های مزرعه‌ای به شرح زیر مورد نیاز باشد.

- تجسس‌های لازم در خصوص کاربری خاک و اراضی
- پایش سطوح آبهای زیرزمینی محدوده مورد بررسی
- تعیین یا تخمین وضعیت شوری منابع خاک و آب زیرزمینی
- مشخص نمودن تراکم ریزش باران و ایجاد الگوهای بارندگی در محدوده مورد مطالعه
- بررسی‌های مرتبط با وضعیت توپوگرافی اراضی و تهیه نقشه‌های مربوطه
- تعیین تخمینی موقعیت زهکش‌ها و خروجی‌های منطقه
- ارزیابی و بررسی عکسهای هوایی و اطلاعات سنجش از دور محدوده مورد بررسی.

در مرحله بعد لازم است که مبانی و معیارهای هیدرولیکی مورد نیاز تعیین گردند که در این شرایط ممکن است انتخاب چند گزینه مقدماتی به انجام رسیده و به طور تخمینی بایستی نسبت به محاسبه "هزینه‌ها و درآمدها[1]" اقدام نمود. همچنین لازم است استراتژی مشارکت بهره‌برداران و دست اندرکاران نیز پایه‌ریزی گردد به نحوی که توجه خاص به مشارکت گروههای متذکره در ارتباط با مسئولیت امور زهکشی بخشهای خصوصی و عمومی در آن لحاظ شده باشد. علاوه بر آن عنایت لازم بایستی معطوف به موارد اجتماعی و اثرات زیست محیطی اجرای طرح نیز باشد. گزینه نهایی انتخاب شده از بین گزینه‌های مقدماتی منتج به انتخاب راه‌کار طراحی خواهد بود که در این خصوص موارد زیر بایستی به انجام رسد.

- طرح تفصیلی مراحل ساخت
- ارزیابی موارد خطرپذیری در مورد آب گرفتگی و یا عدم موفقیت سیستم زهکشی
- تعیین ویژگی‌های هیدرولوژیکی لازم
- ارزیابی اثرات زیست محیطی احداث طرح از دیدگاههای بارهای مواد مغذی، اثرات هیدرولوژیکی بر روی آبراهه‌ها، دریاچه‌ها، تالاب‌ها و آثار ناشی از اجرای طرح برروی مصب رودخانه‌ها
- اثرات اجرای طرح بر روی حیات وحش منطقه و از بین رفتن سیستم زیستی محدوده

طراحی زهکشها و نهرچه‌ها بایستی مبتنی بر خصوصیات منطقه از جمله مساحت، شیب اراضی حوضه آبخیز، میزان نفوذپذیری خاک، ویژگی‌های جریانهای سیلابی، اثرات تداخلی آبهای زیرزمینی، احتیاجات گیاهی، وضعیت و چگونگی مالکیت محدوده خدماتی، مخارج و منافع حاصل از ساخت و نگهداری سیستم و سرانجام احتیاجات نگهداری و مدیریت پروژه باشد.

omoorepeyman.ir

1 - Costs and Benefits

- **موارد ساخت**

انتخاب تجهیزات و برنامه‌ریزی مراحل اجرایی برای ساخت سیستم زهکشی، مرتبط با عمق احداث زهکشها و ویژگیهای خاک و اراضی و در مجموع متغیر می‌باشد. در این ارتباط گریدرهای تیغه‌ای، اسکریپرها و ماشینهای سنگین ایجاد تراس با اعماق خاکبرداری تا میزان ۰/۷۵ متر مناسب می‌باشند. برای عملیات خاکبرداری بیشتر از عمق ۰/۷۵ متر بلدوزرهای مجهز به تیغه‌های فشار دهنده و یا کشنده و اسکریپرهای با ظرفیت حمل خاک زیاد را می‌توان برای پر نمودن گودالها و یا سایر فرورفتگی‌های سطح اراضی هم جوار مناطق حفاری (زهکش) مورد استفاده قرار داد.

۳-۲-۲-۳- شکل دادن به اراضی[1]

خاکهایی که احتیاج به احداث سیستم زهکشی سطحی دارند ممکن است دارای گودالهائی با اندازه و اشکال متفاوت باشند که ضرورت دارد برای جلوگیری از ماندابی شدن سطح این قبیل فرورفتگی‌ها و برقراری نوعی جریان یکنواخت بر روی سطح اراضی مزرعه، قبل از اقدام به عملیات خاکبرداری و ایجاد نهرچه‌های زهکشی مورد نیاز، نسبت به تسطیح آنها اقدام نمود.

علاوه بر آن در صورت وجود مناطق مرتفع در سطح اراضی مزرعه نیز ضروری است که نسبت به تسطیح کلی آنها نیز اهتمام به عمل آید. اقدامات بیان شده تحت عنوان شکل دادن زمین دانسته می‌شود و ممکن است در شرایطی مشتمل بر عملیات مکانیکی صاف کردن، شیب‌بندی[2] و بسترسازی[3] سطح اراضی مزرعه باشد. این اقدامات موجب زهکشی سطحی مطلوبتر گردیده و انجام عملیات مزرعه‌ای را به وسیله ماشینها و تجهیزات مربوطه مؤثرتر می‌نماید و از طرف دیگر کاهش هزینه‌های مربوط به نگهداری نهرچه را به همراه خواهد داشت. ضمن آنکه در مناطق سردسیر مانع از بروز پدیده یخزدگی سطح اراضی نیز می‌گردد.

شکل دادن زمین به طوری که سطح مزرعه تا حدودی تسطیح گردد عملیات زهکشی را بهبودی می‌دهد. به طور کلی تسطیح مختصر اراضی موجب تغییر خطوط هم تراز اصلی اراضی نخواهد شد و تنها اختلاف ارتفاع نقاط مختلف سطح مزرعه را تعدیل می‌نماید. خاک مزرعه که طی عملیات صاف کردن مورد اقدام قرار می‌گیرد از نظر عمق نیمرخ خاک باید به گونه‌ای باشد که در اثر خاکبرداری مشکلی برای خود خاک ایجاد ننماید و مانعی در جهت رشد گیاه در اثر کم عمق شدن نیمرخ خاک نیز نگردد.

شیب‌بندی زمین در مجموع مشتمل بر شکل دادن به اراضی از طریق خاکبرداری، خاکریزی و صاف نمودن می‌باشد که در نهایت و استمرار آن حصول شیب‌های سطحی مورد نظر است. در این راستا هدف جلوگیری از آب گرفتگی و ممانعت از اشباع شدن طولانی مدت سطح خاک مزرعه می‌باشد. شیب‌بندی زمین برای اهداف زهکشی معمولاً نیاز به شکل دادن سطح اراضی به روش سطح مستوی[4] آن هم به منظور فراهم شدن شیبی یکنواخت ندارد. لیکن دقت لازم در خصوص پر کردن گودال‌ها با استفاده از خاک مرزهای هم جوار و نقاط مرتفع موجود بر روی سطح اراضی مزرعه بایستی اعمال گردد. در اراضی بدون شیب و یا با شیب بسیار کم بایستی شیب‌بندی را به نحوی به انجام رسانید که جریان رواناب سطحی به طور مستقیم به نهرچه‌های زهکشی تخلیه گردند.

بسترسازی روشی کلاسیک برای شکل دادن سطح زمین در مناطق مسطح و اراضی سنگین بافت مناطق با اقالیم مرطوب است و مشتمل بر نوعی سیستم با نهرچه‌های زهکشی موازی می‌باشد که اراضی بین آنها دارای سطحی محدب است. بدین ترتیب آب

1 - Land Forming
2 -Grading
3 - Bedding
4- Plane Surface

omoorepeyman.ir

سطحی اضافی به صورت افقی به نهرچه‌های زهکشی هدایت می‌گردد. در شرایط خاصی که عملیات و اقدامات بسترسازی برای آن انجام شده، بستر مسطح به طور معمول نبایستی بیش از ۱۰ متر به منظور برقراری شرایط مطلوب زهکشی عرض داشته باشد. بسترها از طریق شخم، تیغه‌کشی و یا به وسیله مرتفع نمودن سطح اراضی مسطح به صورت یک سری قطعات که به وسیله مرزهای کوتاهی و توسط جویچه‌های موازی و کم‌عمق از یکدیگر تفکیک می‌گردند، احداث می‌شوند.

طراحی شکل دادن مطلوب به سطح زمین به منظور دستیابی به قطعاتی با سطوح شیب‌بندی شده به صورت محدب، مقعر و یا صفحه‌ای شکل به سطح طبیعی زمین می‌باشد که در این شرایط بایستی حداقل حجم عملیات خاکی در آن به انجام رسد. شیب سطوح درجه‌بندی شده ممکن است در جهات طولی و عرضی متفاوت باشد، زیرا امکان دارد برای ایجاد شیب در هر کدام از جهات بیان شده موانعی وجود داشته باشد، این موضوع موجب شده است که طراحی شیب‌بندی زمین به صورت مشکلی بروز نماید که بایستی برای حل آن چاره‌اندیشی شود. راه کارهای سیستماتیکی برای شیب دادن به اراضی با شکل هندسی مستطیل و یا غیرمنظم از طریق کاربرد "روشهای حداقل مربعات[1]" و برای ارایه رهنمود لازم جهت کاربرد در روش‌های سطح مستوی وجود دارد که با استفاده از آن می‌توان تطابق‌پذیری سطح زمین طبیعی را با حداقل میزان عملیات خاکی اجرا و اصلاح نمود.

۳-۳- خاکهای مبتلا به شوری و سدیمی بودن

۳-۳-۱- بیان مسئله

املاح موجود در خاک به صورت یکی از اشکال : یونهای تجزیه شده در محلول خاک، کاتیونهای جذب شده بر روی سطح ذرات رس که دارای بار منفی هستند (همتافت جذبی[2]) و املاح رسوب یافته در خاک می‌باشند.

املاح غالب موجود در خاک شامل، کلرورهای سدیم، منیزیم و کلسیم، سولفاتهای سدیم و منیزیم، کربناتها و بیکربناتهای سدیم، نیتراتها و بوراتها هستند این املاح در اثر هوادیدگی سنگهای مادری در فرایند تشکیل خاک منشاء می‌یابند.

طی این پدیده، املاح به سمت عمق خاک از طریق تراوشات عمقی آب انتقال یافته که در نهایت در اعماق زیرین نیمرخ خاک رسوب نموده و یا در شرایطی به محلول خاک منتقل می‌شوند. در حالتهایی که وضعیت فیزیوگرافی و توپوگرافی اراضی ایجاب نماید آن قبیل املاحی که به طبقات پائین شسته شده‌اند سرانجام به سطوح آبی از قبیل دریاچه و یا دریا تخلیه می‌گردند. در شرایطی مقادیر قابل ملاحظه تراکم املاح در نیمرخ خاک حاصل تجزیه و تخریب مواد مادری تشکیل دهنده خاکها می‌باشند که این نوع شوری خاک را معمولاً به عنوان "شوری اولیه[3]" و یا "شوری باقیمانده[4]" دانسته می‌شود.

مهمترین و معمولی ترین حالت بروز مشکل شوری زیاد در خاک، گرایش به شوری به دلیل تجمع املاح در افق‌های فوقانی نیمرخ خاک از نوعی منشاء خارجی است. گرایش به شوری خاک ممکن است به صورت طبیعی و یا به دلیل عملیات انسانی به انجام برسد.

omoorepeyman.ir

1 - Least – Squares Methods
2 - Adsorption Complex
3 - Primary Salinity
4 - Residual Salinity

عامل گفته شده اخیر در نتیجه اعمال عملیات آبیاری در مناطق با بارندگی کم که در آن میزان تبخیر زیاد، عملیات و اقدامات لازم نظیر آبشویی یا تجهیز به سیستم زهکشی در آن انجام نمی‌شود، اتفاق می‌افتد که در نتیجه آن تراکم سریع املاح به وقوع پیوسته که بر روی رشد و نمو گیاهان اثرات نامطلوبی بر جای می‌گذارد.

صدمه ناشی از تجمع املاح در محلول و نیمرخ خاک به طور اصولی مشتمل بر خشکی فیزیولوژیکی، به هم خوردن توازن یونی در محلول خاک، تخریب ساختمان خاک و کاهش فعالیتهای بیولوژیکی در خاک می‌باشد. شدت خسارات شوری بر روی گیاه مرتبط با نوع و ترکیب املاح در محلول خاک، سیستم مدیریت خاک و حد مقاومت گیاهان به شرایط شوری است.

سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی[1]، مقادیر آستانه‌ای برای هدایت الکتریکی عصاره، اشباع خاک (ECe) و آب آبیاری (ECw) ارائه نموده است (دسی زیمنس به متر $dS.m^{-1}$) که در آن پتانسیل عملکرد گیاهان مختلف زراعی و باغی، برای تولید مورد انتظار در حدود ۱۰۰ ، ۹۰، ۷۵ و ۵۰٪ حداکثر عملکرد محصول گزارش شده است*.

۳-۳-۲- اقدامات اصلاحی لازم

واژه " شوری[2]" بطور کلی مرتبط با وضعیت کیفی خاکهائی است که محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای املاح می‌باشند بطوری که این حالت موجب اثرات نامطلوب بر روی ویژگیهای تولیدی آنها می‌شود.

روشهای چندی برای تجزیه نمونه خاک برای تعیین میزان شوری آن وجود دارد. اکثر این روشها به هر حال برای مشخص نمودن اثرات وضعیت شوری غیر کافی می‌باشند. زیرا تأثیر املاح بر روی رشد و نمو گیاه مرتبط با فاکتورهای متعددی است. این عوامل مشتمل بر ترکیب و ویژگی‌های افق‌های مختلف نیمرخ خاک، تغییرات فصلی محدوده خیزموئینه‌ای، عمق سطح آب زیرزمینی، درجه حرارت خاک و تغییرات فصلی آن و مرحله رشد گیاهان است. علاوه بر آن پدیده گرایش به شوری خاک دینامیک بوده با زمان تغییر می‌نماید و حتی به فواصل نزدیکی در سطح مزرعه مقدار آن در نیمرخ خاک متفاوت می‌باشد.

سیستم توسعه یافته به وسیله آزمایشگاه شوری کشور ایالات متحده[3] معمولی‌ترین و رایج‌ترین روش طبقه‌بندی خاکهای " مبتلا به شوری و سدیمی بودن" است. معیارهای تشخیص و طبقه‌بندی در این سیستم به شرح زیر می‌باشند:

- هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک[4] [ECe $(dS.m^{-1})$] که اندازه‌گیری آن تابع درجه حرارت می‌باشد و به دلیل این حساسیت در روش استاندارد آن را در ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش می‌نمایند.
- درصد سدیم تبادلی[5] (ESP) که آن را به شرح زیر می‌توان ارائه نمود.

$$ESP = \frac{۱۰۰(۰/۰۱۵\ adjR_{Na})}{۱ + (۰/۰۱۵\ adjR_{Na})} \qquad (۱-۳)$$

که در آن : $adjR_{Na}$ (نسبت جذب‌سدیم تعدیل شده[6]) را می‌توان از طریق رابطه زیر محاسبه نمود.

---

1 - United Nations, Food and Agriculture Organization (FAO)

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات منابع مورد استفاده ۷، ۲۰، ۲۱ مراجعه شود.

2 - Salty
3 - U.S. Salinity Laboratory (USSL).
4 - Electrical Conductivity of Saturated Soil Extract (ECe)
5-Exchangable Sodium Percentage (ESP)
6 - Adjusted Sodium Adsorption Ratio (adjRNa)

omoorepeyman.ir

$$adjR_{Na} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca_x + Mg}{۲}}} = Na[۰/۵(Ca_x + Mg]^{-۰/۵} \quad (۲-۳)$$

در رابطه بالا، Na و Mg به‌ترتیب غلظت کاتیونهای سدیم و منیزیم در عصاره اشباع خاک برحسب میلی اکی و الان در لیتر و Ca_x میزان تعدیل شده غلظت کاتیون کلسیم در عصاره اشباع خاک می‌باشد که اثرات اکسید دو کربن یا گاز کربنیک (CO_2)، بیکربنات (HCO_3) و شوری آب خاک (EC_W) بر روی کلسیم اولیه و موجود لحاظ شده است. مقادیر Ca_x را می‌توان از جداول منابع مرجع مربوطه استخراج نمود. از دیدگاه اقدامات اصلاحی لازم، خاکهای مبتلا به شوری و سدیمی بودن را می‌توان در سه گروه مجزا به نامهای : خاکهای شور، شور – سدیمی و سدیمی[1] دسته‌بندی نمود.

۳-۳-۲-۱- خاکهای شور[2]

خاکهای شور مشتمل بر خاکهائی می‌باشند که در آن هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC_e) بیشتر از ۴/۰ ($dS.m^{-1}$) در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و درصد سدیم تبادلی (ESP) کمتر از ۱۵/۰ باشد به طور کلی در شرایط متعارف واکنش (pH) آن از ۸/۵ کمتر است. ویژگی‌های شیمیائی خاکهای شور به شرح زیر می‌باشد.

- میزان سدیم به ندرت بیشتر از نصف کاتیونهای محلول در عصاره اشباع خاک می‌باشد و بدین دلیل به میزان زیاد به صورت جذب سطحی در همتافت تبادلی خاک نمی‌باشد.
- مقادیر کاتیونهای کلسیم و منیزیم این قبیل خاکها ممکن است به میزان قابل توجهی متغیر باشد.
- یون پتاسیم محلول و تبادلی در این نوع خاکها قابل ملاحظه نیست، لیکن در شرایطی ممکن است مقدار آن قابل توجه نیز باشد.
- آنیونهای اصلی در این خاکها کلرور و سولفاتها می‌باشند. به علت وجود املاح زیاد و عدم وجود مقادیر قابل ملاحظه سدیم تبادلی در این نوع خاکها، خاکهای شور معمولاً حالت گسیختگی نداشته و ذرات خاک منعقد می‌باشند و بدین دلیل نفوذپذیری[3] این قبیل خاکها مشابه خاکهای غیرشور[4] می‌باشد.
- روشهای اصلاح این قبیل خاکها مرتبط با تناسب کیفیت آب آبیاری، مقادیر کاربرد آب در مزرعه و شرایط مطلوب زهکشی خاک و اراضی است. کاربرد مقادیر قابل ملاحظه‌ای آب محتوی املاح کم برای آبشوئی به روش‌های غرقاب (دایم و یا به طور ترجیحی غرقاب متناوب) و یا بارانی بدین منظور مناسب می‌باشد زیرا مقادیر آب لازم از این طریق به کل سطح مزرعه افزوده می‌شود.

کشت گیاهان مقاوم به شوری بخصوص در خاکهای سنگین بافت در اصلاح این قبیل خاکها بسیار مؤثر است. زیرا رشد این نوع گیاهان به افزایش نفوذپذیری و پوشش گیاهی برای جلوگیری از فرسایش سطح خاک مزرعه سودمند می‌باشد.

omoorepeyman.ir

1 - Saline, Saline – Sodic, and Sodic Soils.
2 - Saline Soils
3 - Permeability
4 - None Saline Soils

احداث سیستم زهکشی مناسب برای تخلیه سریع تراوشات عمقی حاصل از کاربرد آب آبشوئی و جلوگیری از خیز سطح آب زیرزمینی مورد نیاز است. بطوری که قبلاً تذکر داده شد در شرایطی عملیات آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها با روش غرقاب متناوب به انجام می‌رسد که بدین ترتیب علاوه به صرفه‌جویی در میزان آب موردنیاز و کاربردی، فرصت زمانی کافی برای زهکشی ستون خاک نیز همزمان فراهم می‌گردد.

عملیات تکمیلی اصلاح خاک و اراضی ایجاب می‌نماید که پس از اجرای عملیات اصلاحی، مدیریت ویژه و مطلوبی در مورد بهره‌برداری و نگهداری اراضی تازه اصلاح شده به انجام رسد که در این رابطه سطح ایستابی بایستی در عمق لازم و کافی از سطح اراضی مزرعه تثبیت گردیده تا از گرایش به شوری مجدد اراضی جلوگیری به عمل آید. کاربرد مقادیر آب آبیاری لازم (آب مورد نیاز گیاه + نیاز آبشوئی املاح) ضرورت دارد تا حتی املاحی که به وسیله آب آبیاری به سطح و نیمرخ خاک افزوده می‌گردند، بدینوسیله آبشوئی و تخلیه شوند.

۳-۳-۲-۲- خاکهای شور و سدیمی[1]

واژه " شور- سدیمی" در مورد خاکهائی به کار برده می‌شود که در آن هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) بیشتر از ۴/۰ ($dS.m^{-1}$) در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و درصد سدیم تبادلی (ESP) بیشتر از ۱۵/۰ باشد. به طور معمول میزان واکنش (pH) این نوع خاکها بندرت بیشتر از ۸/۵ است. این قبیل خاکها منتج از دو فرایند " گرایش به شوری[2] " و " گرایش به سدیمی شدن[3]" می‌باشند. هرگاه غلظت املاح در محلول کاهش حاصل نماید، مقادیری از سدیم تبادلی آبکافت (هیدرولیز[4]) گردیده و تشکیل NaOH را می‌دهد این ملح ممکن است ضمن واکنش با اکسید دو کربن که از اتمسفر جذب می‌شود ملح کربنات سدیم را ایجاد نماید. طی عملیات آبشوئی خاک، امکان دارد خاک به شدت " سدیمی" گردیده و در اثر تخریب و گسیختگی خاکدانه‌ها و تبدیل آنها به ذرات بسیار ریز، شرایط نامطلوبی را برای ورود و تحرک آب در خاک و عملیات خاک‌ورزی فراهم آورد.

قابل ذکر است که در صورت رجعت دوباره املاح محلول به خاک، ذرات آن ممکن است منعقدگردند. مدیریت اصلاحی خاکهای شور و سدیمی بایستی تا تخلیه و دفع املاح محلول مازاد و سدیم تبادلی از محدوده توسعه ریشه گیاهان هم چنان استمرار داشته باشد و تا حصول نتیجه مطلوب این قبیل خاکها به صورت " مسئله‌دار" باقی بمانند. هرگاه مقادیر لازم "ژیپسم[5]" به خاک افزوده و سپس عملیات آبشوئی به انجام رسد، املاح اضافی از نیمرخ خاک آبشوئی گردیده و یون کلسیم جایگزین یون سدیم تبادلی خواهد شد.

به طور کلی اصلاح خاکهای شور و سدیمی نیاز به کاربرد مواد اصلاح کننده دارد که در این رابطه کاربرد موادی مانند گچ، گوگرد و یا کلرور کلسیم برای جایگزینی یون سدیم معمول است. از جمله نکات مهم در این ارتباط آن است که مواد اصلاح کننده الزاماً بایستی قبل از عملیات آبشوئی به خاک اضافه شوند (در روش کاربرد مستقیم مواد اصلاح کننده خاک). میزان ماده اصلاحی مورد نیاز[6] (AR) را می‌توان از رابطه زیر محاسبه نمود.

1 - Saline – Sodic Soils
2 - Salinization
3 - Sodification
4 - Hydrolyze
5 -Gypsum
6 - Amendment Requirement (AR)

omoorepeyman.ir

$$AR = \left(\frac{ESP_{in} - ESP_{fn}}{۱۰۰}\right).CEC \qquad (۳-۳)$$

که در آن : CEC ظرفیت تبادل کاتیونی[1] بر حسب میلی اکی والان در یکصد گرم خاک خشک، ESP_{in} و ESP_{fn} به ترتیب مقادیر درصد سدیم تبادلی اولیه (قبل از عملیات اصلاحی) و نهایی (مورد انتظار یا بعد از اجرای عملیات اصلاحی) و AR میزان ماده اصلاحی مورد نیاز بر حسب میلی اکی والان در یکصد گرم خاک خشک است.

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) نمونه خاک را به طور معمول از طریق اشباع نمودن همتافت تبادلی خاک با نوعی کاتیون (مانند سدیم) و سپس جایگزینی این کاتیون و تعیین یا اندازه‌گیری میزان جایگزین شده در عصاره آب خاک به انجام می‌رسد [در واکنش (pH) هفت از نظر استاندارد]. به عنوان مثال هرگاه ESP_{in} = ۳۰ ، ESP_{fn}=۱۰ و CEC=۲۴ باشد، مقدار AR = ۴/۸ میلی اکی والان ماده اصلاح کننده در یکصد گرم خاک خشک محاسبه می‌شود.

هرگاه ماده اصلاحی مورد نظر گچ باشد (یک میلی‌اکی‌والان گچ در یکصد گرم خاک خشک برابر با ۸۶۰ قسمت در میلیون است)، گچ موردنیاز برای یک هکتار زمین و برای عمق اصلاحی ۲۰ سانتی‌متر (به وزن تقریبی $۳/۱ \times ۱۰^{۶}$ کیلوگرم) برابر با ۱۲۷۹۶ کیلوگرم خواهد بود. محاسبات گفته شده بر مبنای ۱۰۰٪ جایگزینی کلسیم با سدیم است. به دلیل وجود مقادیر آزادی سودا[2] در برخی خاکهای شور و سدیمی، راندمان حقیقی کاربرد ماده یا مواد اصلاحی کمتر است. بدین دلیل توصیه می‌گردد که میزان گچ محاسبه شده با لحاظ نمودن مقادیر معادل کربنات و بیکربنات سدیم آزاد در خاک افزایش داده شود. علاوه بر آن درجه خلوص گچ قابل دسترسی نیز بایستی مورد نظر بوده و در محاسبات میزان گچ کاربردی لحاظ گردد.

به منظور انجام عملیات اصلاح اراضی، گچ را می‌توان از طریق آب آبیاری نیز به کار برد که این روش در مقایسه با توزیع و اختلاط گچ با خاک لایه سطحی و یا کاربرد سایر انواع مواد اصلاح کننده ارزان‌تر است. لیکن در این روش میزان گچ مورد نیاز و مصرف زیادتر و فرایند اصلاح خاک آهسته‌تر می‌باشد.

گوگرد نیز ماده اصلاحی ارزان قیمتی است که موارد کاربرد از آن عمومیت زیادی دارد. لیکن مصرف آن نیز با محدودیت‌هائی به همراه است. زیرا باکتری‌های خاک بایستی ابتدا ضمن اکسید نمودن گوگرد آن را به اسید سولفوریک تبدیل نماید. سپس یون هیدروژن اسید متذکره بایستی با آهک خاک واکنش نموده و کلسیم آن را آزاد نماید تا با سدیم جذب سطحی شده جایگزین گردد و فقط در آن صورت است که سدیم مهیای آبشوئی می‌باشد که کل این فرایندها ممکن است ماههائی از سال به طول بیانجامد.

جدول (۳-۵) انواع مواد اصلاح کننده شیمیائی خاکها را نشان می‌دهد.

omoorepeyman.ir

1 - Cation Exchange Capacity
2 - Soda

جدول (۳-۵) خصوصیات شیمیائی انواع مواد اصلاح کننده

ردیف	نام ماده اصلاح کننده خاک	فرمول شیمیائی	حالت فیزیکی	مقدار معادل یک کیلوگرم شیمیائی خالص	
				گچ (ژیپسم) کیلوگرم	گوگرد عنصری کیلوگرم
۱	گچ (ژیپسم)	$CaSO_4 , 2 H_2O$	معدنی سفیدرنگ	۱/۰۰	۵/۳۸
۲	گوگرد عنصری	S_8	ماده زرد رنگ	۰/۱۹	۱/۰۰
۳	اسید سولفوریک	H_2SO_4	مایع خورنده	۰/۵۷	۳/۰۶
۴	کربنات کلسیم	$CaCO_3$	ماده معدنی سفیدرنگ	۰/۵۸	۳/۱۳
۵	کلرور کلسیم	$CaCl_2 , 2 H_2O$	نمک سفیدرنگ	۰/۸۵	۴/۵۹
۶	سولفات فرو	$FeSO_4 , 7 H_2O$	نمک آبی متمایل به سبز	۱/۶۱	۸/۶۹
۷	سولفات فریک	$Fe_2 (SO_4)_3 , 9 H_2O$	نمک زرد متمایل به قهوه‌ای	۱/۰۹	۵/۸۵
۸	سولفات آلومینیوم	$Al_2 (SO_4)_3 , 18 H_2O$	دانه‌ای و خورنده	۱/۲۹	۶/۹۴
۹	پیریت(۳۰٪ گوگرد)	$Fe S_2$	ماده معدنی زرد تیره	۰/۶۳	۳/۳۹
۱۰	پلی سولفور کلسیم	CaS_x	جامد (پودر)	۰/۷۷	۴/۱۴
۱۱	سولفور آهک	۲۴٪ گوگرد عنصری و ۹٪ کلسیم	محلول زرد مایل به قهوه‌ای	۰/۷۸	۴/۲۰
۱۲	نیترات کلسیم کریستاله	$Ca(NO3)_2 , 2H_2O$	جامد	۱/۱۶	۶/۲۴

* مواد اصلاح کننده مندرج در ردیفهای ۲، ۴، ۹ و ۱۰ را باید به سطح خاک مزرعه اضافه نمود، سایر مواد اصلاح کننده را می‌توان به آب آبیاری و یا سطح خاک مزرعه اضافه نمود.

۳-۳-۲-۳- خاکهای سدیمی [1]

خاکهای سدیمی، خاکهایی هستند که در آنها میزان درصد سدیم تبادلی (ESP) بیشتر از ۱۵/۰ و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) کمتر از ۴/۰ ($dS.m^{-1}$) در ۲۵ درجه سانتی‌گراد باشد. میزان واکنش (pH) آن بین ۸/۵ تا ۱۰ متفاوت است. این خاکها معمولاً به صورت محدوده‌های کوچک و غیر منظم در مناطق خشک و نیمه خشک یافت می‌گردند که اغلب تحت عنوان " نقاط چرب[2]" نامیده می‌شوند.

کاهش املاح محلول مازاد در این قبیل خاکها موجب افزایش میزان هیدرولیز سدیم تبادلی گردیده و می‌تواند موجب افزایش واکنش (pH) خاک گردد. علاوه بر آن فرایند تبخیر ممکن است موجب رسوب مواد آلی موجود در محلول خاک بر روی سطح اراضی گردیده و در نتیجه آن قشر سیاه رنگی در سطح خاک تشکیل گردد.

از ویژگی‌های این نوع خاکها وجود کربناتهای سدیم، بی‌کربنات سدیم و سایر املاح سدیم در محلول خاک می‌باشد. وفور و وجود این قبیل املاح در خاکهای بدون گچ می‌تواند خطرساز و بسیار مضر باشد. ویژگی‌های فیزیکی این قبیل خاکها تحت تأثیر سدیم تبادلی قرار دارد به طوری که هر چه میزان درصد سدیم تبادلی (ESP) خاک افزایش یابد، تخریب ساختمان خاک و گسیختگی خاکدانه‌ها بیشتر تسریع می‌گردد. میزان واکنش (pH) محلول خاک ممکن است گاهی به ۱۰/۰ نیز برسد در این میزان واکنش (pH) زیاد و در صورت وجود یونهای کربنات، کلسیم و منیزیم ترسیب نموده که در نتیجه آن افزایش غلظت در محلول خاک اتفاق می‌افتد.

1 - Sodic Soils
2 - Slick Spots

omoorepeyman.ir

اصلاح و بهسازی خاکهای سدیمی اقدامی بسیار مشکل است زیرا به دلیل نفوذپذیری بسیار آهسته این قبیل خاکها انتقال مواد اصلاح کننده به وسیله آب به کلوئیدهای خاک بسیار کند صورت می‌گیرد. اختلاط مکانیکی و شخم عمیق ممکن است در این مورد مؤثر باشد زیرا بدینوسیله مواد اصلاحی به طور مستقیم به درون خاک انتقال یافته، همچنین مجاری لازم جهت عبور تراوشات عمقی آب نیز ایجاد می‌گردد.

معدودی گیاهان می‌توانند در خاکهای سدیمی رشد نمایند مگر اینکه بعضی عملیات اصلاحی بر روی این قبیل خاکها اعمال گردد. بدین منظور حتی رویش بعضی گیاهان هرز می‌تواند مورد توجه باشد زیرا ریشه این قبیل گیاهان می‌تواند حفره‌هایی در خاک ایجاد نموده و افزایش نفوذپذیری خاک را موجب گردد.

در مراحل اولیه اصلاح خاکهای سدیمی کاربرد آبهای شور در مقایسه با آبهای غیرشور مطلوبتر است، زیرا املاح موجود در آب کاربردی به انعقاد کلوئیدهای خاک کمک می‌نماید که در نتیجه آن نفوذپذیری خاک به میزان دو تا سه برابر افزایش خواهد یافت. در این رابطه آبهای محتوی کلسیم بیشتر مؤثر می‌باشد، زیرا این کاتیون می‌تواند جایگزین سدیم تبادلی خاک گردد.

۳-۳-۲-۴- علایم ظاهری خاکهای مبتلا به شوری و سدیمی بودن

در قاره آسیا پس از کشورهای اتحاد جماهیر شوروی سابق، چین، هندوستان و پاکستان بیشترین گسترش سطوح خاکهای شور، شور و سدیمی در ایران گزارش شده است. شرایط اقلیمی خاص کشور موجبات تشکیل و توسعه خاکهای مذکور را به میزان قابل ملاحظه‌ای و با پراکنش غیر یکنواخت در اکثر نقاط این سرزمین فراهم آورده است.

این قبیل خاکها غالباً در مناطق خشک و نیمه خشک کشور پراکنده می‌باشند و به طور کلی یا از نظر وضعیت زهکشی طبیعی ضعیف بوده و یا تحت چنین شرایطی توسعه و تکوین یافته‌اند. مروری بر اطلاعات موجود در کشور بیانگر آن است که خاکهای شور و سدیمی ایران به طور گسترده‌ای در جلگه‌ها و دشتهای رسوبی و به طور عمده در دشتهای آبرفتی رودخانه‌ها پراکنده می‌باشند که در این واحد فیزیوگرافی انواع گروههای بزرگ خاکها نیز یافت می‌شوند.

قابل ذکر است که عنوان گردد باستناد ارقام موجود در ایران از کل ۱۶۵/۰ میلیون هکتار اراضی سطح کشور، مساحتی حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار آن که برابر ۱۴/۲ درصد کل می‌باشد به درجات مختلف با مسایل شوری، سدیمی بودن، زهدار و حالت ماندابی بودن روبرو است. درصد بیان شده مساوی ۳۰٪ مساحت اراضی فلاتهای کم ارتفاع و دشتهای کشور نیز می‌باشد. اجزای مساحت مذکور مشتمل بر:

- ۷/۷ میلیون هکتار خاکهای "آریدی سولز[1] و آنتی سولز[2]" شامل "خاکهای شور و خاکهای رسوبی شور" که به دلیل ویژگیهای ذاتی و کیفی خاکها بطور نسبی با سهولت قابل اصلاح و بهسازی است.
- ۸/۲ میلیون هکتار خاکهای "باتلاقی شور" که عمدتاً شامل رده "آریدی سولز" و گروه بزرگ "آکوئی سالیدز[3]" می‌باشند که اصلاح و بهسازی آن نیاز به بررسی و انجام اقدامات خاص و پیچیده‌ای دارد.
- ۷/۶ میلیون هکتار خاکهای بدون تکامل و یا با تکامل خیلی کم نیمرخ خاک که بروی سنگهای آهکی و یا مارنهای گچی و آهکی تشکیل شده‌اند. این قبیل خاکها اغلب کم عمق بوده و بخش وسیعی از آنها "شور و سدیمی" می‌باشند که بدلایل

1-Aridisols
2-Entisols
۳-Aquisalids

omoorepeyman.ir

فنی و اقتصادی برای اجرای عملیات بهسازی نامناسب هستند. این خاکها عمدتاً شامل رده "آنتی سولز" بوده و سطوح کمی از آنها نیز در رده "آریدی سولز" قرار دارند.

تذکر این نکته نیز لازم است که فرایندهای شوری و سدیمی شدن خاکها، پدیده‌ای دینامیکی می‌باشد که بطور دایم در حال تغییر است و بدین دلیل می‌توان تصور نمود که کلیه این ارقام تاکنون تغییرات کلی نموده باشند.

از نظر کشاورزی انجام فعالیتهای اقتصادی و بهره‌برداری از خاکهای شور، سدیمی و یا زهدار و ماندابی احتیاج به رعایت ضوابط و تمهیدات خاص دارد که در مقایسه با آنچه در کشاورزی با خاک و آب غیرشور مطرح است، ابعاد متفاوتی را دارا است.

متخصصین کشاورزی، اقتصاددانان و جامعه‌شناسان اکثر کشورهای جهان که منابع فیزیکی تولید آنها با معضلات شوری و یا سدیمی بودن روبرواست، اعتقاد دارند که : معضل گرایش به شوری منابع تولید (آب و خاک) در بخش کشاورزی در آینده‌ای نه چندان دور ممکن است ابعاد اقتصادی و اجتماعی زندگی را در جوامع کشاورزی و روستایی با تنگناهای ویژه‌ای روبرو نماید که لزوم پیشگیری و مقابله با آن لازم‌الاجرا می‌باشد.

- **خاکهای شور و سدیمی**

این قبیل خاکها در کشور محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای املاح محلول هستند، رنگ این نوع خاکها به طور معمول روشن بوده و از نظر میزان مواد آلی فقیر و دارای سطوحی نسبتاً سخت با ساختمان دانه‌ای و شکننده می‌باشند. نوع املاح را در خاکهای متذکره، در درجه نخست به طور عمده کلرورها و پس از آن سولفاتها تشکیل می‌دهند. سولفاتها به میزان قابل ملاحظه‌ای به شکل سولفات سدیم در خاکهای شور و سولفات کلسیم در خاکهای گچی یافت می‌شوند. بافت این خاکها ممکن است از لومی سیلت‌دار تا لومی رسی و حتی رسی تغییر نماید. لیکن افق زیرین این قبیل خاکها، اکثراً از نوعی رس سنگین، دانه‌ریز و چسبنده تشکیل یافته است.

از مشخصه‌های بارز دیگر این نوع خاکها وجود قشر نمکی مشخصی در لایه سطحی و تغییر ساختمان لایه زیرین، به دانه‌ای است. همانگونه که بیان گردید به دلیل وفور املاح محلول در این خاکها و به دلیل شرایط پفی سطح خاک، آنها را از سایر خاکها متمایز می‌نماید. به طوری که از نظر وضع ظاهری این خاکها تفاوت زیادی با خاکهای غیر شور و حتی خاکهای با شوری کم دارند، به دلایل گفته شده فقط گیاهان مقاوم و یا متحمل به شوری قادر به رویش در این قبیل خاکها می‌باشند که آنها را تحت عنوان گیاهان " شور پسند" یا "هالوفیت[1] " می‌نامند. یادآوری می‌گردد که عدم وجود لایه‌ای نمکی در سطح این خاکها لزوماً به معنی شور نبودن این قبیل خاکها نمی‌باشد و در این مورد بایستی سایر ویژگی‌های کیفی و ظاهری بیان شده را مورد بررسی قرار داد. تذکر این نکته نیز ضروری است که به دلیل آهکی بودن منشاء این خاکها میزان واکنش (pH) آنها در اکثر حالتها ۸/۰ – ۸/۵ متغیر است.

- **خاکهای سدیمی**

همانگونه که قبلاً متذکر گردید خاکهای سدیمی کشور حاصل آبشوئی ناقص املاح محلول نیمرخ خاک است. گرایش این خاکها به سمت سدیمی شدن، متأثر از شوری و به دلیل عدم اعمال مدیریت آبیاری در خاکهای با زهکشی ضعیف است. خاکهای سدیمی معمولاً به صورت لکه‌های پراکنده در اراضی شور، شور و سدیمی و یا در سایر انواع خاکها یافت می‌شوند. این خاکها در اراضی فاقد مواد آلی دارای افق سطحی به رنگ تقریباً روشن هستند که املاح محلول آن آبشوئی شده و به روی طبقه تیره رنگ‌تری استقرار دارند. مواد آلی خاکهای سدیمی، تحت تأثیر سدیم به شدت انتشار یافته و سطح ذرات خاک را می‌پوشاند و در نتیجه منجر به ایجاد رنگ تیره در سطح خاک

1- Halophyte

omoorepeyman.ir

می‌گردد. این قبیل خاکها عموماً دارای ساختمان ستونی و یا منشوری بوده و میزان املاح محلول عصاره اشباع آنها از خاکهای شور بسیار کمتر است. مقدار رس طبقه سطحی خاکهای سدیمی کشور زیاد و حتی گاه میزان آن به ۶۰٪ نیز می‌رسد. در اکثر حالتها این نوع خاکها از نظر مواد آلی نیز فقیر می‌باشند. خاکهای سدیمی در ایران نیز منشاء آهکی داشته و لیکن مقدار کربنات کلسیم لایه فوقانی آنها از خاکهای شور کمتر گزارش شده است.

خاکهای سدیمی شخم خورده نیز از نظر وضعیت ظاهری از سایر انواع خاکها کاملاً متمایز می‌باشند. زیرا ساختمان کلوخه‌ای لایه شخم خورده و رنگ خاکستری آن به وضوح قابل رویت است. در کف شیارهای حاصل از شخم نیز ساختمان منشوری و ستونی با گوشه‌های نامنظم مشهود می‌باشد.

در خاکهای سدیمی، شکل ظاهری به تنهائی نمی‌تواند عامل قابل اطمینانی در تشخیص قطعی آنها باشد. زیرا بعضی از خاکها از نظر وضعیت ظاهری شباهت کاملی با خاکهای سدیمی داشته، لیکن مرحله " سدیمی شدن[1] " را طی نکرده‌اند. چنین خاکها را خاکهای "شبه قلیائی[2]" می‌نامند. بنابراین معیار صحیح برای تشخیص این خاکها نتایج تجزیه آزمایشگاهی نمونه‌های خاک می‌باشد. به هر حال این قبیل خاکها از نظر مواد غذایی بسیار ضعیف بوده و ویژگی‌های فیزیکی نامناسبی دارند. ضمن آنکه در اکثر شرایط دارای سطوح سخت و لخته‌ای ترک خورده در ایام خشکی به همراه سنگینی بافت خاک می‌باشند.

۳-۳-۲-۵- مبانی نظری شوری زدائی املاح محلول از نیمرخ خاکها

تجربیات موجود نشان می‌دهد که در بیشتر شرایط آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها عمل ساده "جایگزینی آب حاصل از نفوذ عمقی با عصاره اشباع محلول خاک" نمی‌باشد. بلکه مربوط به فرایند دو پدیده توأمان پخشیدگی[3] (حرکت گرمایشی) و انتشار[4] املاح محلول در نیمرخ خاک می‌باشد که اصطلاحاً به فرایند جابجائی اختلاط پذیر[5] موسوم می‌باشد. در نتیجه این فرایند آبی که به طور عمقی در خاک نفوذ می‌کند با رطوبت موجود در نیمرخ خاک اختلاط می‌یابد و سپس با ادامه نفوذ، املاح محلول را نیز به اعماق خاک منتقل می‌کند. هر چه عمق آب مورد نیاز برای آبشوئی کامل املاح کمتر باشد، بازده آبشوئی بیشتر خواهد بود. بازده آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاک تابع عواملی از جمله : میزان رطوبت خاک، مقدار آب آبشوئی، اندازه و آرایش خلل و فرج خاک، روش آبشوئی و سرانجام پراکنش عمودی و تراکم املاح در نیمرخ خاک می‌باشد.

در خاکهای شور- سدیمی و سدیمی معمولاً فرایند تبادل یونی[6] در اثنای آبشوئی املاح به وقوع می‌پیوندد که طی آن تعادل موجود بین یونهای جذب شده در سطح ذرات خاک و یونهای موجود در محلول خاک ناپایدار گردیده و در نتیجه آن تبادل یونی به انجام می‌رسد. فرایند اصلاح خاکهای سدیمی، مستلزم جایگزین شدن یونهای کلسیم و یا منیزیم با یونهای سدیم جذب سطحی شده بروی سطح ذرات رس است. لازمه جایگزینی کلسیم و یا منیزیم با سدیم تبادلی (Ex.Na) آن است که مقادیر متناسبی یون کلسیم و یا منیزیم در محلول خاک موجود باشد به این ترتیب اصلی‌ترین نقش آبشوئی و اصلاح اراضی در خاکهای شور و سدیمی، خارج کردن یون سدیم جایگزین شده

1- Sodification.
2- Pseudosolonetz
3- Diffusion
4- Dispersion
5- Miscible Displacement
6 - Ionic Exchange

omoorepeyman.ir

(که به شکل املاحی با حلالیت زیاد در محلول خاک باقی می‌ماند)، خواهد بود. بعضی پژوهشگران فرضیات ساده شده‌ای را برای دستیابی به معادله آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها اعمال و فرایند آبشوئی املاح از نیمرخ خاکها را به شرح زیر ارائه نمودند.

$$D_S.\theta_V.dC_{sw} = (C_{iw} - dD_{iw}) - (C_{dw}.dD_{dw}) \qquad (۳-۴)$$

که در آن : D_S ضخامت لایه خاک، dC_{sw} تغییرات میزان املاح در آب خاک در ارتباط با تغییرات در عمق آب زهکشی برای عمق معینی از خاک (dD_{dw})، θ_V میزان رطوبت حجمی خاک، C_{iw} و C_{dw} به ترتیب غلظت املاح محلول در آب آبیاری و آب زهکشی و D_{dw} میزان آب نفوذ یافته می‌باشد. با توجه به معادله کلی بیان شده فرضیات به کار رفته و ضروری به شرح زیر بوده است.

- وقوع زه آب و یا آبشوئی املاح از ضخامت مشخصی در نیمرخ خاک در میزان رطوبت اندکی بیشتر از حد ظرفیت زراعی[1] (FC) اتفاق می‌افتد.
- و این شرایط برقرار باشد :

$$Cdw = f\,.\,Csw \quad , f \leqslant 1$$

که در آن : f ضریب بازده یا راندمان آبشوئی[2] نامیده می‌شود. غلظت املاح در آب زهکشی از عمق معینی در خاک، برابر و یا کمتر از متوسط غلظت املاح آب خاک قبل از آبشوئی می‌باشد.

- عمق آب زهکشی متناسب با عمق آب کاربردی (آبشوئی) است به طوری که می‌توان رابطه زیر را ارائه نمود.

$$D_{dw} = \frac{D_{iw}}{K} \rightarrow dD_{iw} = K.dD_{dw}$$

که در آن : K ثابت تناسب می‌باشد. با جایگزینی معادله‌های ارائه شده در بندهای دوم و سوم در معادله (۳-۴) نتیجه زیر حاصل می‌شود.

$$D_S.\theta_V.dC_{sw} = (K.C_{iw}.dD_{dw}) - (dD_{dw}.f.C_{sw}) \qquad (۳-۵)$$

که آن را به صورت زیر نیز می‌توان نوشت :

$$D_S.\theta_V.dC_{sw} = d.D_{dw}(K.C_{iw} - f.C_{sw}) \qquad (۳-۶)$$

و یا

$$\frac{dD_{dw}}{D_S} = \frac{\theta_V.dC_{sw}}{(K.C_{iw} - f.C_{sw})} = \frac{\theta_V}{f}\left[\frac{dC_{sw}}{\frac{K.C_{iw}}{f} - C_{sw}}\right] \qquad (۳-۷)$$

با انتگرال‌گیری از معادله (۳-۷) بین حدود $D_{dw} = ۰$ و $C_{sw} = C_{swo}$ نتیجه زیر حاصل می‌شود.

$$-\frac{۱}{D_S}\int_{D=۰}^{D=D} dD_{dw} = -\frac{\theta_V}{f}\int_{C_{swo}}^{C_{sw}} \frac{dC_{sw}}{C_{sw} - \frac{K.C_{iw}}{f}} \qquad (۳-۸)$$

1 - Field Capacity (FC)
2 - Leaching Efficiency Coefficient (f)

omoorepeyman.ir

و یا

$$\frac{D_{dw}}{D_s} = \frac{\theta_v}{f} \ln \frac{C_{swo} - \frac{KC_{iw}}{f}}{C_{sw} - \frac{KC_{iw}}{f}} \qquad (۹-۳)$$

با جایگزینی $C = EC$ و تساوی قراردادن $EC_{eq} = \frac{KC_{iw}}{f}$ رابطه بالا به شکل ساده زیر در می‌آید.

$$\frac{D_{dw}}{D_s} = \frac{\theta_v}{f} \ln \frac{EC_o - EC_{eq}}{EC - EC_{eq}} \qquad (۱۰-۳)$$

در معادله (۳-۹) مقادیر غلظت املاح محلول (C) بر حسب میلی اکی والان درلیتر و یا میلی گرم در لیتر بوده است که این مقادیر در معادله (۳-۱۰) به صورت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC) بر حسب دسی زیمنس بر متر ($dS.m^{-1}$) تغییر یافته‌اند.

در شرایطی که در معادله اخیر، $D_{lw} = D_{dw}$ (عمق خالص آبشوئی) و $EC_i = EC_o$ (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از عملیات آبشوئی) و $EC_f = EC$ (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک پس از عملیات آبشوئی) منظور گردند معادله کلی زیر حاصل می‌شود.

$$\frac{D_{lw}}{D_s} = \frac{\theta_v}{f} \ln\left(\frac{EC_i - EC_{eq}}{EC_f - EC_{eq}}\right) \qquad (۱۱-۳)$$

و یا

$$\left(\frac{EC_f - EC_{eq}}{EC_i - EC_{eq}}\right) = \exp\left[-(f.D_{lw})/(\theta_v.D_s)\right] \qquad (۱۲-۳)$$

در معادله‌های (۳-۱۱) و (۳-۱۲) علائم به کار رفته دارای ابعاد و معانی زیر است.

EC_i و EC_f به ترتیب هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، قبل و پس از عملیات آبشوئی (کاربرد و نفوذ عمق مشخصی آب آبشوئی یا D_{lw}) بر حسب دسی زیمنس بر متر ($dS.m^{-1}$)، EC_{eq}، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که به حال تعادل شیمیائی با آب آبیاری (آبشوئی) در می‌آید، برحسب دسی‌زیمنس‌برمتر ($dS.m^{-1}$) و آن در واقع کمترین میزان شوری (هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک) می‌باشد که در لایه سطحی (۰-۵ سانتی‌متری) نیمرخ خاک با استفاده از آب آبیاری یا آبشوئی با کیفیت مشخص و موجود حاصل می‌گردد.

f، ضریب بازده یا راندمان آبشوئی، بدون بعد، همواره کوچکتر از یک و مثبت

D_{lw}، عمق خالص آب آبشوئی و آن مقدار آبی است که پس از تأمین کسر رطوبت خاک لایه مربوطه به طریق ثقلی و بصورت تراوشات عمقی از ستون خاک لایه مربوطه خارج می‌گردد، برحسب متر یا سانتی‌متر

D_s، عمق یا ضخامت لایه خاک بر حسب متر یا سانتی‌متر

θ_v، رطوبت حجمی خاک، (cm^3/cm^3 یا m^3/m^3)

omoorepeyman.ir

D_{lw}/D_s نسبت عمق آب آبشوئی به واحد عمق خاک بدون بُعد

با کاربرد روابط بیان شده می‌توان عمق خالص آب آبشوئی (D_{lw}) و ضریب راندمان یا بازده آبشوئی (f) را به شرح زیر محاسبه نمود.

$$D_{lw} = D_s \left[\frac{\theta_v}{f} \ln \frac{ECi - EC_{eq}}{EC_f - EC_{eq}} \right] \qquad (۱۳-۳)$$

$$f = \frac{Ds}{Dlw} . \theta_v \left[\ln \frac{EC_i - ECeq}{EC_f - ECeq} \right] \qquad (۱۴-۳)$$

تفریق مقدار EC_{eq} (شوری یا هدایت الکتریکی تعادلی عصاره اشباع خاک) از صورت و مخرج کسر معادله‌های مربوطه موجب می‌گردد تا نتایج حاصل مستقل از عوامل خارجی مؤثر (از جمله میزان تبخیر، شرایط زهکشی داخلی خاکها، کیفیت آب آبیاری مورد مصرف در امر آبشوئی و سایر شرایطی که می‌تواند بر روی نتایج اثرگذار باشند) گردند.

با توجه به موارد بیان شده ملاحظه می‌گردد، با وجودی که در اشتقاق معادله آبشوئی املاح از نیمرخ خاکها فرضیات ساده شده‌ای اعمال گردید لیکن در مقایسه با بعضی مدلهای تجربی و عددی، معادله‌های بیان شده از منطق فیزیکی و ریاضی مناسبی برخوردار می‌باشند. بطوری که با کاربرد این روابط می‌توان مورد آبشوئی منطقی املاح کاملاً محلول را در نیمرخ خاک طی فرایند آبشوئی با تقریب مناسبی برآورد نمود. زیرا در شرایط عادی حدود ۸۰-۹۰٪ املاح موجود در نیمرخ خاکهای مذکور را املاح معدنی با درجه حلالیت زیاد تشکیل می‌دهند و فقط حدود ۱۰-۲۰٪ باقیمانده را ترکیبات معدنی کم محلول شامل می‌گردند. که در نتیجه هوادیدگی مواد مادری تشکیل دهنده خاکها می‌باشند و در حقیقت در اکثر شرایط آبشوئی "املاح محلول" از نیمرخ خاکها مورد نظر است که مبانی بیان شده طی روابط بالا در خصوص آنها کاربرد دارد.

هر چند قضاوت در مورد راندمان آبشوئی (f) که بایستی از طریق انطباق منحنی‌های آبشوئی حاصل از آزمونهای مزرعه‌ای و برآورد شده به وسیله یک رابطه مناسب به انجام رسد لیکن نتایج بعضی بررسی‌های مربوطه نشان می‌دهد که مقدار این ضریب یا فاکتور برای خاکهای شنی در شرایط آبشوئی به روش غرقاب دایم برابر با ۰/۶ – ۰/۷ و مقدار آن ممکن است برای خاکهای رسی تا حد ۰/۳ نیز تنزل یابد. به عنوان یک رهنمود تجربی مقدار راندمان آبشوئی (f) مرتبط با بافت خاک را به طور تقریبی به صورت زیر می‌توان ارائه داد.

- برای خاکهای سیلت لومی تا لومی شنی ۰/۶ -۰/۷ = f
- برای خاکهای رسی سیلتی ، شنی لومی و لومی۰/۴-۰/۵ = f
- برای خاکهای سنگین بافت و رسی ۰/۲-۰/۳ = f

مقدار عددی این ضریب منعکس کننده راندمان کاربرد آب آبشوئی املاح محلول خاک است، که طی فرایند آبشوئی می‌تواند جایگزین آب خاک گردد.

omoorepeyman.ir

۳-۳-۲-۶- تعیین آب مورد نیاز آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها

عملیات اصلاحی خاکها مشتمل بر آبشوئی املاح محلول و سدیم تبادلی از محدوده توسعه ریشه گیاه می‌باشد. اگر چه در عمل جهت حصول این نتیجه اکثراً مقادیر قابل ملاحظه‌ای آب به طور نسبی بدین منظور و به عنوان آب آبشوئی به کار می‌رود و یا ممکن است در عمل مورد نیاز باشد لیکن در شرایطی که وضعیت زهکشی طبیعی خاک نامناسب باشد، کاربرد این میزان آب شرایط را نامطلوب‌تر می‌کند.

اصلاح خاکهای متاثر از موارد شوری و سدیمی بودن حتی تا زمان حاضر هنوز موارد بررسی‌های مزرعه‌ای را ضروری می‌نماید. هر چند به طور غیر دقیق و تقریبی بیان می‌شود که برای آبشوئی املاح محلول لایه خاکی به ضخامت (Dz) همان عمق یا ارتفاع معادل آب آبشوئی برای نیاز اصلاحی خاکهای بسیار شور مورد نیاز است.

در این زیر بخش اهتمام به عمل آمده تا به منظور احتراز از پیچیدگی مطلب، تفاوت بین کنترل شوری املاح در نیمرخ خاک از طریق بیلان املاح یا نیاز آبشوئی[1] (LR) و تخلیه و دفع املاح متراکم در خاکهای شور و سدیمی که به نیاز اصلاحی[2] (RR) معروف است مطالبی بیان گردد بدین ترتیب که نیاز اصلاحی اراضی، عبارت از مقدار آبی است که می‌بایستی از نیمرخ خاک (محدوده توسعه رشد گیاه) عبور نموده و املاح محلول را در نیمرخ خاک به میزان و غلظت ویژه‌ای برساند که برای کشت و کار گیاهان مورد نظر قابل تحمل باشد بنابراین نیاز اصلاحی به طور معمول و مرسوم مرتبط با خاکهای بدون پوشش زارعی می‌باشد که در نظر است این قبیل اراضی برای اهداف بهره‌برداری‌های کشاورزی آماده نمود.

- **نیاز آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها**

پژوهشگران زیادی سعی در ارایه رابطه‌ای کمی برای بیان میزان آب لازم جهت آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها نموده‌اند. کارشناسان آزمایشگاه شوری کشور ایالات متحده[3] در سال (۱۹۵۴) رابطه زیر را ارائه دادند.

$$LR = \frac{D_{dw}}{D_{iw}} = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}} \qquad (۱۵-۳)$$

که در آن : D_{dw} ، عمق آب زهکشی D_{iw}، عمق معادل آب آبیاری، EC_{iw} و EC_{dw} به ترتیب نمایانگر هدایت الکتریکی آب آبیاری و آب زهکشی می‌باشند. به دلیل مشکل بودن برآورد مقدار هدایت الکتریکی آب زهکشی (EC_{dw}) و برای اعمال این فرض که حداکثر غلظت محلول خاک در منطقه زیر محدوده توسعه ریشه گیاه اتفاق می‌افتد، پیشنهاد گردید که مقادیر شوری عصاره اشباع خاک به عنوان برآوردی از میزان هدایت الکتریکی آب زهکشی (EC_{dw}) منظور گردد. چنانچه از رواناب سطحی، صرف نظر شود، عمق آب آبیاری (D_{iw}) برابر مجموع عمق آب مصرفی گیاه (D_{cw}) و آب زهکشی (D_{dw}) می‌باشد بنابراین :

$$D_{iw} = D_{cw} + D_{dw} \qquad (۱۶-۳)$$

$$D_{iw} = \frac{D_{cw}}{(۱ - LR)} = \left(\frac{EC_{dw}}{EC_{dw} - EC_{iw}}\right).D_{cw} \qquad (۱۷-۳)$$

روابط فوق مقدار آب مورد نیاز آبشوئی (LR) را بسیار محتاطانه و حتی بیش از مقدار لازم برآورد می‌نمایند و به همین لحاظ بعداً روابط دیگری برای نیاز آبشوئی ارائه شده است. برای برآورد دقیق‌تری از نیاز آبشوئی (LR) لازم و برای گیاه بخصوص رابطه زیر ارائه شده است.

1- Leaching Requirement (LR)
2- Reclamation Requirement (RR)
3- USSL.

omoorepeyman.ir

$$LR = \frac{EC_{iw}}{۵(EC_e) - EC_{iw}} \qquad (۱۸-۳)$$

که در آن، LR حداقل نیاز آبشوئی لازم برای تنظیم املاح در محدوده شوری (ECe) قابل تحمل گیاه در روشهای مرسوم آبیاری ثقلی یا سطحی، EC_{iw} شوری آب آبیاری برحسب دسی‌زیمنس بر متر ($dS.m^{-1}$) و ECe میزان متوسط حد تحمل گیاه به شوری بر مبنای اندازه‌گیری عصاره اشباع خاک بر حسب ($dS.m^{-1}$)می‌باشد که مقادیر آن برای عملکردهای متفاوت محصولات زراعی و باغی در جداول منابع مرجع ارائه شده است. توصیه گردیده که در این مورد مقدار (ECe) که موجب عملکرد ۹۰٪ میزان محصولات است، مقدمتاً به کار گرفته شود.

بدین ترتیب کل عمق آب سالیانه مورد نیاز که بایستی نیاز آبی و نیاز آبشوئی را جبران نماید از معادله زیر قابل محاسبه است.

$$AW = \frac{ET}{۱ - LR} \qquad (۱۹-۳)$$

که در آن، AW عمق آب مورد نیاز یا کاربردی بر حسب میلی‌متر در سال، ET کل میزان آب سالیانه مورد نیاز یا تقاضای گیاه،بر حسب میلی‌متر در سال و LR، نیاز آبشوئی که به صورت اعشاری بیان می‌گردد.

مجدداً یادآوری می‌نماید که نیاز آبشوئی (LR) به صورت اعشاری و افزون بر نیاز آبی گیاه تعریف شده است که ضرورت دارد این میزان آب از محدوده توسعه ریشه گیاهان عبور نموده املاح محلول را آبشوئی و در حد مورد نظر تنظیم نماید.

- **نیاز اصلاحی اراضی شور، شور و سدیمی**

به گونه‌ای که قبلاً بیان شد،به طور کلی خارج نمودن املاح محلول و تراکم یافته در نیمرخ خاکهای بسیار شور و یا شور و سدیمی به عنوان عملیات "اصلاح اراضی" تعریف گردیده است. بنابراین نیاز اصلاحی (RR) با عبارت نیاز آبشوئی (LR) که شرح آن در مبحث قبل بیان گردید تفاوت معنی‌داری را داراست.

اولین رابطه کمی وتجربی برای بیان نیاز اصلاحی اراضی، بر مبنای آزمایشهای مزرعه‌ای اصلاح خاک و اراضی به وسیله ریو[1] در سال (۱۹۵۷) به شرح زیر ارائه گردید.

$$\frac{D_w}{D_s} = \frac{۱}{۵\left(\frac{EC_f}{EC_i}\right)} + ۰/۱۵ \qquad (۲۰-۳)$$

که در آن : D_w ، عمق آب نفوذ یافته برای لایه خاکی به ضخامت (D_s)، EC_i، EC_f به ترتیب غلظت (یا هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک) متوسط شوری در کل نیمرخ خاک قبل و پس از آبشوئی املاح محلول، D_s ،ضخامت افق یا لایه مورد نظر برای عملیات اصلاحی است. رابطه بالا را به صورت زیر نیز می‌توان ارائه داد.

$$\frac{D_w}{D_s} = \frac{EC_i}{۵(EC_f)} + ۰/۱۵ = \frac{۱}{۵}\left(\frac{EC_i}{EC_f}\right) + ۰/۱۵ \qquad (۲۱-۳)$$

omoorepeyman.ir

1 - Reeve

در این معادله : (EC_i/ EC_f) نسبت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک قبل از آبشوئی به هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک پس از آبشوئی بدون بعد و (Dw/Ds) نسبت عمق آب آبشوئی به واحد عمق خاک، بدون بعد می‌باشد. با استفاده از هر کدام از روابط (۳-۲۰) و (۳-۲۱) می‌توان عمق آب مورد نیاز برای آبشوئی (D_W) را به شرح زیر برآورد یا محاسبه نمود.

$$D_W = D_S.\left[\frac{۱}{۵}(\frac{EC_i}{EC_f}) + ۰/۱۵\right] \qquad (۳-۲۲)$$

در شرایطی که اطلاعات لازم در دسترس باشد می‌توان به جای D_W (عمق ناخالص آب آبشوئی) ،D_{lw} (عمق خالص آب آبشوئی) را بدون آنکه در روابط بیان شده،تغییری ایجاد نماید به کار برد. زیرا D_{lw} از طریق کسر میزان کمبود رطوبت خاک لایه مورد نظر Ds (تا حد ظرفیت مزرعه) از عمق آب کاربردی D_W به دست خواهد آمد.

به طوری که در مباحث قبل بیان گردید، میزان شوری تعادلی (EC_{eq}) مربوط به فرایندهای تبخیر، شرایط زهکشی داخلی خاکهای مورد آزمون و شوری آب آبشوئی (EC_{iw}) می‌باشد و هر گاه مقدار آن از مقادیر شوری اولیه (EC_i) و نهائی (EC_f) کسر گردد روابط حاصله یعنی :

$$\left[(EC_f - EC_{eq})/(EC_i - EC_{eq})\right] \text{و} \left[D_W / D_S\right]$$

به طور نظری از کیفیت آب آبشوئی، وضعیت زهکشی داخلی خاک و میزان تبخیر مستقل می‌گردند و بدین ترتیب روابط و منحنی‌های حاصله منحصراً به ویژگی‌های خاک مورد آزمایش بستگی خواهد داشت. با اعمال این شرایط و جایگزینی Dw= Dlw در معادله (۳-۲۱) شکل نهائی معادله به صورت زیر قابل ارائه خواهد بود.

$$\left[(EC_f - EC_{eq})/(EC_i - EC_{eq})\right] = \frac{۱}{۵}\left[(D_{lw}/D_S) - ۰/۱۵\right] \qquad (۳-۲۳)$$

استفاده از رابطه یا مدل تجربی ریو (۱۹۵۷) برای سالیان متمادی در اکثر نقاط جهان و کشور عمومیت کاربرد داشته است. رابطه تجربی دیگری به وسیله کودا[1] دانشمند روسی در سال (۱۹۶۱) برای بیان نیاز اصلاحی اراضی، به شرح زیر ارائه شده است.

$$Y = n_۱.n_۲.n_۳X(۴۰۰) \pm ۱۰۰ \qquad (۳-۲۴)$$

که در آن : Y عمق آب موردنیاز آبشوئی بر حسب میلی‌متر ، X میزان متوسط شوری عمق ۲/۰ متری نیمرخ خاک بر حسب درصد ، $n_۱$ ضریب مرتبط با بافت خاک (برای خاکهای شنی، لومی و رسی به ترتیب برابر با ۰/۵، ۱/۰ و ۲/۰) ، $n_۲$ ضریب عمق سطح ایستابی آب زیرزمینی (برای اعماق کمتر از ۲، ۲-۵ و ۵-۷ متری به ترتیب مقدار آن برابر با ۳/۰، ۱/۵ و ۱) و $n_۳$ ضریب مرتبط با شوری آب زیرزمینی (برای شوری‌هایی کم، زیاد و بسیار زیاد به ترتیب ۱، ۲ و ۳) می‌باشد.

متذکر می‌گردد که برای تبدیل هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و بر حسب دسی زیمنس بر متر به درصد املاح بایستی آن را ابتدا در درصد اشباع خاک بر حسب اعشاری ($SP/۱۰۰$) ضرب نموده و حاصل را نیز در عدد ۰/۰۶۴ ضرب نمود. در خصوص کاربرد رابطه (۳-۲۴) و نتایج حاصل از آن موارد مکتوب و مدونی در کشور گزارش نشده است. به طوری که قبلاً در مبحث "مبانی شوری زدائی املاح محلول از نیمرخ خاکها" بیان گردید و توجه مجدد بر آنچه در خصوص اشتقاق معادله‌های (۳-۱۱) و (۳-۱۲) منظور شده است، شکل کلی و کامل شده مدل یا رابطه تجربی- نظری دیلمان[2] (۱۹۶۳) به شرح زیر می‌باشد.

1 - Kovda
2- Dieleman

omoorepeyman.ir

$$\left[(EC_f - EC_{eq})/(EC_i - EC_{eq})\right] = \exp\left[-(f.D_{lw})/(\theta_v.D_s)\right]$$

که کلیه علایم به کار رفته در آن قبلاً تعریف شده‌اند.

به دلیل آنکه ضریب راندمان آبشوئی (f) قبل از اقدام به امر آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها دقیقاً مشخص نمی‌باشد و میزان تقریبی آن به شدت وابسته به ویژگی‌های فیزیکی خاک و روش اجرای آبشوئی دارد که می‌توان آن را از منابع منتشره برداشت نمود، بدین دلیل عده‌ای از پژوهشگران در مورد ساده‌سازی این مدل (رابطه) دو روش زیر را در شرایطی اعمال می‌نمایند.

- مقدار ضریب (f) را معادل واحد فرض می‌نمایند.
- مقدار آن را که رقمی اعشاری است معادل مقدار عددی (θ_v) که آن هم رقمی اعشاری است منظور می‌دارند.

بدین ترتیب با اعمال حالت ساده‌سازی مورد دوم، رابطه یا معادله تجربی- نظری دیلمان به شرح زیر ساده و قابل ارائه است.

$$\left[(EC_f - EC_{eq})/(EC_i - EC_{eq})\right] = \exp\left[-(D_{lw}/D_s)\right] \qquad (۳-۲۵)$$

به دلیل آنکه توان (exp) منفی است اعمال فرضیات ساده گفته شده، اشتباه فاحشی را موجب نمی‌شود و با استفاده از رابطه (۳-۲۵) می‌توان میزان آب لازم برای آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها را به شرح زیر ارائه نمود:

$$D_{lw} = D_s\left[\ln\frac{EC_i - EC_{eq}}{EC_f - EC_{eq}}\right] \qquad (۳-۲۶)$$

در معادله بالا کلیه علایم معانی قبلی را دارا می‌باشند.

مؤسسه تحقیقات خاک و آب در سال (۱۳۷۶) بر پایه آزمایشهای مزرعه‌ای آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها و تهیه منحنی‌های شوری زدائی که طی سالهای ۱۳۷۵- ۱۳۵۷و بطور عمده در سال ۱۳۷۵- ۱۳۶۵ در مناطق مختلف کشور به مرحله اجرا در آمده بود، ضمن گردآوری، تجزیه و تحلیل ارقام و اطلاعات موجود نتایج حاصله را به صورت یک نشریه فنی منتشر نمود و برای کل سطح کشور در شرایط متفاوت بافت خاک، مقادیر شوری اولیه ۴/۰-۱۹۸/۰ ($dS.m^{-1}$)، عمق آب آبشوئی ۱۰۰-۲۱۰ سانتیمتر و روش آبشوئی غرقاب متناوب رابطه تجربی زیر را ارائه نموده است*.

$$\left[\frac{EC_i - EC_{eq}}{EC_f - EC_{eq}}\right] = ۰/۴۶۰ - ۰/۱۵\ln\frac{D_W}{D_S} \qquad (۳-۲۷)$$

که در معادله فوق علایم و ابعاد به کار رفته قبلاً تعریف شده است.

روابط مشابهی و به تفکیک جهت ۱۴ استان مختلف کشور نیز به وسیله موسسه مذکور ارائه شده است. متذکر می‌گردد که به دلیل متفاوت بودن منابع آب کاربردی در امر آبشوئی [که مقادیر هدایت الکتریکی آنها ۱۱/۰-۰/۵ ($dS.m^{-1}$) متفاوت بوده] جهت بیان و یا لحاظ داشتن میزان شوری تعادلی (EC_{eq}) از رابطه قرارداری زیر استفاده به عمل آمده است :

$$EC_{eq} = \frac{FC}{SP}.EC_{iw} \qquad (۳-۲۸)$$

* آب مورد نیاز شستشوی خاکهای شور در ایران (۱۳۷۷)، نشر آموزش کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- وزارت کشاورزی.

omoorepeyman.ir

در این رابطه EC_{eq} و EC_{iw} به ترتیب میزان شوری خاک و آب کاربردی، ($dS.m^{-1}$) و FC و SP نیز به ترتیب مقادیر رطوبت وزنی خاک در حدود ظرفیت مزرعه و اشباع بر حسب درصد بوده است. برای محاسبه و یا برآورد میزان آب آبشوئی لازم (D_W) با استفاده از رابطه (۳-۲۷) می‌توان معادله زیر را ارائه نمود.

$$D_W = D_S . \exp\left[\frac{۰/۴۶ - \left(\frac{EC_f - EC_{eq}}{EC_i - EC_{eq}}\right)^{۰/۵}}{۰/۱۵}\right] \qquad (۳-۲۹)$$

متذکر می‌گردد که در مورد معادله‌هائی که از طریق کاربرد آن میزان DIw (عمق خالص آب آبشوئی) تخمین زده می‌شود، به منظور برآورد کل میزان آب کاربردی لازم برای اجرای عملیات آبشوئی املاح خاک ضروری است که به مقادیر تبخیر از سطح آب و خاک و میزان بارندگی طی دوره آبشوئی نیز توجه نموده و این عوامل فراگیر را در محاسبات برنامه‌ریزی آبشوئی و اصلاح اراضی ملحوظ داشت.

در نشریه شماره ۲۰۵ مؤسسه تحقیقات خاک و آب ، تحت عنوان "راهنمای طبقه‌بندی اراضی برای آبیاری سطحی در ایران" در خصوص نیاز اصلاحی اراضی شور، شور و سدیمی موارد شستشوی املاح [1] محلول از نیمرخ خاک‌های مبتلا به با تاکید براینکه ارقام و علائم ارائه شده، در رابطه با خارج نمودن املاح محلول و موجود در نیمرخ خاک و مقدار املاحی که احتمال دارد از طریق کاربرد آب آبشویی کاربردی به خاک افزوده گردد و با عنایت براینکه کیفیت آبهای مورد مصرف در امر آبشویی املاح محلول خاک، میزان شوری در حدود ۲/۵ - ۴/۰ ($dS.m^{-1}$) را داشته و میزان رطوبت خاک در زمان آبشویی در حد ظرفیت زراعی (FC) باشد، موارد زیر را بعنوان رهنمودهای کلی و کاربردی ارائه نموده است.

(l) - معرف نیاز اراضی به آبشوئی کم است که در این سطح از آبشوئی املاح، میزان آب مورد نیاز برای یک هکتار زمین حدود ۲-۳ هزار متر مکعب برآورد می‌شود.

l - بیانگر نیاز اراضی به آبشوئی متوسط می‌باشد و آب مورد نیاز آبشوئی املاح برای یک هکتار زمین در این سطح حدود ۳-۵ هزار متر مکعب برآورد می‌گردد.

L - به مفهوم نیاز به آبشوئی زیاد املاح است،که در این مورد آب مورد نیاز حدود ۵-۱۰ هزار مترمکعب در هکتار برای آبشوئی املاح برآورد می‌شود.

L - نشان دهنده نیاز به آبشوئی خیلی زیاد می‌باشد و آب لازم جهت آبشوئی املاح یک هکتار زمین در این شرایط ، بیش از ۱۰ هزار متر مکعب برآورد می‌گردد.

X - موارد نیاز به آبشوئی املاح محلول خاک در این قبیل موارد ممکن است به دلیل خصوصیات ذاتی یا کیفی خاکها، نامعین اعلام گردد که در این شرایط موارد بررسی‌های دقیق‌تری مورد نیاز خواهد بود.

omoorepeyman.ir

1 - Salt Leaching

- **ضریب بازده یا راندمان آبشوئی املاح محلول**

برای برآورد تقریبی ضریب بازده آبشوئی خاکها روش‌هائی وجود دارد که می‌توان در برنامه‌های اجرائی از آنها استفاده نمود. بـه عنـوان مثال با کاربرد رابطه زیر امکان دستیابی به ضریب بازده آبشوئی با دقت تقریبی فراهم می‌گردد.

$$EC_{eq} = \frac{R.EC_{iw}}{f} \qquad (۳۰-۳)$$

که در آن : f ضریب بازده آبشوئی تقریبی ، ECiw و ECeq به ترتیب هدایت الکتریکی آب کاربردی و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که به حال تعادل شیمیائی با آب آبشوئی در می‌آید هر دو عامل بر حسب $(dS.m^{-1})$ می‌باشند. از طرفـی رابطـه زیـر را نیـز می‌توان ارائه داد:

$$R = \frac{D_w}{D_p} \qquad (۳۱-۳)$$

که در آن D_W مقدار آب آبشوئی، D_P مقدار آب نفوذ یافته که به صورت تراواشهای عمقی از لایه مورد نظر خارج شده است.

هر گاه مقدار شوری تعادلی (EC_{eq}) منتسب به لایه ۰-۵ سانتی‌متری اولیه نیمرخ خاک پس از نفوذ تمـامی میـزان آب آبشـوئی (D_W) باشد در این شرایط می‌توان $D_W=D_P$ تلقی نمود که در نتیجه $R=1$ گردیده و ضریب بازده یا راندمان آبشوئی (f) از تقسیم شوری آب کاربردی به شوری تعادلی خاک یعنی (EC_{iw}/EC_{eq}) حاصل می‌گردد که در هر حال مقدار عددی آن از واحد کمتر است.

- **عملیات آبشوئی برای کاربرد نیاز اصلاحی اراضی**

اصلاح و بهسازی خاکهای شور، شور – سدیمی و سدیمی مستلزم برنامه‌ریزی اجـرای عملیـات آبشـوئی و پـیش نیـاز آن بهبـود شرایط زهکشی خاک و اراضی است. بدون تعبیه نوعی سیستم زهکشی مطلوب و مناسـب، خـارج نمـودن امـلاح محلـول و اصـلاح خاکهای مبتلا به موارد شوری و سدیمی بودن در طولانی مدت به احتمال قوی با موفقیت به همراه نخواهد بود.

در خاکهای مبتلا به شوری و سدیمی بودن، عملکرد محصول تحت تاثیر مستقیم چگونگی پراکنش املاح در نیمرخ خاک و عمق سطح ایستابی به طور عمده شور تا بسیار شور قرار دارد. بنابراین اولین اقدام در مورد اصلاح خاکهای مبتلا به، کاهش میزان شوری خاک تـا حـد مطلوب از طریق عملیات آبشوئی و همچنین جلوگیری از آب ماندگی در سطح اراضی از طریق عملیات آبیاری می‌باشد. تخلیـه و دفـع املاح تراکم یافته را می‌توان با سه روش : تراشیدن[1] (جمع‌آوری سطحی)، شستشوی سطح اراضی[2] و آبشوئی معمـول[3] و مرسـوم بـه انجام رسانید.

- تراشیدن عبارت است از برداشت املاح تراکم یافته از سطح اراضی به طریق مکانیکی، این روش را می‌توان تنها در مواردی که تراکم انبوه املاح در سطح خاک بسیار زیاد است به کار گرفت. انجام این روش در مقیاس‌های کوچک مقدور بوده زیـرا هزینه‌های اجرائی آن بسیار زیاد است.
- شستشوی سطح اراضی، مشتمل بر شستشوی سطحی املاح تجمع یافته در سطح اراضی از طریق رواناب سطحی می‌باشـد که ضرورت دارد رواناب حاصله را در محل شیب انتهای مزرعه گردآوری و دفع نمود. اعمـال ایـن روش در شـرایط خاصـی می‌تواند تا حدودی موثر واقع شود به عنوان مثال هر گاه نفوذپذیری لایه سطحی خاک، بسیار آهسته و در نیمرخ لایه‌هـای

1 - Scrapping
2 - Flushing
3 - Leaching

omoorepeyman.ir

غیر عمیق خاک نوعی "لایه محدود کننده یا غیر قابل نفوذ" وجود داشته باشد،در مقایسه با آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاک و تا حدودی می‌تواند مؤثر واقع گردد. از جمله نکات ضعیف این شیوه آبشوئی آن است که نمی‌تواند املاح محلول را از لایه‌های زیرین سطح خاک آبشوئی نماید. علاوه بر آن ضروری است که سطح مزرعه دارای شیب طولی کافی بوده که بتوان رواناب محتوی املاح محلول را به بخش پائین دست اراضی هدایت نموده و در آنجا محل مناسبی نیز برای جمع‌آوری و تخلیه این نوع آبهای آبشوئی وجود داشته باشد. به هر حال در مقایسه با عملیات آبشوئی مرسوم، شستشوی سطح اراضی به عنوان یک اقدام کاملاً مؤثر و عملی توصیه نشده است.

- عملیات آبشوئی معمول و مرسوم، روشی جهت انحلال، نقل و انتقال املاح محلول و موجود در لایه‌های مختلف نیمرخ خاک به ویژه لایه‌های سطحی از طریق کاربرد آب آبشوئی به وسیله حرکت رو به پائین آب در نیمرخ خاک است. آبشوئی را می‌توان بخش عمده‌ای از عملیات اصلاح و بهسازی خاکها منظور نمود. به هر حال هرگاه خاکها از نظر کیفی شور، شور-سدیمی و یا حتی سدیمی نیز باشند، اجرای عملیات آبشوئی در مورد اصلاح آنها اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. آبشوئی خاکهای شور را می‌توان پس از تسطیح و کرت‌بندی مزرعه مستقیماً به انجام رسانید. لیکن در مورد خاکهای سدیمی عملیات آبشوئی بایستی پس از کاربرد مواد اصلاح کننده خاک صورت گیرد. آبشوئی خاکهای شور در کشور در اکثر شرایط به عنوان اقدامی اصلاحی موفقیت‌آمیز بوده است. نتایج بعضی پژوهش‌ها نیز نشان می‌دهد که هر گاه پس از عملیات آبشوئی مقدماتی نسبت به کشت زراعت برنج (به صورت کشت مستقیم بذر) اقدام و عملیات اصلاحی استمرار یابد، موجب کاهش قابل ملاحظه شوری، واکنش (pH) و درصد سدیم تبادلی (ESP) خاکهای مبتلابه، مشروط به تعبیه سیستم‌های زهکشی سطحی و زیرزمینی خواهد شد.

مجدداً بایستی متذکر گردد که قبل از شروع عملیات اصلاحی و آبشوئی، سطح اراضی مورد نظر درشرایط آبشوئی املاح به روشهای غرقاب دایم یا متناوب بایستی تسطیح و کرت‌بندی گردد. بهتر آن است که سطح مزرعه با استفاده از وسایل و تجهیزات مناسب مورد شخم عمیق قرار گیرد و هرگاه خاک از نظر بافت بسیار سنگین و دارای نفوذپذیری بسیار آهسته‌ای باشد در شرایطی افزودن و اختلاط مقادیر لازم ماسه به خاک لایه سطحی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. پس از انجام اقدامات گفته شده می‌توان مقادیر لازم آب آبشوئی را با تناوب کاربرد مستمر و یا متناوب ۱۵۰۰- ۲۰۰۰ متر مکعب در هکتار به انجام رسانید.

عملیات اصلاحی اراضی از جمله آبشوئی املاح محلول را بایستی در ایامی از سال برنامه‌ریزی و اجرا نمود که در آن دوره سطح اراضی بدون پوشش زراعی، آب مورد نیاز برای آبشوئی مهیا و سطح آب زیرزمینی در عمق مناسبی قرار داشته باشد. هر گاه کیفیت آب قابل عرضه برای آبشوئی در فصل یا فصول مورد نظر مناسب نباشد، عملیات آبشوئی را می‌توان در فصل یا فصول مرطوبی سال به مرحله اجرا درآورد که در این ایام بتوان از آبهای حاصل از بارندگی نیز بهره‌مند شد. برای صرفه‌جویی در میزان آب و داشتن درآمد به منظور استهلاک بخشی از هزینه‌های مترتبه، می‌توان عملیات آبشوئی را با کشت و کار بعضی گیاهان زراعی مقاوم به شوری و سدیمی بودن از جمله زراعت برنج به صورت توامان به انجام رسانید. در هر حال بهتر آن است که میزان هدایت الکتریکی زه‌آب حاصل از مراحل آبشوئی در زمانهای متناسبی اندازه‌گیری، مقایسه و پایش گردد تا بدین وسیله استمرار فرایند شوری زدائی املاح محلول از نیمرخ خاکها امکان‌پذیر باشد. از جمله فاکتورهای بسیار مهم در مورد اهداف آبشوئی، کیفیت آب کاربردی است. در این ارتباط آبهای محتوی املاح کم در آبشوئی املاح بسیار مؤثر می‌باشد. وجود املاح کلسیم درآب و خاک راندمان کاربرد آب آبشوئی را افزایش می‌دهد. آب مورد مصرف در امر آبشوئی حتی‌المقدور بایستی از نسبت کاتیونی یک و یا بیشتر بین کاتیونهای دو ظرفیتی

omporeneyman.ir

نسبت به یک ظرفیتی برخوردار باشد. بعضی منابع نیز اعلام نموده‌اند که درصد سدیم آب کاربردی بایستی از ۶۰ کمتر باشد. وفور آنیونهای کربنات (CO_3) و بی‌کربنات (HCO_3) و نسبت جذب سدیم (SAR) آب آبشوئی می‌تواند بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاکها اثرات نامطلوب به جای گذارد. بنابراین بهتر آن است که این قبیل آبها را قبل از مصرف با استفاده از آبهائی با کیفیت مناسب‌تر اختلاط داده شده و رقیق گردند. هر چند آبهای بسیار شور را نیز می‌توان در مراحل اولیه آبشوئی املاح محلول نیمرخ خاکها مورد استفاده قرار داد. بعضی از گزارشها نمایانگر آن است که کاربرد آبهائی حتی با هدایت الکتریکی ۲/۵۵ ($dS.m^{-1}$) (کلاس ۴ در طبقه‌بندی ویلکاکس) هر گاه به میزان ۴۰ تا ۶۰ میلی‌متر افزون به ظرفیت زراعی (FC) به ترتیب در خاکهای شنی و رسی به کار گرفته شوند موجب شور شدن خاک و اراضی نخواهند شد. که در این حالت میزان املاح شسته شده در خاکهای شنی بیشتر از خاکهای رسی بوده است.

۳-۳-۲-۷- تعیین نوع و مقدار مواد اصلاح کننده خاکهای شور و سدیمی ، سدیمی

اصلاح و بهسازی خاکهای شور- سدیمی و سدیمی مشتمل بر خارج نمودن املاح اضافی (مازاد) و به خصوص دفع سدیم تبادلی تا میزان مجاز و مطلوب می‌باشد. آبشوئی و زدودن سدیم تبادلی خاک از طریق کاربرد مواد اصلاح کننده شیمیائی خاکها مقدور است. زیرا مواد اصلاح کننده موجب کاهش واکنش (pH) خاک می‌گردد که در نتیجه سدیم تبادلی از طریق جایگزینی با کاتیون کلسیم، کاهش خواهد یافت. به همین منوال مقادیر کربنات سدیم آزاد در محلول خاک نیز پس از انجام فعل و انفعالات شیمیائی از محیط خارج خواهد شد. میزان واکنش (pH) و مقدار کربناتهای قلیائی خاکی موجود در آن رهنمودی مطلوب و مناسب برای انتخاب نوع ماده اصلاح کننده شیمیائی خاکها می‌باشد. علاوه بر آن سطح (درجه) اصلاحی مورد نظر در خاکها و ملاحظات اقتصادی در خصوص تهیه و کاربرد نیز از جمله عواملی هستند که در انتخاب نوع ماده اصلاحی بایستی مورد امعان نظر قرار گیرند. به طور کلی مواد شیمیائی اصلاح کننده خاکهای مبتلا به مشکل سدیمی بودن را می‌توان در سه گروه دسته‌بندی نمود.

گروه اول : املاح محلول کلسیم از قبیل کلرور کلسیم و گچ .

گروه دوم : اسیدها یا مواد مولد اسید، شامل گوگرد، اسید سولفوریک ، سولفات آهن، سولفات آلومینیوم و سولفور آهک.

گروه سوم : املاح کلسیم کم محلول (که ممکن است منیزیم نیز داشته باشند) از قبیل سنگ آهک خرد شده و آهک به عنوان فرآورده جانبی کارخانه‌های قندسازی.

هم چنین خاکهای سدیمی را نیز می‌توان در سه تیپ مختلف و در ارتباط با عکس‌العمل آنها نسبت به کاربرد مواد اصلاح کننده به شرح زیر طبقه‌بندی نمود.

خاکهای تیپ اول : محتوی کربناتهای قلیائی خاکی

خاکهای تیپ دوم : که میزان واکنش (pH) آنها از ۷/۵ بیشتر لیکن فاقد کربناتهای قلیایی خاکی می‌باشند.

خاکهای تیپ سوم : که میزان واکنش (pH) آنها از ۷/۵ کمتر همچنین فاقد کربناتهای قلیایی خاکی هستند.

هرگونه املاح کلسیم، اسید و یا مواد مولد اسید را می‌توان در خصوص خاکهای تیپ اول به کار برد لیکن مصرف سنگ آهک در شرایط این خاکها از نظر اصلاحی بدون اثر است.

omoorepeyman.ir

کاربرد اسید و یا مواد مولد اسید در خاکهای تیپ دوم و سوم می‌تواند موجب اسیدی شدن واکنش (pH) این قبیل خاکها گردد. هر گاه مقادیر لازم اسید یا مواد مولد اسید برای اصلاح خاکها به کار گرفته و موجب اسیدی شدن شدید واکنش (pH) خاکها گردد در این شرایط انتخاب نوع ماده اصلاح کننده منحصر به املاح محلول کلسیم می‌گردد مگر آنکه به همراه آن سنگ آهک نیز به کار برده شود.

پودر سنگ آهک و یا املاح کم محلول کلسیم تنها در مورد خاکهای سدیمی فرسوده یا تخریب شده که میزان واکنش (pH) آنها کم است می‌تواند کاربرد داشته باشد. ویژگی‌های شیمیائی انواع مواد اصلاح کننده قبلاً در جدول (۳-۵) ارائه شده است.

در ایران خاکهای سدیمی تخریب یافته‌ای که به طور کلی فاقد ملح کربنات کلسیم باشد به ندرت یافت می‌شود. بنابراین در چنین شرایطی هر گاه تمهیدات لازم برای افزایش میزان حلالیت کربنات کلسیم به انجام رسد، نیازی به کاربرد مواد اصلاح کننده نمی‌باشد . مهمترین راه کار عملی جهت کاهش واکنش (pH) خاک و افزایش مستمر غلظت گازکربنیک در خاک فرایندهای متراکم میکروبیولوژیکی از طریق تجزیه و تخریب مواد آلی می‌باشد که به صورت کود سبز به سطح خاک مزرعه افزوده گردیده و با عملیات شخم با خاک لایه سطحی اختلاط داده شود. در این شرایط کاربرد مقادیر کمی گچ و یا سایر مواد مولد اسید و انجام اقداماتی برای نگهداری آب باران در ایام مرطوبی سال بر روی سطح اراضی مبتلا به می‌تواند فرایند "اصلاح طبیعی[1]" این قبیل خاکها را تسریع نماید.

- **تعیین مقدار مواد اصلاح کننده مورد نیاز**

کمیت مواد اصلاح کننده مورد نیاز برای خاکهای مبتلا به مشکل سدیمی بودن،بستگی به میزان سدیم تبادلی خاک،عمق اصلاحی مورد نظر و راندمان کاربرد مواد اصلاح کننده خاک و اراضی دارد. برای دستیابی به این مهم به طور مقدماتی لازم است که میزان گچ مورد نیاز اصلاح خاک را محاسبه نمود. برای تعیین یا محاسبه میزان گچ مورد نیاز[2] (GR) برای جایگزینی با سدیم تبادلی و برای حصول به مقدار سدیمی بودن مورد نظر در واحد سطح اراضی (هکتار)، می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود.

$$GR = ۰/۱۷۲ \times ۱۰^{۰/۷} \times Pb \times Dz \times n \times (CEC)(ESP_{in} - ESP_{fn}) \qquad (۳۲-۳)$$

که در آن : GR میزان گچ مورد نیاز بر حسب تن در هکتار، Pb جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب تن (متریک) در مترمکعب، Dz ضخامت لایه خاک که اصلاح آن مورد نظر است بر حسب متر، CEC ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بر حسب مول بر تن خاک، ESP_{in} و ESP_{fn} به ترتیب درصد سدیم تبادلی اولیه و نهائی که بر حسب اعشاری به کار گرفته می‌شوند.

عامل بازده یا راندمان تعویض سدیم با کلسیم $(Na - Ca)$ که در معادله بالا با حرف (n) نشان داده شده برآوردی از هدررفت میزان گچ کاربردی است که مقدار آن را به طور معمول برابر با ۱/۲ منظور می‌نمایند.

همچنین با استفاده از رابطه ساده‌تری می‌توان میزان گچ مورد نیاز اصلاح خاک را به شرح زیر محاسبه نمود.

$$GR = ۸/۶ \times Dz \times Pb \times CEC.\left(\frac{ESP_{in} - ESP_{fn}}{۱۰۰}\right) \qquad (۳۳-۳)$$

که در این معادله : GR میزان گچ مورد نیاز بر حسب تن در هکتار، Pb جرم مخصوص ظاهری خاک بر حسب تن در مترمکعب، Dz ضخامت لایه خاک که اصلاح آن مورد نظر است بر حسب متر، CEC ظرفیت تبادل کاتیونی خاک بر حسب میلی‌اکی والان در یکصد گرم خاک، ESP_{in} و ESP_{fn} به ترتیب درصد سدیم تبادلی اولیه و نهائی می‌باشند.

به دلائل زیر در عمل به مقادیر بیشتری گچ نسبت به میزان محاسبه شده از طریق روابط بیان شده نیاز خواهد بود.

1 - Natural Reclamation
2 - Gypsum Requirement (GR)

omoorepeyman.ir

- عدم امکان کاربرد و پخش یکنواخت گچ در مزرعه
- جایگزینی مقادیری از سولفات کلسیم به جای سایر کاتیونها (غیر از سدیم)
- آبشوئی مقادیری از گچ کاربردی از لایه‌های سطحی و تراکم آن در لایه‌های زیرین
- وجود مقادیری سدیم و کربنات سدیم آزاد در خاک که میزان آن در روابط گفته شده ملحوظ نمی‌باشد.

همچنین لازم به ذکر است که آن میزان یونهای کلسیمی که از ذرات خاک، حین فرایند آبشوئی و تبادل کاتیونی وارد عمل می‌گردند نیز در محاسبات گفته شده منظور نشده است.

جدول (۳-۶) مقادیر مواد اصلاح کننده (گچ ، گوگرد و اسید سولفوریک) لازم جهت اعماق متفاوت نیمرخ خاک برای جایگزینی با مقادیر مشخصی سدیم تبادلی ، برحسب تن در هکتار

۱	۲/۰۹	۴/۱۸	۰/۴۰	۰/۸۰	۱/۱۹	۲/۳۸
۲	۴/۱۸	۸/۳۶	۰/۷۹	۱/۵۹	۲/۳۸	۴/۷۶
۳	۶/۲۷	۱۲/۵۴	۱/۱۹	۲/۳۸	۳/۵۷	۷/۱۵
۴	۸/۳۶	۱۶/۷۲	۱/۵۹	۳/۱۸	۴/۷۶	۹/۵۳
۵	۱۰/۴۵	۲۰/۸۹	۱/۹۸	۳/۹۷	۵/۹۶	۱۱/۹۱
۶	۱۲/۵۴	۲۵/۰۷	۲/۳۸	۴/۷۶	۷/۱۵	۱۴/۲۹
۷	۱۴/۶۳	۲۹/۲۵	۲/۷۸	۵/۵۶	۸/۳۴	۱۶/۶۸
۸	۱۶/۷۲	۳۳/۴۳	۳/۱۸	۶/۳۶	۹/۵۳	۱۹/۰۶
۹	۱۸/۸۱	۳۷/۶۱	۳/۵۷	۷/۱۵	۱۰/۷۲	۲۱/۴۴
۱۰	۲۰/۸۹	۴۱/۷۹	۳/۹۷	۷/۹۴	۱۱/۹۱	۲۳/۸۱

- ارقام محاسبه شده در متن جدول برحسب ۰/۰۱ اعشاری گرد شده‌اند.
- میزان جرم مخصوص ظاهری خاک برابر ۱/۵ تن در متر مکعب منظور شده است.
- وزن خاک یک هکتار زمین به ضخامت‌های ۰/۱۵ و ۰/۳ متر به ترتیب برابر با $۲/۲۵ \times ۱۰^{۶}$ و $۴/۵ \times ۱۰^{۶}$ کیلوگرم منظور گردیده است.

- **انتخاب نوع ماده اصلاح کننده مورد نیاز**

انتخاب نوع ماده اصلاح کننده خاکها به عواملی نظیر : زمان لازم برای واکنش در خاک، هزینه لازم جهت تهیه مواد اصلاحی و ... بستگی دارد. کلرور کلسیم از نظر طول دوره زمانی سریع الاثر بوده و یون کلسیم را برای جایگزینی با یون سدیم به سرعت تامین می‌نماید. لیکن به دلیل گرانی قیمت معمولاً در برنامه‌های اصلاح خاک و اراضی در سطوح قابل ملاحظه از آن استفاده به عمل نمی‌آید. اسید سولفوریک غلیظ تجارتی بسیار سریع‌الاثر و ارزان قیمت است لیکن در مورد کاربرد آن در سطح مزرعه بایستی تمهیدات و اقدامات احتیاطی خاصی به انجام رسد. گچ ماده اصلاحی کند اثری می‌باشد. زیرا میزان حلالیت آن فقط ۰/۲۵ درصد در درجه حرارت‌های متعارف است. گوگرد نیز ماده بهساز کنداثری می‌باشد. زیرا بایستی از طریق اکسیداسیون به اسید سولفوریک تبدیل گردد که به زمان طولانی و

omoorepeyman.ir

شرایط خاصی از جمله مرطوب نگهداشتن خاک مزرعه نیاز دارد. سولفاتهای آهن و آلومینیوم نیز از طریق آبکافت موجب تشکیل اسید سولفوریک گردیده که در مرحله بعدی ضمن ترکیب با کربنات کلسیم تشکیل گچ را در خاک می‌دهد.

- **چگونگی کاربرد مواد اصلاح کننده مورد نیاز**

براساس آزمونهای مزرعه‌ای و متعاقب آن بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داده شده است که اختلاط گچ با لایه‌ای از خاک که اصلاح آن مورد نظر می‌باشد در مقایسه با اختلاط آن با طبقات عمیق‌تر اثرات اصلاحی مطلوبتری را داشته است. همچنین بعضی گزارشها نشان می‌دهد که افزایش عمق اختلاط گچ با خاک مزرعه راندمان کاربرد این ماده اصلاحی را به دلیل اثرات ترقیق کاهش می‌دهد. پژوهشهای دیگری حاکی از آن است که برای آن قبیل از اراضی که سطوحی سله بسته به همراه مشکل نفوذپذیری دارند، اختلاط گچ با لایه سطحی خاک مناسب‌تر می‌باشد.

مواد اصلاح کننده‌ای نظیر پیریت و گوگرد که برای کامل شدن فرایند اصلاحی نیاز به اکسیداسیون به وسیله میکرو ارگانیسم‌های خاک را دارند به منظور حصول نتیجه مطلوبتر از کاربرد آنها ضرورت دارد که اختلاط این مواد فقط با لایه سطحی خاک به انجام رسد. در مورد استفاده از اسید سولفوریک غلیظ توصیه شده است که این ماده اصلاحی به طور مستقیم بر روی سطح اراضی مورد نظر پاشیده شود،که بدین ترتیب توزیع آن مناسب‌تر و تخریب خاکدانه‌ها کمتر خواهد بود. گوگرد عنصری را می‌توان به صورت مواد معلق در آب آبشوئی نیز به کار برد که بدین ترتیب محلول حاصله محتوی ۵۵-۶۰ درصد پودر گوگرد خواهد بود.

به عنوان یک هشدار سودمند توصیه گردیده است که قبل از اجرای برنامه‌های اصلاح خاک و اراضی در سطوح وسیع بهتر آن است که چگونگی فرایندهای اصلاحی خاکهای مبتلا به شوری-سدیمی و سدیمی بودن به طور آزمایشی و در مقیاس کوچک آزمایشگاهی برای آگاهی از میزان تأثیر آنها به مرحله اجرا درآید. نتایج بازیافتی از این قبیل بررسی‌ها را می‌توان در مزارع نمونه آزمایشی به منظور درک مطلوبتر مسئله نیز به کار برد.

- **کاربرد مواد آلی**

کاربرد مواد آلی همواره به عنوان مواد اصلاح کننده ویژگی‌های فیزیکی خاکها به خصوص خاکهای سدیمی و تبدیل این قبیل اراضی به خاکهای مولد مورد توجه بوده است. استفاده از این مواد متضمن عدم فرسودگی و یا تخریب بیشتر این قبیل خاکها می‌گردد. مواد آلی با روشهای مختلف موجب اصلاح خاکهای سدیمی می‌گردند. زیرا چنین موادی منبع تامین مواد غذایی و انرژی لازم برای فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک می‌باشند که در نتیجه فعالیت آنها خاکدانه‌های پایداری به وسیله پلی ساکاریدهای تولیدی به وسیله باکتری‌های خاک تشکیل می‌گردد. در اثر افزودن مواد اصلاح کننده آلی جرم مخصوص ظاهری خاکها کاهش یافته و موجب بهبود تخلخل خاک می‌گردند. علاوه بر آن برخی فرآورده‌های آلی به وسیله میکروارگانیسم‌های خاک تولید می‌شود که موجب به هم پیوستن ذرات گسیخته خاک و تشکیل خاکدانه‌های پایداری میگردد.

در فرایند تجزیه و تخریب مواد آلی مقادیر قابل ملاحظه‌ای (CO_2) و اسیدهای آلی نیز تولید می‌گردد. گاز کربنیک حاصله می‌تواند تولید اسید کربنیک را نموده و این اسید موجبات حلالیت بیشتر کربنات کلسیم موجود در خاک را فراهم می‌آورد که در اثر آن یون کلسیم برای جایگزینی با یون سدیم تبادلی (Ex.Na) حاصل می‌شود و در نتیجه این فرایند درصد سدیم تبادلی خاک (ESP) کاهش می‌یابد.

omoorepeyman.ir

علاوه بر افزایش حلالیت کربنات کلسیم در خاک، اسیدهای آلی تولیدی موجب کاهش میزان واکنش (pH) خاک گردیده که این موضوع موجب افزایش حلالیت کربنات کلسیم در خاک می‌شود. علاوه بر مزیتهای بیان شده اصلاحی خاک و اراضی مواد آلی می‌تواند بعضی مواد غذایی مورد نیاز گیاهان را در خاک نیز فراهم آورد.

مواد آلی اصلاح کننده خاکهای شور و سدیمی که تجربیاتی در مورد کاربرد آنها وجود دارد بسیار متنوع می‌باشند به عنوان مثال : کود سبز، باقیمانده گیاهان زراعی، علفهای هرز، گیاهان علوفه‌ای، برگ درختان، بوته‌های خودرو، سبوس برنج، کاه و کلش غلات، خاک اره، انواع ملاسها و... را می‌توان نام برد. گیاهان سبز به طور معمول گازکربنیک را به خاک تزریق می‌نمایند. بنابراین رویش گیاهان در این قبیل اراضی به طور زراعی یا طبیعی همواره از نظر فرایندهای اصلاحی خاک و اراضی می‌تواند مؤثر باشد. کاربرد کود سبز در اصلاح خاکهای سدیمی و افزایش عملکرد محصولاتی نظیر برنج و گندم به طور مستند گزارش شده است. زراعت گیاه برنج به عنوان یک گیاه پیشاهنگ اصلاح خاکهای شورو شور- سدیمی به کرات به اثبات رسیده است که از جمله موارد قابل ذکر در حصول نتیجه مطلوب در مورد این زراعت می‌توان مقاومت نسبی گیاه برنج را به شرایط شوری و سدیمی بودن نسبت داد. همچنین در شرایط استغراق سطح اراضی برای اهداف آبشوئی، اصلاح خاک و اراضی امکان کشت و کار گیاه برنج مقدور است و با شرایط اکولوژیکی رشد و نمو این گیاه سازگار می‌باشد. از جهت دیگر کشت گیاه برنج درحالت استغراق باعث افزایش میزان گازکربنیک در خاک گردیده که بدینوسیله موارد افزایش حلالیت کربنات کلسیم و در نتیجه آن فراهم آوردن یون کلسیم در محلول خاک از گرایش به سدیمی شدن خاک جلوگیری می‌نماید.

۳-۳-۳- روشهای اجرای آزمایشهای شوری و سدیم زدایی خاکها

به طور کلی اصول اصلاح و بهسازی فیزیکی و شیمیائی خاکهای مبتلا به شوری و سدیمی بودن شامل مواردی از جمله: آبشوئی املاح متراکم در محدوده توسعه ریشه گیاهان، انجام عملیاتی که منتج به جایگزینی یون کلسیم با یون سدیم در خاک گردیده و سرانجام جلوگیری از گرایش آتی اراضی تازه اصلاح شده به شوری و سدیمی شدن می‌باشد.

به منظور تهیه اطلاعات مورد نیاز و دستیابی به بعضی از اهداف بیان شده، آزمایشهای اصلاح خاک و اراضی یعنی: آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها (شوری زدائی، سدیم زدائی و تهیه منحنی‌های آبشوئی) لازم است در منطقه مورد نظر به انجام رسد. بدین ترتیب امکان پاسخ‌گویی به موارد مطروحه در زمینه اصلاح و بهسازی خاکهای مبتلا به مسائل شوری و سدیمی بودن یعنی امکان اصلاح خاکها از طریق کاربرد آب آبشوئی به تنهائی، گرایش یا عدم گرایش کیفیت شیمیائی آنها به سدیمی شدن، میزان آب لازم جهت آبشوئی، آب آبشوئی + مواد اصلاح کننده، ضرورت مصرف آب شور یا عدم توجیه مصرف آن و بالاخره زمان لازم جهت تعدیل مشکل شوری و سدیمی بودن خاکها از طریق عملیات اصلاحی مشخص خواهد شد.

آزمایشهای اصلاح خاک و اراضی و یا بررسی‌های چگونگی اصلاح‌پذیری خاکها را می‌توان به روشهای آزمایشگاهی و یا مزرعه‌ای به انجام رسانید. تعیین نوع آزمایش بستگی کاملی به درجه دقت، وسعت و دامنه کاربرد نتایج حاصله خواهد داشت.

۳-۳-۳-۱- آزمایشهای آزمایشگاهی

برای انجام آزمایش تعیین درجه اصلاح‌پذیری خاکهای مبتلا به شوری، سدیمی و یا شوری و سدیمی بودن از اعماق مختلف مکانی که معرف کلاس شوری و قلیائیت مربوطه باشد به وسیله مته یا هر وسیله دیگری از خاک نمونه‌برداری می‌گردد. نمونه‌های خاک برداشت شده در هوای آزاد خشک و سپس کوبیده و از الک دو میلی‌متری گذرانده می‌شود (حدود یک کیلوگرم) مقادیری از

omoorepeyman.ir

خاک غربال شده را در استوانه آبشوئی که مجرائی جهت خروج زه‌آب در کف آن تعبیه شده است قرار داده و مقادیری آب لازم برای اشباع و ایجاد تراواشهای عمقی و ثقلی با روشهای غرقاب دایم و یا متناوب به ستون خاک اضافه نموده و با اندازه‌گیری میزان شوری (ECe) و نسبت جذب سدیم (SAR) اولیه و نهائی نمونه خاک، اندازه‌گیری حجم، شوری و نسبت جذب سدیم زه‌آبهای حاصله تراوشهای عمقی ستون خاک، رابطه بین حجم آب خروجی با زمان و حجم آب خروجی با شوری و نسبت جذب سدیم زه‌آبها را تعیین نموده و از اعداد و ارقام حاصله در عملیات آبشوئی خاکهای شور و یا شور و سدیمی بهره‌برداری می‌گردد.

این قبیل آزمایشها را می‌توان به اشکال دیگری نیز در آزمایشگاه به مرحله اجرا درآورد. لیکن در همه حال به دلیل کوچک بودن نمونه‌های خاک برداشتی و مورد آزمون و دست خورده بودن آنها، دقت این قبیل آزمایشها کاهش می‌یابد و به این دلیل کاربرد نتایج حاصله در برنامه‌های اصلاح خاک و اراضی در مزرعه خالی از اشکال نخواهد بود.

۳-۳-۳-۲- آزمایشهای مزرعه‌ای

برای رفع نقایص یاد شده و بهره‌مندی از مزیتهای دیگری که در روش اجرا مندرج است،انجام آزمایشهای اصلاح خاک و اراضی به طریق صحرایی یا مزرعه‌ای توصیه می‌گردد. برای انجام این قبیل آزمایشها ابتدا لازم است، نقاط مورد نظر به روی نقشه‌های خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی مشخص و پس از آن ضمن بازدیدهای صحرایی، مندرجات نقشه‌ها با عوارض سطح اراضی در محل مورد نظر تطابق داده شود. در مرحله بعد لازم است قطعه زمین یکنواخت و بلامعارضی به مساحت حدود ۱۰۰ مترمربع (۱۰×۱۰ متر) میخ‌کوبی و علامت‌گذاری شده و آزمایشهای مورد نظر در این قطعه زمین به مرحله اجرا در آید. برای انجام آزمایشهای مزرعه‌ای اصلاح خاک و اراضی به منظور صرفه‌جویی در وقت و هزینه پیشنهاد می‌گردد محل انتخابی حتی‌المقدور در حواشی یا مجاور نیمرخ شاهد مطالعات خاکشناسی و طبقه‌بندی اراضی باشد. انجام آزمایشها در مزرعه معمولاً با روشهای زیر به مورد اجرا در می‌آید که هر روش مزایا و معایب خاص خود را دارد.

- **اجرای آزمایشها در کرتهای کوچک**

برای این منظور یک سری کرت به ابعاد ۱×۱ ، ۱/۵×۱/۵ و یا ۲×۱ متر با پشته‌هایی (از خاکی غیر از خاک داخل کرت) مستحکم ساخته می‌شود و کف کرتها را حتی‌المقدور بایستی مسطح نمود. تعداد کرتهای مورد نیاز بستگی به کل عمق آب آبشوئی، تناوب و عمق آب کاربردی در افزایش آب به خاک دارد. به عنوان مثال در صورتی که کل عمق آب آبشوئی ۱۵۰ سانتی متر و عمق آب آبشوئی کاربردی در هر بار ۱۰ سانتی‌متر باشد، ضروری است که ۱۶ قطعه کرت ایجاد گردد و در حالی که همان میزان آب آبشوئی در شش تناوب ۲۵ سانتی‌متری به کار رود تعداد کرتهای لازم به هفت قطعه تقلیل می‌یابد.

متذکر می‌گردد که کرت اضافی جهت آزمایش در شرایط استغراق حالت کامل در نظر گرفته می‌شود در این کرت آب به نحوی به خاک اضافه می‌گردد که همواره لایه‌ای از آب سطح کرت را بپوشاند و خاک همیشه در حالت استغراق کامل باشد. در این کرت می‌توان سرعت نفوذ آب به خاک را در اولین و آخرین دوره کاربرد آب آبشوئی نیز اندازه‌گیری نمود. علاوه بر آن می‌توان مقایسه‌ای بین دو روش غرقاب دائم و متناوب را به انجام رسانید.

در این روش، ابتدا اولین نوبت آب آبشوئی به کلیه کرتها اضافه می‌شود و پس از نفوذ آب به خاک و با گذشت زمان معقولی که آب ثقلی از عمق مورد نظر خارج می‌شود از اولین کرت نمونه‌برداری به عمل می‌آید. معمولاً نمونه‌ها در سه تکرار با تناوب ۰/۲ تا ۰/۲۵ متری و تا عمق دلخواه از نیمرخ خاک برداشته می‌شود. پس از نمونه‌برداری اولین کرت از دور آزمایش حذف می‌گردد سپس نوبت بعدی آب ابشوئی

به کرتهای باقیمانده اضافه می‌گردد. پس از نفوذ دومین میزان آب کاربردی مجدداً از کرت شماره دو به شرح گفته شده نمونه‌برداری می‌شود و به همین ترتیب افزودن نوبت بعدی آب آبشوئی به سایر کرتها استمرار می‌یابد. روند افزایش آب و نمونه‌برداری از سایر کرتها تا نفوذ آخرین نوبت آب کاربردی به دو کرت باقیمانده همانند آنچه بیان گردید ادامه پیدا می‌یابد.

در این روش ضرورت دارد از یک یا دو نقطه در جوار کرتهای آزمایشی تا عمق مورد نظر از خاک نمونه‌برداری گردد، از این نمونه‌ها برای اطلاع از نیمرخ ویژگی‌های شیمیائی همچنین تعیین رطوبت خاک قبل از آبشوئی استفاده می‌شود، بهتر است که در نقطه نمونه‌برداری شده در صورت امکان لایه‌بندی دقیق‌تری از خاک انجام و ثبت گردد.

تجزیه‌های شیمیائی مورد نظر بر روی نمونه‌های خاک قبل و پس از اجرای آزمایش آبشوئی شامل : هدایت الکتریکی عصار اشباع خاک، واکنش (pH)، کاتیونها و آنیونهای محلول، درصد کربنات کلسیم، میزان گچ، ظرفیت تبادل کاتیونی، سدیم تبادلی و در صورت نیاز، بُر است. تجزیه‌های شیمیائی مورد نظر در حین آبشوئی شامل : هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، واکنش (pH) و کاتیونهای محلول (سدیم،کلسیم و منیزیم) می‌باشد.

در صورتی که نمونه آب مورد مصرف دارای دامنه تغییر در زمان کوتاه آبشوئی نباشد برداشت یک نمونه از آب مصرفی و نمونه آب زیر زمینی محل اجرای آزمایش در صورت وجود برای انجام تجزیه کامل کافی می‌باشد. در حالتی که علاوه بر آب آبشوئی کاربرد مقادیر لازمه ماده اصلاحی خاک و یا مصرف آبهای لب شور و قابل دسترسی نیز مد نظر باشد از نظر تعداد، نمونه‌برداری و سایر تمهیدات مشابه حالت فوق عمل می‌شود.

- **اجرای آزمایشها از طریق استوانه‌های مضاعف**

با توجه به اهداف اجرای آزمایشها، یعنی کاربرد آب آبشوئی، روش آبشوئی، مواد اصلاح کننده مصرفی و یا کاربرد آبهای لب‌شور و یا ترکیبی از آنها تعداد استوانه‌های مضاعف و مورد نیاز از سه تا شش متغیر خواهد بود. بنابراین با توجه به تعداد استوانه‌های مضاعف کاربردی، آرایش آنها می‌تواند مثلثی، مربعی، دایره‌ای و یا مستطیلی باشد. نمونه‌برداری از خاک قبل از اجرای آزمایشها به همان وضعیت و شرایطی است که در خصوص کرتهای کوچک بیان شد. انجام نمونه‌برداری از خاک، آب و اعمال تجزیه‌های لازم قبل از انجام عملیات آبشوئی مشابه روش قبلی است. نحوه استقرار استوانه‌های مضاعف مشابه انجام آزمایش تراوش پذیری می‌باشد. به منظور تعیین سرعت نفوذ آب به خاک و بررسی آثار آبشوئی به روی آن معمولاً در اولین و آخرین نوبت مصرف آب آبشوئی اندازه‌گیری آن انجام می‌شود.

در روشهای مستطیلی و دایره‌ای که معمولاً از شش جفت استوانه مضاعف استفاده می‌شود، مشابه مورد کرتهای کوچک پس از نفوذ اولین دور آب آبشوئی و انجام نمونه‌برداری از اعماق مورد نظر، یک جفت از استوانه‌ها از دور آزمایش حذف و مطابق روش قبل افزودن آب آبیاری یا آبشوئی تا کاربرد آخرین دور آب مصرفی ادامه می‌یابد . لیکن در حالتی که از سه یا چهار جفت استوانه مضاعف استفاده به عمل می‌آید (روشهای مثلثی و یا مربعی) پس از کاربرد هر نوبت آب آبشوئی و انجام نمونه‌برداری از خاک داخل استوانه‌ها، محل نمونه‌برداری شده به وسیله یک عدد لوله پی وی سی هم قطر مته نمونه‌برداری خاک، اشغال و فضای داخل آن که در واقع محل نمونه‌برداری از خاک سطح استوانه بوده به وسیله خاک پر و کوبیده می‌شود تا از فرار و نشت آب جلوگیری به عمل آید. نحوه نمونه‌برداری، تناوب و تواتر نمونه‌برداری‌ها، اعماق نمونه‌برداری و انواع تجزیه‌های شیمیائی لازم دقیقاً مشابه حالت اجرای آزمایش در کرتهای کوچک است.

omoorepeyman.ir

۳-۳-۳-۳- روش فرآوری داده‌ها و ارائه مدل کاربردی مناسب

در مباحث قبل، مبانی نظری شوری زدائی املاح محلول،تعیین آب مورد نیاز آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها و روشهای اجرای آزمایشهای شوری و سدیم زدائی خاکهای مبتلابه با تفصیل نسبی بیان گردید. در این زیر بخش به روش فرآوری داده‌ها و ارائه مدل کاربردی مناسب برای اهداف شوری زدائی املاح محلول از نیمرخ خاک و اراضی پرداخته می‌شود.

بر پایه ارقام هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) و درصد سدیم تبادلی (ESP) و برای اعماق نمونه‌برداری شده طی اجرای آزمایشهای شوری و سدیم‌زدائی این خاکها (مربوط به قبل، حین و پس از عملیات آبشوئی) همین طور ارقام تجزیه فیزیکی طبقات خاک لایه‌های مربوطه برای هر آزمایش، منحنی‌های شوری و سدیم زدایی خاکها به شرح زیر تهیه می‌گردد :

دریک دستگاه مختصات برروی محورYها ارقام مربوط به نسبتهای $(EC_{fn} - EC_{eq} / EC_{in}-EC_{eq})$ و یا $(ESP_{fn} -ESP_{eq} / ESP_{in} -ESP_{eq})$ منعکس و بر روی محور X ها ارقام مربوط به نسبتهای مختلف آب آبشوئی (خالص) به عمق خاک (D_{lw} / D_S) آورده می‌شود که در آن :

EC_{in} و EC_{fn} به ترتیب هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک، بر حسب دسی‌زیمنس به متر $(dS.m^{-1})$ قبل و بعد از کاربرد عمق آب آبشوئی مربوطه (خالص یا D_{lw}) ، EC_{eq}، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک که به حال تعادل شیمیائی با آب آبیاری و یا آبشوئی در می‌آید بـر حسب دسی زیمنس به متر $(dS.m^{-1})$. ESP_{in} و ESP_{fn} به ترتیب درصد سدیم تبادلی اولیه و نهائی خاک قبل و بعد از کاربرد عمق آب آبشوئی مربوطه (خالص یا D_{lw}) ، ESP_{eq} ، درصد سدیم تبادلی خاک که به حال تعادل شیمیائی با آب آبیاری و یا آبشوئی در می‌آید.

ارقام EC_{eq} و ESP_{eq} (شوری و درصد سدیم تبادلی) در واقع کمترین مقادیر شوری و درصد سدیم تبادلی خاکها می‌باشند که در لایه سطحی (۰-۵ سانتی‌متری) نیمرخ خاک با استفاده از آب آبیاری یا آبشوئی با کیفیت مشخص و موجود حاصل می‌گردند.

D_{lw} عمق خالص آب آبشوئی و آن میزان آبی است که پس از تأمین کسر رطوبت خاک طبقه مربوطه به طریق ثقلی به صورت تراوشات عمقی از ستون خاک لایه مربوطه خارج می‌گردد، بر حسب متر یا سانتی‌متر و D_S عمق یا ضخامت لایه خاک بر حسب متر یا سانتی‌متر می‌باشد.

کاستن مقادیر EC_{eq} و ESP_{eq} از صورت و مخرج کسرهای یاد شده و مربوطه موجب خواهد شد تا نتایج حاصل مستقل از عوامل خارجی مؤثر (از جمله : میزان تبخیر، شرایط زهکشی داخلی خاکها، کیفیت آب آبیاری مورد مصرف و سایر عواملی که می‌تواند بر روی نتایج اثرگذار باشد) گردد. نظر به اینکه در ترسیم منحنی‌های شوری و سدیم‌زدائی خاکها ارقام محاسبه شده (میانگین وزنی) مورد استفاده قرار می‌گیرد بنابراین ترسیم منحنی‌های مربوط به هر عمق به دلیل عدم تفاوت زیاد در چنین شرایطی معمول نمی‌باشد.

در خصوص هر آزمایش و یا تکرار لازم است، جداولی مربوط به ارقام محاسبه شده X و Y که شرح آنها در بالا بیان شد، بـرای ترسیم منحنی‌های شوری و سدیم زدائی خاکهای مورد آزمایش و برای اعماق مربوطه تهیه و ارائه شود. بر اساس ارقام مندرج در این جداول منحنی‌های شوری و سدیم‌زدائی خاکهای محل مورد آزمایش تهیه و در دو شکل جداگانه باید ارائه شود.

در مورد کاربرد منحنی‌های بیان شده باید متذکر شد که کاربرد آن در محدوده نوع خاک، میزان شـوری و درصـد سـدیم تبـادلی اولیه نیمرخ خاک محل اجرای آزمون می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، با استفاده از این منحنی‌ها می‌توان عمق آب مورد نیاز را بـرای

omoorepeyman.ir

کاهش عملی میزان شوری و یا درصد سدیم تبادلی خاک و برای عمق معینی از لایه خاک برآورد نمود. مقادیر استخراجی از این منحنی‌ها نیاز خالص آب آبشوئی املاح می‌باشد و به منظور برآورد کل میزان آب کاربردی لازم برای آبشوئی املاح خاک ضروری است که به مقادیر تبخیر و میزان بارندگی نیز توجه نمود و این عوامل فراگیر را در محاسبات برنامه ریزی آبشوئی، اصلاح خاک و اراضی ملحوظ داشت.

- **کاربرد منحنی‌های شوری زدائی و سدیم‌زدائی خاکها***

عملیات آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها را می‌توان به روشهای متنوع و متفاوتی برنامه‌ریزی نمود. لیکن موضوع مهم، تشخیص آن است که اجرای این امر برروی اراضی بدون پوشش زراعی و یا همراه با عملیات کشت و کار به انجام رسد. عواملی چند در تعیین روش آبشوئی مؤثر می‌باشد که از آن جمله می‌توان به ترتیب اهمیت موارد زیر را بر شمرد :

- منابع آب قابل استفاده (سطحی و یا زیرزمینی)
- آثار اجرای یک دوره عملیات آبشوئی املاح محلول بر کاهش درجه حاصلخیزی و باروری خاکها
- امکانات کاربرد کودهای معدنی در منطقه پس از انجام موارد متذکره
- درجه مهارت فنی مسئولان اجرائی پروژه و بهره‌برداران

انتخاب روشی مناسب جهت اصلاح عملی خاکها با توجه به موارد بیان شده فوق تشخیص داده خواهد شد. در این راستا کاربرد منحنی‌های شوری و سدیم زدائی خاکها این امکان را فراهم می‌سازد تا بتوان نسبت به تعیین مقدار آب مورد نیاز و زمان لازم جهت انجام امر آبشوئی را از طریق یک برنامه‌ریزی دقیق و احیاناً متنوع به نحوی تدوین نمود که منجر به تکامل برنامه اصلاح خاک و اراضی گردد.

- **ارائه مدل کاربردی مناسب شوری زدائی املاح محلول از نیمرخ خاکها****

در طرحهای مطالعاتی بررسی امکانات اصلاح فیزیکو- شیمیائی خاکهای شور و یا شور و سدیمی یا تعیین میزان آب لازم برای آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکهای مبتلا به از طریق آزمونهای مزرعه‌ای توصیه گردیده است. بر پایه اجرایی این آزمایشها اعداد و ارقام لازم جهت برازش به نوعی معادله ریاضی حاصل می‌گردد که در این مبحث روابط یا مدلهای تجربی که کاربرد آن در این خصوص در جهان و ایران متداول و مرسوم است، مورد نظر می‌باشد.

مدلهای تجربی حاصل داده‌های مشاهده‌ای یا اندازه‌گیری تجربی می‌باشند که بر نوعی معادله ریاضی برازش داده می‌شوند. بنابر این در اشتقاق آنها هیچ گونه پیش‌فرض فیزیکی و ریاضی اعمال نگردیده است. هر چند مدلهای تجربی قلمرو محدودی دارند و در محل و یا در مورد مشکل خاصی مورد استفاده قرار می‌گیرند لیکن مزیتهائی به شرح زیر را نیز دارا می‌باشند.

- کاربرد آنها برای برآوردهای مقدماتی و تقریبی می‌تواند جهت دستیابی به اطلاعات مورد نیاز برنامه‌های اصلاح خاک و اراضی در شرایطی بسیار سودمند باشد.
- این نوع مدلها می‌توانند بخش مهمی از یک مدل پیچیده عددی را تشکیل دهند.

---

* برای آگاهی تفصیلی به مندرجات " دستورالعمل آزمایشهای آبشوئی خاکهای شور و سدیمی در ایران" نشریه شماره ۲۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۸۱) مراجعه شود.

** برای آگاهی تفصیلی به مندرجات " پیش‌نویس، راهنمای کاربرد و ارزیابی مدلهای تجربی و نظری آبشوئی املاح خاکهای شور "نشریه شماره ۲۷۶ - الف، دفتر استاندارد مهندسی آب، وزارت نیرو (۱۳۸۴) مراجعه شود.

omoorepeyman.ir

- هر چند این روابط تجربی در مقایسه با نتایج مطالعات پایه‌ای حرکت توأمان آب و املاح محدودیتهائی را نشان می‌دهد لیکن از نظر کاربردهای عملی در برنامه‌های اجرائی اصلاح خاک و اراضی به نتایج حاصل از مدلهای نظری برتری دارند.
- و سرانجام سهولت‌های محاسباتی و کاربردی این قبیل مدلها از نظر صرف زمان، هزینه و عدم نیاز به تخصص ویژه‌ای قابل ملاحظه است.

هر چند برآورد کمیت آب مورد نیاز و دوره زمانی لازم برای عملیات اصلاح خاک و اراضی (شوری و سدیم‌زدائی) را می‌توان با تقریب و دقت قابل قبولی با استفاده از فناوری "مدل‌های شبیه‌سازی[1] رایانه‌ای" که به منظور مطالعه حرکت املاح در آب خاک تدوین یافته‌اند به دست آورد که استفاده از این روش در مورد بررسی های آزمایشگاهی و در شرایط کنترل شده بر روی ستونهای خاک نتایج مطلوبی را عاید نموده است. لیکن بعضی پژوهشگران اعلام نموده‌اند که کاربرد نتایج حاصل از مدلهای شبیه‌سازی رایانه‌ای برای شرایط حاکم در مزرعه به طور مستقیم امکان‌پذیر نمی‌باشد، زیرا طبیعت پارامترهای خاک در مزرعه تغییرات قابل ملاحظه مکانی داشته و بدین دلیل باعث کاهش قابلیت اطمینان در ورودی‌های مورد نیاز گردیده و موجب محدودیت در " ارزشمندی مدل" می‌گردد.

به هر حال، مدل‌های تجربی مرسوم و متداول معرفی شده برای آبشوئی املاح محلول از نیمرخ خاکها، هرگاه $X = [(D_{IW} / D_S)]$ و $Y = [(EC_{fn} - EC_{eq}) / (EC_{in} - EC_{eq})]$ به عنوان متغیرهای مستقل (X) و وابسته (Y) به کار گرفته شوند از نظر حالت ریاضی به صورت توابع :

هذلولی، توانی، نمائی و نیمه لگاریتمی قابل طبقه‌بندی می‌باشند. بررسی شکل عمومی توابع متذکره مبین آن است که با اندکی تغییر در شکل اولیه ضرایب و یا کاربرد بعضی تبدیلات ساده کلیه مدلهای تجربی ارائه شده به دلیل سهولت‌های اشتقاق و کاربرد قابل تبدیل به معادلات خطی ساده‌ای می‌باشند. بدیهی است پیش‌نیاز ترسیم منحنی‌های مربوطه و یا کاربرد نتایج حاصله مستلزم تغییر شکل معادله به صورت اولیه می‌باشد. ضرایب a و b در روابط متذکره ضرایب تجربی مربوط به شرایط اجرای آزمایش مزرعه‌ای می‌باشند.

- رابطه نوع هذلولی

$$Y = \frac{a}{x} + b \qquad (۳۴-۳)$$

هرگاه تساوی $X = 1/x$ در معادله بالا جایگزین گردد شکل خطی شده معادله (۳-۳۴) به صورت زیر خواهد بود.

$$Y = a(X) + b \qquad (۳۵-۳)$$

omoorepeyman.ir

1 - Simulation Models

- رابطه نوع توانی

$$Y = a(x)^b \qquad (۳۶-۳)$$

که در این حالت به دلیل نزولی بودن شکل منحنی علامت توان "منفی" خواهد بود. شکل خطی شده رابطه (۳-۳۶) بدون توجه به علامت توان به صورت زیر می‌باشد.

$$\ln Y = b \ln (X) + \ln a \qquad (۳۷-۳)$$

- رابطه نوع نمایی

$$Y = \exp(-X) = e^{-X} \qquad (۳۸-۳)$$

هر گاه تساوی $-X = \ln x$ و یا $x = e^{-X}$ در معادله (۳-۳۸) جایگزین گردد نتیجه زیر حاصل می‌شود.

$$Y = e^{\ln x} \qquad (۳۹-۳)$$

و یا حالت خطی شده آن به صورت زیر است :

$$Y = x \qquad (۴۰-۳)$$

- رابطه نوع نیمه لگاریتمی

$$Y = a \ln X + b \qquad (۴۱-۳)$$

با تساوی قرار دادن $x = \ln X$ شکل خطی شده معادله بالا به شر ح زیر خواهد بود.

$$Y = ax + b \qquad (۴۲-۳)$$

با فراهم آمدن امکانات سخت و نرم‌افزاری رایانه‌ای امکان برازش خم و یا برآورد منحنی با کاربرد جفت‌های متناظر، متغیر مستقل (X) و متغیر وابسته (Y) به سهولت امکان پذیر است که در این مورد می‌توان از دو حالت همبستگی نوع خطی و یا غیر خطی استفاده نمود. به عنوان مثال می‌توان به امکانات گسترده نرم‌افزار SPSS اشاره نمود که از طریق آن امکان تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین بهترین معادله یا رابطه ریاضی و حتی مقایسه نتایج حاصل از برآورد انواع روابط به سادگی قابل انجام می‌باشد. بدیهی است که در هر حالت شکل غیر خطی و نزولی بودن نتایج حاصل از اجرای آزمونهای مزرعه‌ای آبشوئی املاح بایستی مورد نظر باشد.

۳-۴- خاکهای جزر و مدی[1]

۳-۴-۱- بیان مسئله

خاک در مناطق ساحلی، در امتداد حاشیه رودخانه‌ها، در محل مصب جریانهای سطحی به دریا و یا دریاچه‌ها و در اراضی تازه اصلاح و احیاء شده‌ای که از دریای آزاد جداسازی شده‌اند، به درجات متفاوت تحت تاثیر جریانهای سیلابی و محدودیت‌های زهکشی در اثر جریانهای جزر و مدّی آبهای هم جوار قرار دارند. تناوب دوره‌ای و وسعت جریانهای سیلابی که موجب تضعیف شر ایط

1- Tidal Soils.

omoorepeyman.ir

زهکشی خاک و اراضی است، بسیار متغیر بوده و آنچه مرتبط با خاکهای جزر و مدّی می‌باشد متأثر از ارتفاع امواج و گستره عرضه در برابر شرایط جزر و مدّی آبها است.

عمل امواج ممکن است در بعضی مناطق موجب فرسایش خاک و یا بالعکس در شرایط و نواحی دیگری موجب رسوب گذاری (ماسه‌ریز، سیلت و یا رس) گردد. برای قرون متمادی در گذشته اقداماتی برای احیاء و اصلاح اراضی ساحلی و جداسازی آنها از دریا و یا سطوح آبی و تبدیل آن به اراضی مولد به انجام رسیده است. که از آن جمله می‌توان به پروژه‌های هاچی‌روگاتا[1] در کشور ژاپن و پروژه زوی در زی[2] در کشور هلند اشاره نمود که عملیات اجرایی آن از سال ۱۹۲۰ آغاز و تا زمان حاضر نیز ادامه دارد.

۳-۴-۲- اقدامات اصلاحی لازم

در مورد خاکهای جزر و مدّی، اقدامات اولیه احیاء ، اصلاح و زهکشی آنها به یکدیگر بسیار نزدیک و مرتبط می‌باشد به طوری که در مراحل آغازین عملیات اصلاح و احیاء اراضی و زهکشی آنها به طور قابل ملاحظه‌ای مترادف و مشترک با یکدیگر است.

در اراضی ساحلی پست، در شرایطی که مجرای خروجی آزادی (غیر مستغرق) جهت تخلیه و دفع جریانهای درون منطقه‌ای به دریا وجود نداشته باشد، این قبیل جریانها به طور موقت به وسیله موجهای بلند قطع می‌گردند. بدین ترتیب در این اراضی آب زهکشی دو بار در روز در کانالهای زهکشی و یا اراضی پست مجاور به صورت مستغرق نگهداری میشود. این چنین آبهای ذخیره شده‌ای ممکن است از نظر کیفی غیر شور، شور و یا مخلوطی از هر دو باشد که این موضوع ارتباط با گرادیان هیدرولیکی موجود بین سطح آب ذخیره شده و سطح آب دریا دارد. از جمله اقدامات اولیه اصلاح خاک و اراضی در این قبیل موارد آن است که از پیشروی آب دریا طی مدّهای مرتفع جلوگیری به عمل آمده و امکان تخلیه و دفع آب زهکشی شده اراضی در ادوار موجهای کوتاه امکان‌پذیر باشد.

برای جلوگیری از پخش جریانهای سیلابی بر روی سطح این قبیل اراضی، احداث دیواره حایل یا خاکریز و سیل بند در حد فاصل سطوح آبی و اراضی محدوده مورد نظر اقدامی ضروری است.

در این مورد احداث نوعی سیستم زهکشی داخلی برای محدوده مورد نظر به نحوی که زه‌آبهای حاصله را بتوان از بالای دیواره حایل یا خاک ریز به وسیله پمپاژ و یا از طریق ثقلی به وسیله دریچه‌ها و یا ترکیبی از آنها به خارج از اراضی محدوده، به دریا یا دریاچه تخلیه و دفع نمود، ضروری می‌باشد.

لزوم انجام عملیات پمپاژ در شرایطی است که امکان نگهداری زه‌آبها در محدوده مورد نظر وجود نداشته باشد و یا اینکه به دلیل وقوع امواج مرتفع در ایام قابل ملاحظه‌ای موارد تخلیه، هدایت و دفع زه‌آبها از طریق دریچه‌ها مقدور نباشد و یا در شرایطی که ارتفاع سطح آب آزاد زیاد بوده و منطقه فاقد مجرای خروجی لازم و کافی باشد و علاوه بر آن در شرایطی که ساخت و نگهداری زهکشهای حایل بین اراضی ساحلی و سطح دریا از نظر فنی غیر عملی است ضرورت اجرا و اعمال می‌یابد.

اقدام‌های دقیقی که در مورد اصلاح خاک و اراضی یک محدوده ویژه جزر و مدّی بایستی به مرحله اجرا درآید بستگی به شرایط محل مورد نظر دارد. لیکن در همه حالتها هرگاه اراضی واقع در بخش بالادستی دیواره حایل یا خاک ریز به طور کامل خشک گردد،

1- Hachirogata
2- Zuiderzee

omoorepeyman.ir

ابتدا در سطح آن محدوده نوعی خاک به صورت گل نرم ظاهر می‌گردد. این نوع خاکها را معمولاً "خاکهای نارس[1]" که مشتمل بر رسوبات آبرفتی تک دانه با پایداری بسیار ضعیفی است، می‌نامند. در اثر فرایند زهکشی مجموعه تغییراتی در این نوع گل به وجود می‌آید که به عنوان "رسیدن[2]" خاک، نامیده می‌شود. توسعه فرایند رسیدن خاک، منجر به تکامل و تشکیل نیمرخ خاک می‌گردد.

۳-۴-۳- فرایندهای تکامل خاکها

مراحل تکامل مواد رسوبی که به تازگی از زیر سطح آب خارج گردیده‌اند، با تخلیه و دفع آب اضافی از خاک اشباع از طریق فرایند تبخیر سطحی و زهکشی آغاز گردیده و به انجام می‌رسد. در این شرایط آب زیرزمینی افت نموده و خاک بخش فوقانی سطح ایستابی تحت تاثیر نیروهای موئینه‌ای قرار گرفته که در نتیجه آن ذرات ریز خاک به یکدیگر نزدیک گردیده و به صورت دانه های متمرکزی در می‌آیند. این فرایند موجب کاهش حجم خاک و نشست آن می‌شود که در استمرار و متعاقب آن، ضمن توسعه پایداری ذرات، نوعی ساختمان در نیمرخ خاک تشکیل می‌یابد. فرایند گفته شده همزمان تکامل فیزیکی خاک را موجب می‌گردد. پدیده تکامل خاک به طور معمول از سطح شروع گردیده و به طور آهسته به لایه‌های زیرین و عمقی خاک توسعه می‌یابد. همزمان با مراحل تکاملی بیان شده، تغییرات شیمیائی و بیولوژیکی نیز در نیمرخ خاک اتفاق می‌افتد که تحت عناوین تکامل شیمیائی و تکامل بیولوژیکی نامیده می‌شوند. تکامل شیمیائی مشتمل بر فرایندهای اکسیداسیون و ایجاد تغییراتی در ترکیب کاتیونی همتافت تبادلی خاک است و تکامل بیولوژیکی موجد توسعه و بهبود فعالیتهای هوازی و زیستی جمعیت میکروبی موجود در خاک می‌باشد.

در مراحل اولیه فرایند تکامل خاک، هدایت هیدرولیکی آن به طور معمول بسیار آهسته است و در این شرایط فقط سیستم زهکشی مصنوعی می‌تواند مانع از استغراق آب بر روی سطح اراضی گردد. در این ارتباط مناسبترین سیستم، ایجاد نهرچه‌های موازی زهکشی مزرعه‌ای با فاصله ۱۰ متر و یا بیشتر می‌باشد. عمق نهرچه‌های زهکشی بایستی به تدریج و به موازات فرایند تکامل خاک، افزایش یابد. به طوری که عمق احداث اولیه نهرچه‌ها از ۳۰-۴۰ سانتی‌متری آغاز و طی مدت حدود پنج سال به ۶۰-۷۰ سانتی‌متر افزایش داده می‌شود.

هرگاه پیشینه تکاملی به نحو مطلوبی به درون خاک و لایه‌های زیرین گسترش یافته باشد (حدود ۶۰-۷۰ سانتی‌متری از سطح خاک)، می‌توان نسبت به تعبیه لوله‌های زهکشی زیرزمینی نیز اقدام نمود که بدین‌ترتیب در ایام بارندگی، میزان بارش مازاد به طور عمودی از درون درز و ترکها به سمت پائین حرکت نموده و پس از رسیدن به لایه‌های غیر قابل نفوذ و نارس زیرین، به صورت افقی به سمت ترانشه‌ها جریان یافته و در نهایت به لوله‌های زهکشی زیرزمینی وارد می‌گردد.

فاصله نصب زهکشهای زیر زمینی مورد نظر طی دوره تکامل خاک به طور قابل ملاحظه‌ای مرتبط با تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک است. به طوری که هرگاه مقادیر مطلوبی درز و ترک در اثر فرایند تکامل در خاک ایجاد گردد، فواصل ۳۰-۵۰ متر را می‌توان به کار گرفت.

به طور کلی سیستم زهکشی فقط قادر به تخلیه آب خاک مازاد است و تخلیه مقادیر آب منفذی (کمتر از ظرفیت زراعی) موجود در خاک، مرتبط با فرایند تبخیر و خشک شدن خاک می‌باشد. این فرایند در شرایطی که نوعی پوشش گیاهی با سیستم ریشه‌های عمیق و متراکم در سطح اراضی وجود داشته باشد، تسریع می‌گردد. اراضی تازه اصلاح شده در بخش غربی قاره اروپا (شامل کشورهای هلند، انگلستان و بخشی از کشور آلمان) اغلب از طریق کشت علف نی قبل از جوانه زدن به منظور دستیابی به موارد بیان شده مورد اقدام قرار

1- Unripend Soils.
2- Ripening

omoorepeyman.ir

می‌گیرند. پس از علف نی می‌توان نسبت به کشت اولین گیاه در این قبیل اراضی اقدام نمود که در این خصوص نوعی علف مرغزاری به همراه گیاهانی از خانواده بقولات را می‌توان کشت نموده و جهت چرای گوسفند و یا گاو به مدت ده سال از آن استفاده نمود. طی این مدت املاح محلول از لایه‌های سطحی نیمرخ خاک به میزان قابل ملاحظه‌ای آبشوئی گردیده، یون کلسیم به تدریج جایگزین یون سدیم که در همتافت تبادلی به عنوان یون غالب محسوب می‌شود، گردیده، مواد آلی در لایه‌های سطحی خاک تراکم یافته و ساختمان خاک به تدریج توسعه و تکامل می‌یابد .

در شرایطی نیز ممکن است فرایند تکامل خاک در اثر نشت آبهای بسیار شور یا آب دریا به درون اراضی به تعویق افتد، که در این حالت ضرورت دارد تا با قطع نمودن جریانهای ورودی به اراضی محدوده مورد نظر فرایند تکامل خاک را تسریع نمود.

۳-۴-۴- ماسه‌های ساحلی و شنهای روان[1]

ماسه‌های ساحلی معرف نوعی منبع طبیعی ارزشمند نه تنها بعنوان مکان مناسبی برای زیست حیات وحش منطقه بدلیل دارا بودن پوشش گیاهی جالب، بلکه به عنوان مناطقی برای محافظت از سواحل و سایر مناطق تفریحی محسوب می‌گردند. در ایام اخیر این منابع بشدت مورد تعرض در موارد تفریحی و برداشت مواد بعنوان منبع قرضه قرار گرفته‌اند.

شنهای روان اغلب و بطور معمول از ذرات سیلیکات تشکیل یافته‌اند که معمولاً فاقد آب، مواد آلی و مواد غذائی مورد نیاز گیاهان می‌باشند. علاوه بر آن شنهای روان ناپایدار بوده و براثر وزش باد و یا حرکت امواج تغییر مکان حاصل می‌نمایند.

هرگاه اصلاح ماسه‌های ساحلی مورد نظر باشد، در اولین اقدام بایستی نسبت به محافظت از آنها در مقابل موجهای ساحلی از طریق ایجاد دیواره محافظ و یا سایر اقدامات مشابه اهتمام نمود. در عین حال ضرورت دارد که پوشش گیاهی اصلی آنها که به هر دلیل تخریب گردیده و یا کاملاً از بین رفته است، مجدداً احیاء گردد.

چاودار وحشی دریایی، نوعی پوشش گیاهی مناسب جهت پیشینه ماسه‌های ساحلی (سمت دریا، دریاچه و یا هر نوع سطح آبی با کیفیت شور) بدلیل مقاوم بودن نسبت به شوری بسیار زیاد محسوب می‌شود. تعداد زیادی گونه‌های گیاهی نیز وجود دارد که برای رویش در شرایط نامناسب محیطهای ساحلی (عمدتاً شور) مطلوب می‌باشند، که می‌توان نسبت به کشت و یا بذرپاشی آنها اقدام نمود. بعضی از این گونه گیاهان عبارتند از، چمن گندمی ، علف بره قرمزو یولاف دریائی که تجربیات موفقی در خصوص آنها گزارش شده است. پس از عملیات کشت ضرورت تثبیت سطح ماسه‌ها وجود خواهد داشت که در این مورد استفاده از تثبیت کننده‌های موقت از کارایی بسیار موثری برخوردار می‌باشند.

بطور خلاصه، گیاهان پوششی یکساله که میزان بذر زیادی را تولید می‌نمایند، مانند انواع غلات علوفه‌ای و سورگوم می‌توانند ارزشمندی مطلوبی را داشته باشند. این نوع گیاهان هرگاه با تراکم کم مورد کشت قرار گیرند، همزمان کاربرد کودهای معدنی نیز ضرورت دارد. تجربیات گردآوری شده از اکثر نقاط جهان نشان می‌دهد که در سال نخست کشت بایستی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ازت و ۲۵ کیلوگرم در هکتار فسفر (در دو یا سه نوبت) الزاماً مورد مصرف قرار گرفته شود. هرگاه و به هر دلیلی احیاء مجدد پوشش گیاهی مربوطه مقدور نگردد، توجهات خاص بایستی معطوف به کشت گیاهان بوته‌ای بخصوص انواعی از خانواده بقولات باشد. زیرا این قبیل گیاهان دارای رشد سریع رویشی بوده و قادرند مواد غذائی را برای استفاده درختان بعنوان کشت دوم تامین نمایند.

omoorepeyman.ir

1- Coastal Sands and Dunes

منابع مورد استفاده :

۱. پیش‌نویس استاندارد کاربرد و ارزیابی مدلهای تجربی و نظری آبشوئی املاح خاکهای شور، نشریه شماره ۲۷۶- الف، دفتر استاندارد مهندسی آب، وزارت نیرو (۱۳۸۴).

۲. مجموعه مقالات سومین کارگاه فنی زهکشی، شماره ۸۹، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (۱۳۸۳).

۳. ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نشریه شماره ۲۸۱، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۸۳).

۴. مواد و مصالح سامانه‌های زهکشی زیرزمینی، شماره ۸۱، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (۱۳۸۳).

۵. پیش‌نویس، راهنمایی برآورد رواناب در طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، نشریه شماره ۲۸۳- الف، دفتر استاندارد مهندسی آب، وزارت نیرو (۱۳۸۳).

۶. پیش‌نویس استاندارد، ضوابط طراحی و انتخاب مواد و مصالح برای زهکش‌های زیرزمینی، نشریه شماره ۲۶۶-الف، دفتر استاندارد مهندسی آب، وزارت نیرو (۱۳۸۲).

۷. دستورالعمل آزمایشهای آبشویی خاکهای شور و سدیمی در ایران، نشریه شماره ۲۵۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۸۱)

۸. ضوابط طراحی و تعیین فاصله و عمق زهکشها، نشریه شماره ۲۵۲- الف، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۸۱).

۹. دستورالعمل تعیین ضرایب هدایت هیدرولیکی خاک، نشریه شماره ۱۷۴-الف، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۸۱).

۱۰. نگرشی بر مسایل و مشکلات مطالعات و اجرای زهکشی زیرزمینی در ایران، شماره ۵۹، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (۱۳۸۱).

۱۱. راهنمای احداث زهکشهای زیرزمینی، شماره ۱۵، گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران (۱۳۷۶).

۱۲. دستورالعمل حفر و تجهیز پیزومترهای مرکب، نشریه شماره ۱۶۲، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۷۶).

۱۳. دستورالعمل حفر و تجهیز چاهکهای مشاهده‌ای، نشریه شماره ۱۵۴، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۷۵).

۱۴. دستورالعمل لایه‌بندی خاک در مطالعات زهکشی، نشریه شماره ۱۵۳، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر استاندارد مهندسی آب- سازمان مدیریت منابع آب، وزارت نیرو (۱۳۷۵).

omoorepeyman.ir

15.Abrol, L.P, Yadav, J.S.P, and F.I, Massaud (1988): Salt-Affected Soils and Their Management, FAO, Soils Buletin. No.39. FAO, Rome.

16.Advanced Drainage Systems (1978): Drainage Handbook, 3th Ed, ADS, Inc, Columbus, Ohio, 4321, U.S.A .

17.American Society of Agricultural Engineers (ASAE) (1988): Agricultural Drainage، Outles-Open Channels Ep، 407، ASAE، St. Joseph، Mi.

18.American Society of Agricultural Engineers (ASAE) (1984): Design، Construction and Maintenance of Subsurface Drains in Arid and Semiarid Areas، Ep 463. ASAE، St. Joseph، Mi.

19.ASAE Standards (1998): Standards Engineering Practices Data، ASAE (CD).

20. Ayers, R.S and, Westcat, D.W (1985): Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1. FAO, Rome.

21.Bresler, E. McNeal, B. I. and Carter. D.L (1982): Saline and Sodic Soils, Principle, Dynamics, Modeling, Springer-Vertage. Berlin.

22.Bruce، E.L (2000): Civil Engineering Hydraulics and Engineering Hydrology، Engineering Press U.S.A.

23.Chow, V.T (1964): Handbook of Applied Hydrology. McGraw- Hill Co., London.

24.Chow, V.T (1962): Hydrologic Determination of Waterway Areas for the Design of Drainage Structures in Small Drainage Basins. Univ. of Illinois, Bull. No. 462 .

25.CIGR, Handbook of Agricultural Engineering (1999): Vol. 1, Land and Water Engineering, ASAE.

26.Clark, C.O (1945): Storage and the Unit Hydrograph. Proc. Amer. Soc. Civil. Eng. 67.

27.Drainage Design Factors (1980): Irrigation and Drainage Paper No. 38، FAO، Rome.

28.Drainage Manual (1978): A Water Resources Technical Publication، U.S، Dept of Interior، Bureau of Reclamation.

29.Dregne, H.E (1979): Soils of Arid Regions, Development in Soil Science, 5A. Elsevier Scientific Pub. Co.

30.Edminster, T.W (1957) : Surface Drainage، ASA Monograph VII, Madison, Wisconsin, Drainage of Agricultural Lands .

31.Engineering Field Manual for Conservation Practices (1969): Soil Conservation Service، U.S. Dept of Agriculture Washington. D.C.

32.Frederick، S.Merritt (Editor) (1976): Standard Handbook for Civil Engineers، 2nd Ed، McGraw-Hill Book. Co.

omoorepeyman.ir

33.French, K.A (1986): Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, New York.

34.French, R. et, al (1971): The Rational Method of Flood Estimation for New South Wales. Water Research Foundation of Australia, Bull. No. 19, Kingsford.

35.Frevert, R.K., et, al (1965): Soil and Water Conservation Engineering. The Ferguson Foundation. Agr. Eng. Series, John Wiley, New York .

36.Ghanshyam, Das (2002): Hydrology and Soil Conservation Engineering, Prentice/ Hall of India, New. Delhi.

37.Gray, D.M (1970): Handbook on The Principles of Hydrology. Canadian National Committee for the International Hydrological Decade, Ottawa.

38.Hanif Chaudhry، M (1993): Open-Channel Flow، Prentice Hall، Englewood Cliffs، New Jersey، 07692.

39.Haynes, H.D (1966): Machinery and Methods for Constructing and Maintaining Surface Drainage on Farm Lands in Humid Areas. Transactions ASAE 7, 2: 165-185, 193.

40.Jones, K.R, Berney, O, Carr, D.P and E.C. Barrett (1981): Arid Zone Hydrology for Agricultural Developments, Irrigation and Drainage Paper No. 37, FAO, Rome.

41.Kent, K.M (1968): A, Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds, U.S. Dept. of Agric. Soil Conservation services, Techn. Paper 149.

42.Kinori, B.Z (1970): Manual of Surface Drainage Engineering. Elsevier, Amsterdam,

43.Lal, P. Chippa, B.R and Arvind Kumar (2003): Salt Affected Soils and Crop Production, A, Modern Synthesis, AGROBIS (India).

44.Luthin، J.M (1966): Drainage Engineering، John Wiley & Sons، Inc.

45.Mahler, P.J (1979): Manual of Land Classification for Irrigation, No. 205, Soil Institute of Iran, Rev. 3.

46.Marr, J.C (1957): Grading Land for Surface Irrigation. Circul. 438, California Exp. Station.

47.National Engineering Handbook (NEH)، (1971): Soil Conservation Service، Section 15، Irrigation. U.S. Dept of Agriculture، Washington. D.C.

48.National Engineering Handbook (NEH)، (1971): Soil Conservation Service، Section 16، Drainage of Agricultural Land. U.S. Dept of Agriculture، Washington. D.C.

49.Parmley، R.O (1995): Field Engineer's Manual، 2nd Ed. McGraw-Hill، Inc.

50.Pazira, E (1999) : Land Reclamation Research on Soil Physico-Chemical Improvement by Salt Leaching in South-Western Part of Iran, Innovation of Agricultural Engineering Technologies for The 21st Century , P.R. China.

omoorepeyman.ir

51.Ranga Raju, K.G (1993): Flow Through Open Channels, 2nd Ed, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd. New Delhi.

52.Reeve, R.C (1957): The Relation of Salinity to Irrigation and Drainage Requirements. Third Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, Transactions 5:10.175-10.187.

53.Reghunath, H. M (1982): Ground Water, Wiley Eastern, Ltd. New Delhi.

54.Reich, B.M (1968): Rapid Flood Peak Determination on Small Watersheds, Transect, ASAE 11, 2: 291-295.

55.Richards, L.A (Editor) (1954): Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. U.S Dept of Agriculture. Handbook No. 60.

56.Ritzema. H.P (Editor In Chief) (1994): Drainage Principles and Application, ILRI Publication No. 16, 2nd Ed.

57.Schilfgaarde, J. van (1974): Drainage for Agriculture, ASA, Monograph, No. 17.

58.Schwab, G. O, Fangmeier, D.D et. al (1993): Soil and Water Conservation Engineering, 4th Ed, John Wiley & Sons, Inc.

59.Seginer, E (1971) : A Model for Surface Drainage of Cultivated Fields. Joru. of Hydrology 13, 2: 135-152.

60.Skaggs, R.W and J. van Schilfgaarde (Editors) (1999): Agricultural Drainage, ASA, Monograph, No. 38.

61.Smedema, L.K. and Rycroft. D (1983): Land Draninage, Planning and Design of Agricultural Drainage Systems. Batsford, London. U.K.

62.Soil Conservation Service (1969): National Engineering Handbook (NEH), Section 4. Hydrology. U.S. Dept of Agricultural, Washington, D.C.

63.Soil Survey Investigation for Irrigation (1979): FAO Soils Buletin, No. 42, FAO Rome.

64.Szabolcs, Istvan (1989): Salt-Affected Soils, Boca Raton, Florida ,CRC Press.

omoorepeyman.ir

Abstract:

On farm development is a series of works to be done in order to approach to the optimum utilization of soil and water within the farm units. On farm development includes:

- Design of irrigation and drainage systems and related hydraulic structures within the farm units;
- Suitable design layout of fields, and land leveling;
- Design of access roads, in farm roads; and service roads; and
- land consolidation

The objectives of on farm development could he summarized as fallows:

- Reshaping of fields in order to reach to a more desirable layout;
- Increasing water application, and water distribution efficiencies;
- Collection, and conveyance of tail water, and excess runoff;
- Subsurface drainage; and
- Ease the access to different points of the farm, irrigation and drainage canals, etc. and to facilitate the agricultural mechanization.

This publication named "Design Criteria and Bases for on Farm Development for Surface Irrigation" consists of five volumes as follows:

- Vol.١.- Generalities ;
- Vol.٢.- Irrigation;
- Vol.٣.- Drainage;
- Vol.٤.- Hydraulic Structures, and Access Roads; and
- Vol.٥. - Land Consolidation.

This volume – Drainage – consists of three chapters as follows:

- Surface Drainage;
- Subsurface Drainage; and
- Land Reclamation.

omoorepeyman.ir

Design Criteria for on Farm Development in Surface Irrigation

Volume 3.- Drainage

omoorepeyman.ir

خواننده گرامی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی – فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به‌صورت تألیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه پیوست در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیتهای عمرانی به کار برده شود. به این لحاظ برای آشنایی بیشتر، فهرست عناوین نشریاتی که طی دو سال اخیر به چاپ رسیده است به اطلاع استفاده‌کنندگان و دانش‌پژوهان محترم رسانده می‌شود.

لطفاً برای اطلاعات بیشتر به سایت اینترنتی **http://tec.mporg.ir** مراجعه نمایید.

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

معاونت امور فنی

فهرست نشریات

منتشر شدهٔ ۲ سال اخیر

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آیین‌نامه روسازی آسفالتی راه های ایران	۲۳۴	۱۳۸۱		۱	
ضوابط و معیارهای طرح و اجرای سیلوهای بتنی جلد اول – مشخصات فنی عمومی و اجرایی سازه و معماری سیلو (۱-۲۳۵) جلد دوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق سیلو (۲-۲۳۵) جلد سوم – مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات مکانیکی سیلو (۳-۲۳۵)	۲۳۵	۱۳۸۲ ۱۳۸۱		۱-۲۳۵ نوع ۳ ۲-۲۳۵ نوع ۳	
راهنمای برگزاری مسابقات معماری و شهرسازی در ایران	۲۴۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط طراحی سینما	۲۴۵	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و مقررات شهرسازی و معماری برای افراد معلول جسمی-حرکتی	۲۴۶	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل حفاظت و ایمنی در کارگاههای سدسازی	۲۴۷	۱۳۸۱		۳	
فرسایش و رسوبگذاری در محدوده آبشکنها	۲۴۸	۱۳۸۱		۳	
فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی مصنوعی منابع آب زیرزمینی	۲۴۹	۱۳۸۱		۲	
آیین نامه طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده	۲۵۰	۱۳۸۲		۱	
فهرست خدمات مطالعات بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود	۲۵۱	۱۳۸۱		۳	
رفتارسنجی فضاهای زیرزمینی درحین اجرا	۲۵۲	۱۳۸۱		۳	
آیین نامه نظارت و کنترل برعملیات و خدمات نقشه برداری	۲۵۳	۱۳۸۱		۱	
دستورالعمل ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی: جلد اول – دستورالعمل عمومی ارزیابی پیامدهای زیست محیطی پروژه های عمرانی(۱-۲۵۴) جلد دوم – شرح خدمات بررسی اولیه و مطالعات تفصیلی ارزیابی آثارزیست محیطی طرح عمرانی (۲-۲۵۴) جلد سوم – دستورالعمل های اختصاصی پروژه های آب .....(۳-۲۵۴)	۲۵۴	۱۳۸۱		۳ ۱ ۳	
دستورالعمل آزمایشهای آبشویی خاکهای شور وسدیمی در ایران	۲۵۵	۱۳۸۱		۳	
استانداردهای نقشه کشی ساختمانی	۲۵۶	۱۳۸۱		۳	
دستورالعمل تهیه طرح مدیریت مناطق تحت حفاظت	۲۵۷			۳	
دستورالعمل بررسیهای اقتصادی منابع آب	۲۵۸	۱۳۸۱		۳	
دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب	۲۵۹	۱۳۸۱		۳	
راهنمای تعیین عمق فرسایش و روشهای مقابله باآن درمحدوده پایه های پل	۲۶۰	۱۳۸۱		۳	
ضوابط و معیارهای فنی روشهای آبیاری تحت فشار مشخصات فنی عمومی آبیاری تحت فشار	۲۶۱	۱۳۸۱		۱	
فهرست جزئیات خدمات مطالعات تاسیسات آبگیری (مرحله های شناسائی ، اول و دوم ایستگاههای پمپاژ)	۲۶۲	۱۳۸۲		۲	
فهرست جزئیات خدمات مهندسی مطالعات تاسیسات آبگیری (سردخانه سازی)	۲۶۳	۱۳۸۲		۲	
آیین نامه اتصالات سازه های فولادی ایران	۲۶۴	۱۳۸۲		۱	
برپایی آزمایشگاه آب	۲۶۵	۱۳۸۲		۳	
۱- دستورالعمل تعیین اسید یته و قلیائیت آب ۲- دستورالعمل تعیین نیتروژن آب	۲۶۶	۱۳۸۲		۳	

omoorepeyman.ir

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
آیین‌نامه ایمنی راه‌های کشور ایمنی راه و حریم (جلد اول) ۱-۲۶۷ ایمنی ابنیه فنی (جلد دوم) ۲-۲۶۷ ایمنی علائم (جلد سوم) ۳-۲۶۷ تجهیزات ایمنی راه (جلد چهارم) ۴-۲۶۷ تأسیسات ایمنی راه (جلد پنجم) ۵-۲۶۷ ایمنی بهره‌برداری (جلد ششم) ۶-۲۶۷ ایمنی در عملیات اجرایی (جلد هفتم) ۷-۲۶۷	۲۶۷	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل تثبیت لایه‌های خاکریز و روسازی راه‌ها	۲۶۸	۱۳۸۲		۳	
راهنمای آزمایش‌های دانه‌بندی رسوب	۲۶۹	۱۳۸۲		۳	
مشخصات فنی عمومی کارهای ساختمانی	۵۵	۱۳۸۳		۱	تجدیدنظر دوم
معیارهای برنامه‌ریزی و طراحی کتابخانه‌های عمومی کشور	۲۷۰	۱۳۸۳		۳	
شرایط طراحی (DESIGN CONDITIONS) برای محاسبات تأسیسات گرمایی، تعویض هوا و تهویه مطبوع مخصوص تعدادی از شهرهای کشور	۲۷۱	۱۳۸۲		۳	
راهنمای مطالعات بهره‌برداری از مخازن سدها	۲۷۲	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین بار کل رسوب رودخانه‌ها به روش انیشتین و کلبی	۲۷۳	۱۳۸۳		۳	
دستورالعمل نمونه‌برداری آب	۲۷۴	۱۳۸۳		۳	
ضوابط بهداشتی و ایمنی پرسنل تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۷۵	۱۳۸۳		۱	
شرح خدمات مطالعات تعیین حد بستر و حریم رودخانه یا مسیل	۲۷۶				
راهنمای بررسی پیشروی آب‌های شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل آن	۲۷۷	۱۳۸۳		۳	
راهنمای انتخاب ظرفیت واحدهای مختلف تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری	۲۷۸	۱۳۸۳		۳	
مشخصات فنی عمومی زیرسازی راه‌آهن	۲۷۹	۱۳۸۳		۱	
مشخصات فنی عمومی راهداری	۲۸۰	۱۳۸۳		۱	
ضوابط عمومی طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۱	۱۳۸۳		۳	
ضوابط هیدرولیکی طراحی ساختمان‌های تنظیم سطح آب و آبگیرها در کانال‌های روباز	۲۸۲	۱۳۸۳		۳	
فهرست خدمات مهندسی مرحله ساخت طرح‌های آبیاری و زهکشی	۲۸۳				
راهنمای بهره‌برداری و نگهداری از تصفیه‌خانه‌های فاضلاب شهری بخش دوم - تصفیه ثانویه	۲۸۴	۱۳۸۳		۳	
راهنمای تعیین و انتخاب وسایل و لوازم آزمایشگاه تصفیه‌خانه‌های فاضلاب	۲۸۵	۱۳۸۳		۳	
ضوابط طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار	۲۸۶	۱۳۸۳		۳	
طراحی بناهای درمانی (۱) بخش بستری داخلی- جراحی ۲۸۷-۱	۲۸۷	۱۳۸۳		۳	
طراحی بناهای درمانی (۲) بخش مراقبت‌های ویژه I.C.U ۲۸۷-۲	۲۸۷	۱۳۸۴		۳	
آیین‌نامه طرح هندسی راه‌آهن	۲۸۸	۱۳۸۳		۱	

جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی
جلد چهارم : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات

جلد یکم:راهنمای برنامه‌ریزی‌وطراحی‌معماری
جلد دوم : راهنمای طراحی تأسیسات مکانیکی
جلد سوم :راهنمای طراحی‌تأسیسات برقی
جلد چهارم : راهنمای گروه‌بندی و مشخصات فنی تجهیزات بیمارستانی

omoorepeyman.ir

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
راهنمای روش محاسبه تعدیل آحاد بهای پیمان‌ها	۲۸۹	۱۳۸۳			
دستورالعمل تهیه، ارائه و بررسی پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش دستورالعمل تهیه و ارسال گزارش سالانه پیشنهادهای تغییر، با نگاه مهندسی ارزش	۲۹۰				
جزئیات تیپ کارهای آب و فاضلاب	۲۹۱	۱۳۸۴		۳	
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۲				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۲ تا ۱۰ متر	۲۹۳				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۴				
مجموعه نقشه‌های همسان پل‌های راه‌آهن دهانه ۱۰ تا ۲۵ متر	۲۹۵				
راهنمای بهسازی رویه‌های شنی و آسفالتی	۲۹۶	۱۳۸۴		۳	
فرهنگ واژگان نظام فنی و اجرایی کشور	۲۹۷	۱۳۸۴			
مجموعه مقالات کارگاه مشترک ایران و ژاپن (۵-۷ مهرماه ۱۳۸۳)	۲۹۸	۱۳۸۴			
فهرست جزئیات خدمات ساماندهی و تجهیز و نوسازی اراضی تحت پوشش تعاونی تولید روستایی	۲۹۹			۲	
آیین‌نامه طراحی بنادر و سازه‌های دریایی ایران (۱۱ جلد) ۱- ملاحظات محیطی و بارگذاری ۲- مصالح ۳- مکانیک خاک و پی ۴- اصول و مبانی مطالعات و طراحی بنادر ۵- موج‌شکنها و سازه‌های حفاظتی ۶- سازه و تجهیزات پهلوگیری ۷- آبراهه و حوضچه ۸- تسهیلات و تجهیزات بهره‌برداری و پشتیبانی بنادر ۹- سکوهای دریایی ۱۰- ملاحظات زیست‌محیطی بنادر ۱۱- سازه و تجهیزات تعمیر شناور	۳۰۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فنی عمومی روسازی راه‌آهن	۳۰۱	۱۳۸۴		۱	
دستورالعمل مطالعات هیدرولیکی و آبشستگی پل	۳۰۲	۱۳۸۴		۳	
مشخصات فنی عمومی کارهای خطوط لوله‌های آب و فاضلاب شهری	۳۰۳	۱۳۸۵		۱	
راهنمای طراحی نمای ساختمان‌های عمومی	۳۰۴				
شرح خدمات مطالعات برنامه‌ریزی و تهیه طرح‌های تفصیلی – اجرایی جنگلداری جنگل‌های شمال کشور	۳۰۵				
آماده‌سازی و تمیزکاری سطوح فلزی جهت اجرای پوشش	۳۰۶	۱۳۸۴		۳	
راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه	۳۰۷	۱۳۸۴		۳	
راهنمای طراحی دیوارهای حائل	۳۰۸	۱۳۸۴		۳	
راهنمای طراحی سازه‌ای تونل‌های آب‌بر	۳۰۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور	۳۱۰				
راهنمای حفاظت کاتدی خطوط لوله و سازه‌های فولادی	۳۱۱	۱۳۸۴		۳	
ضوابط عمومی طراحی سازه‌های آبی بتنی	۳۱۲	۱۳۸۴		۳	

omoorepeyman.ir

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
فهرست خدمات مهندسی مطالعات بهره‌برداری و نگهداری از سامانه‌های آبیاری و زهکشی در حال بهره‌برداری	۳۱۳	۱۳۸۴		۳	
ارزیابی ظرفیت وام‌گیری کشاورزان در طرح‌های آبیاری و زهکشی	۳۱۴				
راهنمای نگهداری سامانه‌های زهکشی	۳۱۵				
راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی برای کارهای مهندسی رودخانه	۳۱۶	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی ایستگاه‌های پمپاژ شبکه‌های آبیاری و زهکشی»	۳۱۷	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل کنترل کیفیت در تصفیه‌خانه‌های آب	۳۱۸	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی تعیین فاصله و زهکش‌های زیرزمینی	۳۱۹	۱۳۸۴		۳	
فهرست خدمات ارزیابی عملکرد سامانه‌های زهکشی زیرزمینی	۳۲۰	۱۳۸۴		۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی سیفون‌ها و آبگذر زیر جاده	۳۲۱	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل تعیین هدایت هیدرولیک خاک	۳۲۲				
دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مرحله اجمالی	۳۲۳				
ضوابط طراحی ساختمان‌های با اتصال خرجینی	۳۲۴	۱۳۸۵		۱	
ضوابط طراحی و محاسبه ساختمان‌های صنعتی فولادی	۳۲۵	۱۳۸۵		۱	
مشخصات فنی عمومی تأسیسات مکانیکی ساختمان‌ها جلد پنجم : لوله‌های ترموپلاستیک	۱۲۸-۵				
دستورالعمل ساخت و اجرای بتن در کارگاه	۳۲۷	۱۳۸۵		۳	
واژه‌های و اصلاحات اکتشافات معدنی	۳۲۸				
فهرست خدمات مطالعات برداشت مصالح رودخانه‌ای	۳۲۹	۱۳۸۴		۳	
دستورالعمل آماربرداری از منابع آب	۳۳۰				
راهنمای تشخیص اثرهای اقتصادی، اجتماعی، ارزش‌گذاری و توجیه اقتصادی طرح‌های توسعه منابع آب	۳۳۱				
راهنمای طراحی، ساخت و نگهداری پوشش‌ها در کارهای مهندسی رودخانه	۳۳۲				
شرح خدمات توجیه فنی و اقتصادی- اجتماعی سامانه‌های آبیاری تحت فشار (در سه سطح الف- ب- پ)	۳۳۳	۱۳۸۵		۳	
روش‌نامه مطالعات توجیه فنی، اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی سامانه‌های آبیاری تحت فشار	۳۳۴	۱۳۸۵		۳	
راهنمای بهره‌برداری هیدرولیکی از مخزن سدهای بزرگ	۳۳۵			۳	
راهنمای برداشت مصالح رودخانه‌ای	۳۳۶			۳	
ضوابط طراحی هیدرولیکی ساختمان‌های حفاظتی و تقاطعی، تبدیل و ایمنی و ساختمان‌های حفاظت در مقابل فرسایش سامانه‌های آبیاری	۳۳۷			۳	
دستورالعمل ارزیابی اثرات زیست‌محیطی طرح‌های آب و فاضلاب در مرحله تفصیلی	۳۳۸			۳	
مشخصات فنی اجرایی بازیافت سرد آسفالت	۳۳۹	۱۳۸۵		۱	
تعاریف و مفاهیم در فعالیت‌های معدنی؛ واژه‌ها و اصطلاحات پایه استخراج معدن	۳۴۰	۱۳۸۵		۳	
مشخصات فنی اجرایی بازیافت گرم آسفالت	۳۴۱	۱۳۸۵		۱	
راهکار کاهش نوفه ترافیک برای ساختمانهای حواشی بزرگراه‌های شهری	۳۴۲	۱۳۸۵		۳	

omranrepeyman.ir

عنوان نشریه	شماره نشریه	تاریخ انتشار چاپ		نوع دستورالعمل	ملاحظات
		اول	آخر		
راهنمای طراحی آکوستیکی فضاهای آموزشی	۳۴۳	۱۳۸۵		۳	
آیین‌نامه سازه‌های بتنی حجیم	۳۴۴				
راهنمای طراحی و ضوابط اجرایی تقویت ساختمانهای بتنی موجود با استفاده از الیاف تقویتی FRP	۳۴۵				
ضوابط و مبانی طراحی، تجهیز، نوسازی و یکپارچه‌سازی اراضی خشکه‌زاری	۳۴۶			۳	
شرح خدمات مرحله دوم آبیاری تحت فشار	۳۴۷	۱۳۸۵		۱	
ضوابط انتخاب و طراحی مزرعه آزمایشی زهکشی زیرزمینی	۳۴۸			۳	
شرح خدمات مرحله دوم آبیاری تحت فشار	۳۴۹			۱	
مقررات تهویه در معادن	۳۵۰				
مراحل مختلف اکتشاف ذغال سنگ	۳۵۱				

omoorepeyman.ir

omoorepeyman.ir