راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی

ترجمه و تدوین :
گروه کار زهکشی
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

وزارت نیرو

۲۱۰/۵/۱۲

راهنمای احداث زهکش‌های زیرزمینی

ترجمه و تدوین :
گروه کار زهکشی
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

وزارت نیـــرو
دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

نـام کتاب : راهنمای احداث زهکشهای زیرزمینی

تهیه کننده : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

ناشـــر : کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

تیـــراژ : ۱۰۰۰ نسخه

چاپ اول : آذر ۱۳۷۶

حروفچینی : دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی

حق چاپ برای دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی محفوظ است.

راهنمای احداث
زهکش‌های زیرزمینی

Guidelines on the Construction of
Horizontal Subsurface Drainage Systems

ترجمه و تدوین :
گروه کار زهکشی
کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

اردوان آذری
مجتبی اکرم
کریم شیعتی
احمد لطفی
محمدجواد مولایی

ویراستار : احمد لطفی

بسمه تعالی

در جهان یکپارچه عصر حاضر، تضمین نیازهای غذائی در سطح ملی، تابعی از برقراری امنیت غذائی در ابعاد جهانی است. بنابراین ملحوظ کردن شاخص‌های جهانی به منظور تنظیم برنامه‌هائی برای در دسترس قراردادن مواد غذائی برای افراد جامعه ضروری است و می‌تواند مکمل روشها، قواعد و دستورالعمل‌های ملی هر کشوری محسوب گردد.

از دیدگاهی دیگر، در دسترس قرارگرفتن مواد غذائی تابع یک سلسله واکنش‌های ناشی از قواعد فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و فنی است. از دیدگاه فنی افزایش راندمان و ارتقای تولید به سطح مکفی و مطلوب، به مؤلفه‌های متعددی بستگی دارد که یکی از مؤلفه‌های مهم آن، اصلاح زمین‌های زراعی از طریق احداث زهکشهای زیرزمینی است.

در چند دهه اخیر، پیشرفتهای فنون در زمینه زهکشی بیشتر از دیدگاههای نظری و بنیادی صورت پذیرفته است، در حالیکه از نظر فنون اجرائی و مدیریت ساخت، ماشین‌آلات پرقدرت و توانمند با کنترلهای خودکار جایگزین ماشین‌های ساده قدیمی گردیده‌اند و مواد و مصالح جدید به جای مواد و مصالح قدیمی بکار گرفته شده است.

از سوی دیگر کتابهای منتشر شده در کشور ما، غالباً به اصول نظری پرداخته‌اند و کمتر به مسائل اجرائی توجه شده است، از این‌رو ترجمه و انتشار کتابهائی که عمدتاً به مسائل احداث زهکشهای زیرزمینی و مدیریت آن پرداخته‌اند در آن تجارب مجموعه‌ای از کشورهای مختلف را گردآوری نموده باشد بسیار سودمند خواهد بود.

کتاب حاضر تحت عنوان «راهنمای احداث زهکشهای زیرزمینی» که از انتشارات کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی *ICID* بوده و توسط گروه کار زهکشی این کمیته ترجمه شده است، از جمله کتابهای منتشره در این راستا می‌باشد.

در خاتمه جا دارد از آقایان آذری، احسانی، اکرم، شیعتی، لطفی، لیاقت و مولائی که امور ترجمه، ویرایش و تدارکات و هماهنگی این کتاب را به عهده داشته‌اند، سپاسگزاری نموده و موفقیت آنها را از درگاه ایزد منّان مسئلت می‌نماید.

سید اسدالله اسدالهی

دبیر کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران

پیشگفتار گروه کار زهکشی

کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران با پی‌گیری سیاست کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی، ارتقای دانش و فنون مربوط با آبیاری و زهکشی را به عنوان یکی از اهداف مهم در سرلوحه اقدامات خود قرار داده و کوشش می‌کند تا با تدوین و ترجمه متون و انتشار کتب مفید، به گسترش علوم و انتقال تجربیات بین‌المللی در این زمینه کمک نماید.

کتاب حاضرترجمه یکی از نشریات کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی است که با عنوان : *"Guidelines on the Construction of Horizontal Subsurface Drainage Systems"*

در سال ۱۹۹۰ میلادی منتشر، و در آن روشها و فنون متداول برای اجرای زهکشهای زیرزمینی بطور خلاصه تشریح شده است. این کتاب بدین جهت برای ترجمه انتخاب شد که در آن جنبه‌های عملی طرح و اجرای زهکشهای زیرزمینی بیشتر مورد توجه و بحث قرارگرفته و اطلاعات متنوعی را در این زمینه ارائه می‌دهد، بطوریکه حجم عمده مطالب کتاب پیرامون مصالح، ماشین‌آلات، روشهای احداث و مدیریت اجرا و بهره‌برداری زهکشهای زیرزمینی است.

قابل پیش‌بینی بود که اطلاعاتی که برای تدوین کتاب مورد استفاده قرارگرفته است از مآخذ و تجربیات بدست آمده درکشورهای اروپایی و آمریکایی باشد که در بیشتر موارد از جنبه‌های مختلف زهکشی شرایطی متفاوت با شرایط ایران دارند. علیرغم این نارسایی، مطالب مندرج در کتاب، کماکان می‌تواند برای استفاده‌کنندگان ایرانی مفید واقع شود.

ترجمه کتاب بصورت یک کارگروهی در زیر کمیته زهکشی انجام گرفته است. عناوین فصول، نویسندگان و مترجمین هر فصل از کتاب به شرح زیر است:

فصل اول : مقدمه

نویسنده : *E.Schultz*

مترجم : آقای محمدجواد مولائی

فصل دوم : سیستمهای زهکشی زیرزمینی در جهان

نویسنده : *A.Eddebarh, and Dr.M.H.Amer*

مترجم : آقای اردوان آذری

فصل سوم: اصول طراحی

نویسندگان: *Dr.M.H.Amer, Prof. Zhang Weizhen, and Prof. Goncalves Santos Jr.*

مترجم : آقای اردوان آذری

فصل چهارم : مصالح زهکشی

نویسندگان : *J.B.Summers, Dr.B.Le Saffre, and K.G.A.Smith*

مترجم : آقای احمد لطفی

فصل پنجم : تجهیزات و ماشین‌آلات زهکشی

نویسندگان : *G.P.Hawkins, and G.Westland*

مترجم : آقای مجتبی اکرم

فصل ششم : شیوه‌های احداث شبکه زهکشی زیرزمینی

نویسندگان : *G.Westland, Dr.B.Le Saffre, and S.A.Rashid*

مترجم : آقای احمد لطفی

فصل هفتم : مدیریت اجرا و نگهداری سیستم زهکشی

نویسندگان : *E.Schultz, G.Westland, and J.B.Summers*

مترجمین : آقایان محمدجواد مولائی، احمد لطفی

فصل هشتم : تجزیه و تحلیل هزینه - درآمد

نویسندگان : *Dr.M.H.Amer, and Dr.B.Le Saffre*

مترجم : آقای مجتبی اکرم

پیوستهای کتاب بوسیله آقای کریم شیعتی ترجمه شده و ویرایش متون ترجمه شده کتاب بر عهده آقای احمد لطفی بوده است.

در ترجمه کتاب نهایت کوشش به عمل آمده است که چارچوب و مفاهیم متن بدون

هیچگونه تغییری حفظ شود. تنها موردی که گروه مجبور به دخل و تصرف شد در ارائه بعضی عکسها و تصاویر بود که به علت کیفیت نامطلوب اصل، تصاویری که مضمون مشابهی را نمایش می‌داد جایگزین شد.

گروه کار زهکشی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران امیدوار است توانسته باشد با ترجمه و انتشار این کتاب گامی مؤثر در جهت انتقال تجربیات بین‌المللی در زمینه زهکشی زیرزمینی برداشته باشد و مندرجات کتاب برای استفاده‌کنندگان مفید واقع شود.

گروه کار از اهتمام و پشتیبانی کمیته ملی آبیاری و زهکشی برای تدارک امکانات انتشار کتاب، سپاسگزار است. و از خانم مهندس زهره لیاقت که برای بازخوانی متن ترجمه شده، به گروه کمک کردند و نیز از آقای جویائی که در مدت کوتاه همکاری خود با گروه کار در ترجمه بخشی از فصل ششم ما را یاری نمودند تشکر می‌نماید. همچنین با اغتنام فرصت، از آقای مهرزاد احسانی که در مراحل مختلف تهیه کتاب بعنوان دبیر و هماهنگ‌کننده با گروه همکاری نموده‌اند قدردانی بعمل می‌آید، نیز از پرسنل بخش ماشین‌نویسی دفتر توسعه شبکه‌های آبیاری و زهکشی به ویژه خانم سهیلا کمالو سپاسگزاری می‌نماید.

گروه کار زهکشی

پیشگفتار - دبیر کل کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی

گروه کار «احداث شبکه زهکشی» در کمیته «ساخت و بهره‌برداری» در سال ۱۹۸۲ تشکیل شد. در اولین نشست گروه کار که در سال ۱۹۸۳ در ملبورن استرالیا برگزار شد، برنامه کار گروه مورد بحث قرار گرفت. در این نشست دامنه گسترده موضوعات قابل طرح و بررسی در زمینه‌های مختلف زهکشی مشخص شده و از بین بیش از ۳۰ موضوع مختلف که بوسیله کمیته‌های ملی برای مطالعه پیشنهاد شد، گروه کار موضوع «احداث شبکه زهکشهای (لوله‌ای) زیرزمینی» را برگزید.

دلیل روشن برای این گزینش تأثیری است که این سیستم زهکشی در افزایش بارآوری اراضی زراعی و کاهش تلفات زمین و مشکلات نگهداری (در مقایسه با زهکشهای روباز) در بردارد. جلوگیری از شورشدن زمین، پایین‌بردن آب زیرزمینی و زدودن نمکهای محلولی که در محدوده رشد ریشه گیاهان زراعی تجمع پیدا کرده است از جمله عملکردهای این سیستم زهکشی زیرزمینی است. از ۲۴۰ میلیون هکتار اراضی فاریاب در سطح کره زمین، ۱۵۰ میلیون هکتار آن زهکشی می‌شود. مساحت زمینهایی که به زهکشهای زیرزمینی مجهز است به درستی معلوم نیست ولی بدیهی است که احداث زهکشهای زیرزمینی بطور فزاینده‌ای رو به گسترش است.

کمیسیون بین‌المللی قبلاً تجربیات و روشهای کار متداول در کشورهای مختلف برای طراحی زهکشهای روباز و نیز زهکشهای زیرزمینی را گردآوری و به ترتیب در سالهای ۱۹۸۴ و ۱۹۸۷ منتشر ساخته است. نشریه حاضر، راهنمایی برای احداث زهکشهای زیرزمینی افقی است که شامل لوله‌های زیرزمینی و یا زهکشهای روباز برای کنترل سطح آب زیرزمینی می‌باشد و علاوه بر ارائه معیارها و توصیه‌های عمومی برای احداث این نوع زهکشها، انواع مصالح، ماشین‌آلات و روشهای احداث و مدیریت آنها را مورد بحث قرار می‌دهد.

انتشار این کتاب اولین گام برای اشاعه تجربیات موجود در زمینه احداث سیستم زهکشی زیرزمینی است و ضروری است که همگام با پیشرفت فنون و گسترش امکانات ماشینی بصورت دوره‌ای مورد تجدیدنظر قرار گیرد.

از آقای ا. شولتز، سرپرست گروه کار «احداث شبکه زهکشی» و همکاران ایشان در گروه به خاطر توجه و اهتمامی که برای انتشار کتاب داشته‌اند سپاسگزارم، از آقایان آ.کلگز، ژ.بومنز، ب.بروتون، پ.هتسن و پ.مولینیه اعضاء کمیته بازنگری نیز متشکرم.

از اقدامات آقای ک.ن.شارما معاون دبیر کل کمیسیون برای بازبینی متن نشریه و از آقای س.پ.گویال برای تدارک چاپ و انتشار کتاب سپاسگزاری می‌نمایم.

ر.س.وارشنی
دبیر کل کمیسیون

فهرست

عنوان ..... صفحه

فصل اول ۱
مقدمه ۱
فصل دوم ۳
سیستمهای زهکشی زیرزمینی در جهان ۳
۲-۱ تاریخچه زهکشی ۳
۲-۲ انواع سیستم‌های زهکشی ۵
ترانشه‌ها ۷
انهار زهکشی ۹
زهکشهای لانه موشی ۱۰
آرایش شبکه زهکش ۱۲
۲-۳ بررسی وضعیت زهکشی زیرزمینی در جهان ۱۵
منابع مورد استفاده ۲۰
فصل سوم ۲۳
اصول طراحی ۲۳
۳-۱ جانمایی سیستمهای زهکشی ۲۳
سیستم زهکشهای مزرعه ۲۳
انتخاب زهکشهای لوله‌ای ،ترانشه‌ها یا انهار به عنوان زهکشهای مزرعه .. ۲۴
سیستمهای منفرد و مرکب ۲۶
سیستم زهکشهای اصلی ۲۸
آرایش زهکشهای اصلی ۲۸
خروجی سیستم زهکشی و تخلیه‌گاه ۳۰
۳-۲ طراحی سیستم زهکشی ۳۱

مطالعات زهکشی ۳۳
مطالعات مرحله شناسائی ۳۳
مطالعات مرحله نیمه تفضیلی ۳۴
مطالعات تفصیلی ۳۵
ضوابط طراحی عمق و فاصله زهکشها ۳۶
زهکشی خارج از فصل زراعی ۳۷
زهکشی در فصل زراعی ۳۸
زهکشی برای کنترل شوری ۳۸
فرمولهای تعیین عمق وفاصله زهکشها ۴۱
فرمولهای زهکشی برای شرایط ماندگار ۴۲
فرمولهای زهکشی برای شرایط ناماندگار ۴۴
حالت غرقابی ۴۹
افت ورودی ۴۹
طول زهکشها ۵۰
عمق زهکشها ۵۱
شیب زهکشها و سرعت جریان ۵۱
اندازه لوله‌های زهکش ۵۲
منابع مورد استفاده ۵۴
فصل چهارم ۵۹
مصالح زهکشی ۵۹
۴-۱ لوله‌های زهکشی ۵۹
۴-۲ معیارهای انتخاب لوله‌های زهکشی ۶۵
۴-۳ ساختمانهای تیپ در سیستم زهکشی زیرزمینی ۷۰
۴-۴ چشم‌انداز تحولات آینده در مصالح زهکشی ۷۶
منابع مورد استفاده ۷۹

فصل پنجم ۸۱
تجهیزات و ماشین‌آلات زهکشی ۸۱
۵-۱ ماشینهای حفاری و خاکبرداری زهکشها ۸۱
۵-۱-۱ خیش‌های زهکشی ۸۳
ماشینهای ترنچلس ۸۷
۵-۱-۲ ماشینهای ترنچر ۹۱
ترنچرهای زنجیری ۹۴
ترنچرهای گردونه‌ای ۹۵
ماشین کانال‌کنی (خاکبرداری با مقطع ذوزنقه‌ای) ۹۶
۵-۱-۳ ابزارهای احداث زهکش لانه موشی ۹۷
۵-۱-۴ دراگلاین ۹۸
۵-۱-۵ بیل‌های مکانیکی ۱۰۰
۵-۲ ابزارهای کنترل عملیات ساختمانی ۱۰۵
۵-۳ ماشینها و ابزارهای کمکی ۱۰۷
۵-۴ ماشینهای نگهداری ۱۱۱
۵-۵ ابزارهای بازرسی زهکشها ۱۱۳
منابع مورد استفاده ۱۱۵
فصل ششم ۱۱۷
شیوه‌های احداث شبکه زهکشی زیرزمینی ۱۱۷
۶-۱ استانداردهای اجرائی ۱۱۸
۶-۲ کارگذاری زهکشهای زیرزمینی، جمع‌کننده‌ها و زهکشهای اصلی ۱۱۸
۶-۲-۱ انتخاب تجهیزات ۱۲۱
۶-۲-۲ کارگذاری زهکشهای مزرعه ۱۲۴
نصب زهکش در زیر سطح آب زیرزمینی ۱۳۶
۶-۲-۳ اجرا و کارگذاری زهکشهای جمع کننده و اصلی ۱۳۹

۶-۳ هدایت ماشین‌آلات و تجهیزات حفاری و نصب لوله زهکش ۱۴۱
۶-۳-۱ پیاده کردن مسیرها ۱۴۱
۶-۳-۲ کنترل عمق و شیب نصب لوله ۱۴۳
۶-۳-۳ بررسی لوله‌های نصب شده ۱۴۶
۶-۴ احداث سازه‌ها ۱۴۸
منابع مورد استفاده ۱۵۰
فصل هفتم ۱۵۵
مدیریت اجرا و نگهداری سیستم زهکشی ۱۵۵
۷-۱ برنامه‌ریزی و سازماندهی تشکیلات برای اجرا و نظارت ۱۵۵
زمان احداث ۱۵۵
پیوستگی و ارتباط بین کارهای مختلف ۱۷۱
حل مسائل و مشکلات ۱۷۱
۷-۲ نظارت ، بازرسی و پیگیری کارها (رفتار سنجی) ۱۷۲
۷-۲-۱ عواملی که بطور معمول سبب عملکرد نامطلوب سیستم زهکشی می‌شود ۱۷۳
۷-۲-۲ بررسی عملکرد زهکشهای زیرزمینی ۱۷۵
کارگزاری فشار سنج برای اندازه‌گیری بار هیدرولیک در آب زیرزمینی . ۱۸۲
۷-۳ نگهداری زهکشهای زیرزمینی ۱۸۵
روشهای نگهداری ۱۸۵
منابع مورد استفاده ۱۸۷
فصل هشتم ۱۸۹
تجزیه و تحلیل هزینه - درآمد ۱۸۹
۸-۱ تجزیه و تحلیل ۱۸۹
روشهای متداول بررسی عدم قطعیت ۱۹۰
هزینه‌ها ۱۹۱
درآمدها ۱۹۶

۸-۲ مثالهای تجربی ۲۰۴
۸-۲-۱ مصر ۲۰۴
۸-۲-۲ فرانسه ۲۱۲
۸-۲-۳ هلند ۲۱۹
فهرست منابع ۲۲۴

پیوستها

پیوست شماره ۱ ..... ۲۲۷
فرهنگ لغات واصطلاحات مربوط به زهکشی زیرزمینی ۲۲۷
پیوست شماره ۲ ..... ۲۵۹
پرشسنامه مربوط به کارگذاری لوله‌های زهکشی ۲۵۹
پیوست شماره ۳ ..... ۲۶۱
استاندارد آلمان *(DIN)* در رابطه با کارگذاری سیستم‌های زهکشی زیرزمینی ۲۶۱
پیوست شماره ۴ ..... ۲۶۵
استفاده از دستگاه کنترل شیب لیزری در کارگذاری سیستمهای زهکشی زیرزمینی ۲۶۵
پیوست شماره ۵ ..... ۲۷۳
روش کارگذاری زهکشهای زیرزمینی در پولدرایسلمیر در هلند..... ۲۷۳
پیوست شماره ۶ ..... ۲۷۹
نمونه‌ای از تشکیلات اجرای سیستم‌های زهکشی در فرانسه ۲۷۹
پیوست شماره ۷ ..... ۲۸۵
نمودار برنامه برای اجرای زهکش زیرزمینی ۲۸۵
پیوست شماره ۸ ..... ۲۸۹
انتشارات کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی ۲۸۹

فصل اول

مقدمه:

مجموع اراضی زیرکشت بر روی کره زمین حدود ۱۵۰۰ میلیون هکتار است. از این مقدار حدود ۲۴۰ میلیون هکتار آبیاری و حدود ۱۵۰ میلیون هکتار زهکشی می‌شود. سیستم‌های زهکشی در اراضی مذکور شامل زهکش‌های سطحی و زیرزمینی می‌باشد.

سیستم زهکشهای زیرزمینی به منظورهای زیر احداث می‌گردد:

- بهسازی اراضی مزروعی
- جلوگیری از شورشدن اراضی
- پائین آوردن سطح آب زیرزمینی و زدودن املاح جمع شده درخاک

بسته به شرایط خاک و خصوصیات هیدرولوژیکی و اقلیمی یک منطقه ممکن است یک یا چند منظور فوق مدنظر باشد.

تعاریف متعددی برای سیستم‌های زهکشی زیرزمینی بیان شده است که متداول‌ترین آنها عبارتست از:

- هر سیستم افقی اعم از روباز یا لوله‌های زیرزمینی که برای کنترل سطح آب زیر زمینی طراحی و اجرا گردد(FAO).
- سیستمی ، اعم از مصنوعی یا طبیعی که آبهای زیرسطح زمین را زهکشی کند(ICID).

گروه کار برای تدوین این نشریه، تغییراتی در تعاریف موجود داده و نهایتاً تعریف زیر را برای سیستم زهکشی زیرزمینی ارائه نموده است:

«هر سیستم زهکشی (چاه، زهکش روباز، لوله زیرزمینی) که به منظورکنترل سطح آب زیرزمینی طراحی گردد»

علاوه بر این برای تفکیک بین زهکشی زیرزمینی افقی و عمودی تعریف زیر را ارائه داده است:

- سیستم زهکشی زیرزمینی افقی به هر گونه سیستم زهکشی افقی (زهکشهای

روباز و لوله‌ای) گفته می‌شود که برای کنترل سطح آب زیرزمینی طراحی می‌گردد.
- سیستم زهکشی زیرزمینی عمودی شامل چاههای زهکشی است که برای کنترل سطح آب زیرزمینی طراحی می‌گردد.

در نشریه کمیسسون بین المللی آبیاری و زهکشی (ICID) تحت عنوان "روش‌های احداث زهکش‌های عمودی، ۱۹۷۸ "جنبه‌های مختلف مرتبط با چاههای زهکشی مورد بررسی و تشریح قرار گرفته است.

در دهمین کنگره ICID که در آتن در سال ۱۹۷۸ برگزار گردید، درسئوال ۳۴ به مسئله زهکشی تحت دو عنوان زیر توجه شده است.

۱-۳۴ فنون ومهارتهای زهکشی

۲-۳۴ روش‌های اجرای سریع زهکش‌ها در اراضی زراعی.

درنشریه ICID که تحت عنوان «بررسی روشهای طراحی زهکشهای زیرزمینی دراراضی زراعی، درکشورهای مختلف» در سال ۱۹۸۷ منتشر گردید، جنبه‌های گوناگون طراحی سیستم‌های زهکشی زیرزمینی افقی تشریح شده است.

نشریه حاضر، تحت عنوان «راهنمای احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی» حاوی ضوابط و توصیه‌های عمومی است که از جنبه‌های مختلف برای احداث این نوع سیستم با اهمیت تلقّی شده است. دراین راهنما که با شرحی از تاریخچه و انواع سیستم‌های زهکشی درجهان شروع شده، مروری گذرا و مختصر بر روی جنبه‌های طراحی زهکشهای زیر زمینی صورت گرفته و مطالبی درباره مصالح و تجهیزات احداث زهکش‌ها مطرح شده است. در دیگر فصول کتاب توصیه‌هائی در زمینه روشهای ساختمانی، بهره‌برداری و مدیریت ارائه شده و در خاتمه راجع به تحلیل سود و زیان پروژه‌ها مطالبی بیان گردیده است.

گروه کار همچنین کوشش نموده تا فهرستی از اصطلاحات و لغات مرتبط با زهکشی زیرزمینی را تهیه و در ضمیمه شماره یک ارائه نماید.

فصل دوم

سیستمهای زهکشی زیرزمینی در جهان

۲-۱ تاریخچه زهکشی

احتمالاً زهکشی نیزقدمتی همانند کشاورزی دارد. در کتابی که حدود ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد در چین نوشته شده، نقشه‌هایی از سیستم‌های زهکشی مشاهده شده است. فنون زهکشی زیرزمینی در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد توسط بابلیان شناخته شده بوده و چنین بنظر می‌رسد که آنهااز لوله‌های گلی جهت زهکشی مزارع خود استفاده می‌کرده‌اند. هرودوت [1] مورخ یونانی در ۴۰۰ سال قبل از میلاد نیز اشاراتی به کاربرد زهکشی در دره نیل دارد. بنظر می‌رسد یونانیان همزمان با مصریان از زهکشهای مزرعه برای احیاء اراضی استفاده کرده باشند. در میسنا [2] (واقع در یونان) اسنادی مربوط به طرحهائی از شبکه زهکشی سطحی و زیرزمینی جهت زهکشی اراضی پست پیدا شده است. در قرن دوم قبل از میلاد، کاتو [3] اولین دستورالعمل‌های مکتوب درزمینه زهکشی اراضی را تدوین نمود. پلینی [4] در قرن اول قبل ازمیلاد نوشته‌است که: زهکشهای زیرزمینی را می‌توان از طریق پرکردن نیمی ازیک ترانشه با قلوه سنگ یاشن یا ترکه‌های به هم بافته شده درختان و پوشاندن آنها با خاک حاصل از حفاری، احداث کرد. تقریباً همزمان با پلینی، کلیوملا [5] پیشنهاد نمود که زهکشهای زیرزمینی درعمق ۱ متری تعبیه گردد (Framji , Grag Kushish - 1987). رومیان به اهمیت اطلاعات مربوط به خاک به عنوان پایه طراحی زهکشی و فواید زهکشی سطحی و زیرزمینی پی‌برده بودند.

1- Herodotus

2- Mycenae

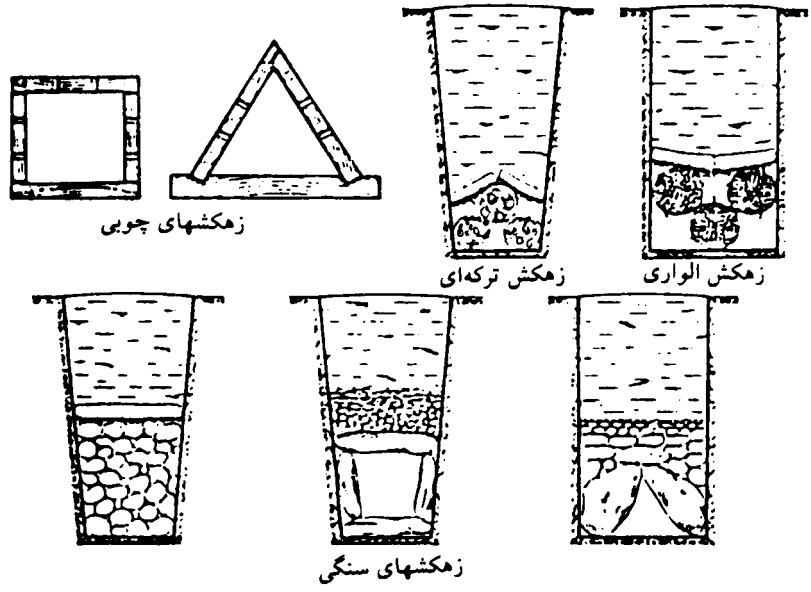
3- Cato

4- Pliny

5- Columella

مهارتهای علمی و مهندسی که توسط مصریان، یونانیان و رومیان برای احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی اشاعه یافته بود عمدتاً به سرعت از بین رفت. تااینکه پیشرفتهای علمی و اختراع یا تکمیل ابزارهای مکانیکی در قرون هفدهم و هجدهم، موجب تحول و بهبود روشهای طراحی واحداث زهکشهای سطحی گردید. زهکشهای زیرزمینی آنچنان که امروز متداول است، اولین بار درسال ۱۸۱۰ درکامبرلند شمالی [1] در انگلستان بکارگرفته شد و متعاقب آن در قاره اروپا اشاعه یافت.

زهکشهای اولیه بااستفاده از مواد و مصالح محلی از قبیل چوب، ترکه‌های دسته شده، شن، سنگ یا مصالح مشابه ساخته می‌شد.



شکل ۲-۱ نمونه‌هایی از زهکشهای زیرزمینی قدیمی

1- Northcumberland

در سال ۱۸۴۵ تولید تنبوشه‌های سفالی در انگلستان آغاز گردید و چندسال بعد دستگاه های ساخت تنبوشه‌های سفالی در آلمان و سایر کشورهای اروپائی شروع بکار کردند. شبکه های بزرگ زهکشی با استفاده از لوله‌های سفالی (تنبوشه‌ها) بویژه دراراضی ساحلی شمال اروپا و اروپای شرقی احداث گردید. همه این زهکشها با نیروی کارگر و به روش دستی حفرو کارگذاری شد. اولین دستورالعملهای فنی که در این زمان برای احداث شبکه زهکشی در منطقه سیلسیا[1] تدوین شده هنوز در دسترس می‌باشد.

در حدود سال ۱۹۰۰ در ایالات متحده استفاده از تنبوشه‌های بتنی متداول شد. لوله‌های پلاستیکی با جداره ضخیم برای زهکشی زمینهای زراعی، برای اولین بار در دهه ۱۹۴۰ مورد استفاده قرار گرفت، لیکن هزینه آنها قابل رقابت با تنبوشه‌های سفالی و بتنی نبود. در اوایل دهه ۱۹۶۰ لوله‌های پی وی سی با جداره صاف و دیواره نازک و لوله‌های پلاستیکی خرطومی[2] ابداع شد که نسبتاً ارزان بود. کاربرد لوله‌های پلاستیکی خرطومی برای زهکشی به سرعت جایگزین تنبوشه‌های سفالی و بتنی گردید.

پیشرفت‌های حاصله برای ساخت لوله‌های قابل انعطاف که باعث می‌شود قسمت عمده بارهای وارد شده به زمین به مصالح پوششی، (که پیرامون لوله را در بر می‌گیرد) منتقل شود، طویل تر شدن زهکشها، استفاده از ماشینهای زهکشی (ترنچر)[3] و (ترنچلس)[4] که با سرعت زیاد کار می‌کند، و کاربرد دستگاههای لیزری برای کنترل شیب، فنون و روشهای زهکشی را در دو دهه گذشته بطور چشمگیری دگرگون ساخته است.

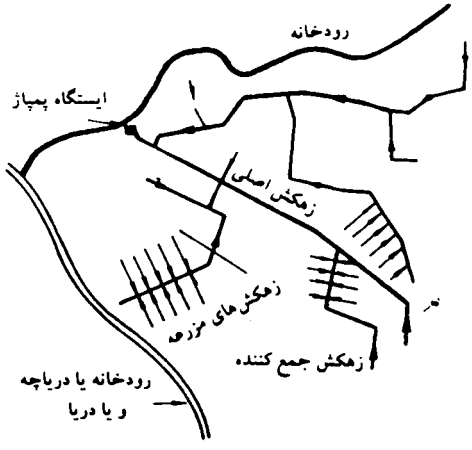
۲-۲ انواع سیستم های زهکشی

هر سیستم زهکشی بطور معمول شامل مجموعه‌ای از زهکشهای زیرزمینی و زهکشهای سطحی است. زهکشهای زیرزمینی، شبکه‌ای از زهکشهای روباز مزرعه[5] یا

1- Silesia
2- Corrugated
3- Trencher
4- Trenchless Plow
5- Open field drains

لوله‌های زیرزمینی است که مستقیماً آب مازاد را از مزارع و قطعات زراعی جمع آوری و به سمت سیستم زهکشهای روبازی هدایت می‌کند که این آبها را از منطقه خارج می‌سازد. زهکشهای اخیر باید امکانات مطمئنی را برای تخلیه جریان زهکشهای زیرزمینی بوجود آورد. شبکه زهکشهای موجود در هر سیستم زهکشی را می‌توان در سه گروه طبقه‌بندی نمود (شکل ۲-۲).

- **زهکشهای مزرعه یا لترالها**[1]، که نوسانات سطح آب زیرزمینی را کنترل می‌کند و در بعضی موارد ممکنست رواناب سطحی را نیز جمع‌آوری نماید.
- **زهکشهای جمع کننده**[2]: جریان زهکشهای مزرعه به زهکشهای جمع‌کننده تخلیه می شود که به عنوان انتقال دهنده آب عمل می نماید. در بعضی موارد ممکنست این زهکشها، جریانهای سطحی را نیز دریافت و تخلیه نماید.
- **زهکشهای اصلی**[3]: جریان آب زهکشهای جمع کننده به زهکشهای اصلی تخلیه شده واز این طریق به سمت تخلیه گاه انتهائی منطقه هدایت می‌شود. در بعضی موارد ممکن است شبکه زهکشهای اصلی خود مشتمل بر مجموعه‌ای از زهکشهای درجه یک و دو و زهکشهای فرعی و جانبی باشد.



شکل ۲-۲- نمایش آرایش یک سیستم زهکشی

1- Field drains , Farm drains, Laterals 2- Collector drains

3- Maindrains

برای اینکه سیستم زهکشی بتواند بخوبی عمل نماید، بایستی شرایط بگونه‌ای فراهم گردد که جریان آب آن بتواندبه آسانی تخلیه شود. در مناطقی که سطح آب رودخانه یا دریاچه‌ی محل تخلیه‌ی زه آبها،گاهگاه و یا بطور پیوسته بالاتر از سطح آب در زهکشهاست، تحقق این امر ممکن نمی‌باشد. دزاین شرایط اتصال زهکش به محل تخلیه معمولاً از طریق دریچه های یک طرفه[1] صورت می‌گیرد. تازمانیکه سطح آب در تخلیه گاه به اندازه کافی پایین است دریچه باز بوده و جریان تخلیه می‌شود، و هرگاه سطح آب در تخلیه‌گاه بالاباشد دریچه بسته می‌شود. چنانچه سطح آب بطور پیوسته بالا باشد، استفاده از پمپ برای تخلیه ضرورت می‌یابد. گاهی برای جلوگیری از پخش سیلاب لازم می‌شود تا در گرداگرد اراضی زهکشی شده خاکریزهایی[2] احداث شود. درهلند اراضی سواحل کم عمق دریا که بوسیله احداث خاکریزهای آب بند استحصال شده و تحت کنترل کامل یک سیستم زهکشی قرار دارد، بنام "پولدر"[3] نامیده می‌شود.

سیستم زهکشهای زیرزمینی ممکنست شامل یک یا همه انواع زیر باشد:

-زهکشهای روباز مزرعه[4]: ترانشه‌ها یا انهار زهکشی

-زهکشهای لوله‌ای[5]: شامل لوله‌های پلاستیکی، سفالی یا بتنی ،که درعمق معینی در زیرزمین نصب می‌شود.

-زهکشهای لانه موشی[6]: مجاری پوشش نشده زیرزمینی

جنبه‌های مختلف طراحی، اجرا و عملکرد لوله‌های زهکشی درفصول آینده مورد بحث قرار می‌گیرد و دراین بخش سایر انواع زهکشها بطور مختصر شرح داده می‌شود.

ترانشه‌ها[7]

ترانشه‌ها معمولاً انهارکم عمقی است که به موازات هم حفر می‌گردد و به مثابه

1- Sluice or flap gates

2 - Dikes

3 - Polder

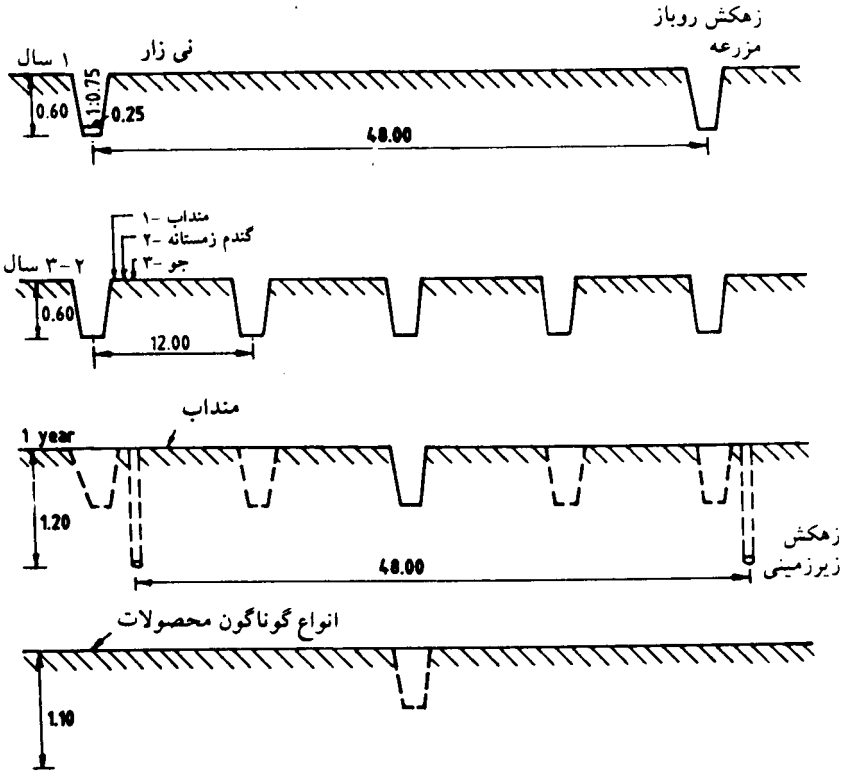
4- Open field drains

5- Pipe drains

6- Mole drains

7- Trenches

زهکشهای زیرزمینی عمل می‌نماید. عمق آنها تا ۰/۶ متر زیر سطح زمین می‌رسد. از ترانشه‌ها می‌توان برای زهکشی درخاکهای پیت[1] (آلی) یا خاکهای رسی متورم شونده استفاده نمود. مثال خاص دراین زمینه، کاربرد موقتی ترانشه‌ها برای احیاء اراضی در پولدرهای ایسلمیر[2] واقع در هلند می‌باشد. دراین علمیات قبل از اینکه زهکشهای زیر زمینی احداث گردد، از ترانشه های کم عمق برای تخلیه زه آبهاو آماده شدن زمین استفاده میشود (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳- کاربرد موقتی ترانشه‌ها در پولدرهای ایسلمیر هلند
طی دوره احیاء اراضی
(Schultz,1988 - Schultz, Verhoeven, 1987)

1- Peat soils

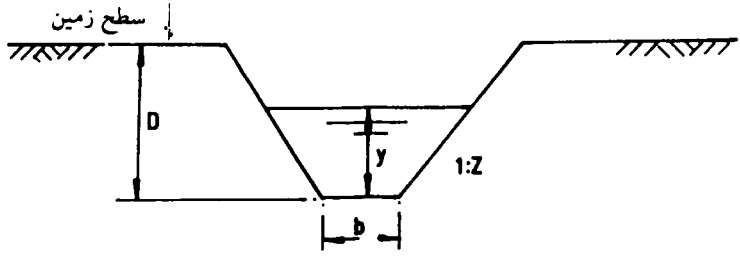
2- Ijsselmeer Polders

انهار[1] زهکشی

انهار زهکشی را می‌توان به منظورهای گوناگون ودر طرح‌های مختلفی احداث نمود. اگر عمق آنها حدود ۱/۵- ۱ متر زیرسطح زمین باشد، می تواند همانند زهکشهای زیرزمینی عمل نماید[2]. در اینصورت فواصل و عمق آنها باکمک همان فرمولهائی که برای طراحی سیستم‌های زهکشی لوله‌ای بکار برده می‌شود تعیین می‌گردد.

اگر نهر های زهکشی جمع کننده باشد، فواصل آنها بوسیله پارامترهایی از قبیل اندازه مزارع یا طول زهکشهای مزرعه تعیین می‌شود. در اراضی مسطح با شبکه زهکشهای منفرد[3]، فواصل انهار غالباً در حدود ۲۰۰ تا ۵۰۰ متر است. سطح آب در انهار جمع کننده می‌باید زیر عمق تخلیه زهکشهای لوله‌ای حفظ شود. چنانچه ظرفیت تخلیه مورد نیاز و نوع خاک شناخته شده باشد، مقطع عرضی، شیبهای جانبی، شیب طولی و سازه‌ها، برای زهکشهای جمع کننده و زهکشهای اصلی با روش مشابهی محاسبه و انتخاب می‌گردد.

محاسبات برای تعیین ابعاد مورد نیاز در انهار زهکشی غالباً به مقادیری آنچنان کوچک منتج می‌شود که از نظر اجرا و نگهداری نامتعارف و غیرعملی است و بدین سبب در عمل ابعاد انهار زهکشی از حدود معینی کمتر گرفته نمی شود. شکل ۲-۴ مقطع عرضی تیپ یک نهر زهکشی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴- مقطع عرضی تیپ نهر زهکشی

1- Ditches

۲- در شرایط متداولِ اروپا.م

۳- نک به فصل سوم ، بخش ۳-۱

اندازه‌های و ابعاد متداول مقطع بشرح زیر است.

عرض کف (b) : ۰/۵ متر

عمق (D) : به گونه‌ای محاسبه می‌شود که سطح آب حدود ۰/۵ تا ۰/۴ متر زیرمحل ریزش زهکش‌های لوله‌ای باشد.

شیب جانبی(z) : خاکهای رسی : ۱:۰/۵ و ۱:۰/۷۵

خاکهای ماسه‌ای: ۱/۵ :۱ تا ۱:۲

موقعیت انهار با در نظر گرفتن عوامل متعددی تعیین و انتخاب می‌شود. دربعضی موارد انهار جمع کننده به عنوان محدوده بین مالکیت‌های اراضی نیز عمل می‌کند، لیکن درهر حال این انهار می‌بایستی در پست‌ترین قسمت اراضی احداث شود تا حداقل حفاری را لازم داشته باشد.

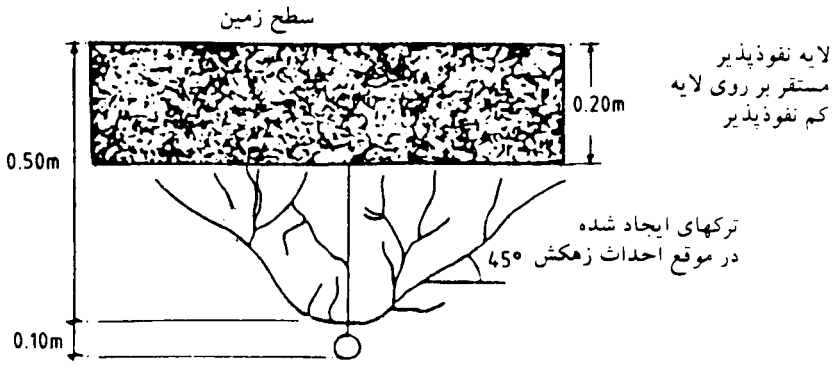
زهکشهای لانه موشی

زهکشهای لانه موشی مجاری پوشش نشده زیرزمینی است که بوسیله خیش‌های مخصوص احداث می‌شود. این زهکشها بویژه برای خاکهای رسی ومتراکم با نفوذپذیری کم، مناسب است. هدف اصلی ازاحداث این نوع زهکشها تخلیه آب اضافی از قشر سطحی خاک می‌باشد. آب عمدتاً ازمیان درز و شکافهایی که هنگام احداث زهکش‌های لانه موشی ایجاد می‌شود بداخل مجرا جریان می‌یابد. (شکل ۲-۵)

طول مناسب این زهکشها بسته به نوع خاک و شکل زمین بین ۲۰ تا ۸۰ متر است وبر حسب تجربه تعیین می‌گردد. مجاری لانه موشی با عملکرد خوب با عمر بیشتر از ۲۰ سال درخاکهای پایدار رسی آهکی مشاهده شده است. لیکن به عنوان یک قاعده عمومی لازم است هر ۳ تا ۷ سال، زهکشها مجدداً بازسازی شود. در بعضی خاکهای رسی این زهکشها بیشتر از یک سال کار نمی‌کند.

توقف جریان آب در داخل مجاری زهکشهای لانه‌موشی باعث ریزش دیواره‌ها و تخریب نابهنگام زهکش می‌گردد. بنابراین تامین شیب کافی و تخلیه گاه خوب برای پیشگیری از این عوارض واجد اهمیت است. درعین حال شیب زیاد ممکنست سبب فرسایش مجرا یا درصورت طویل بودن زهکش سبب تخریب آن شود. شیب مطمئن

درمحدوده ۰/۲ - ۰/۳ درصد می‌باشد.



شکل ۲-۵- جریان آب به داخل زهکشهای لانه موشی
(Smedema & Rycroft - 1983)

چنانچه شیب زمین متناسب باشد، زهشکهای لانه موشی معمولاً در جهت شیب زمین احداث می‌شود. فقط بعضی از خیش‌های مخصوص احداث مجاری لانه موشی[1] امکان ایجاد شیب منظم و صحیح را فراهم می‌نماید. در هر حال زمانیکه سطح اراضی نسبتاً ناهموار باشد، ایجاد پاره‌ای بی‌نظمی‌ها در شیب مجاری احداث شده دور از انتظار نیست.

جریان زهکشهای لانه موشی را می‌توان بصورت حفاظت نشده[2] یا باحفاظ[3] مستقیماً دریک زهکش جمع کننده تخلیه کرد. برای حفاظت محل تخلیه می‌توان از یک لوله بطول ۱ تا ۲ متر که بداخل مجرا فروبرده شده است استفاده کرد. روش بهتر این است که جریان مجاری لانه موشی را از طریق احداث ترانشه‌های قابل نفوذ که بصورت متوالی در جهت عمود بر مجاری لانه موشی احداث می‌شود جمع آوری و تخلیه نمود (شکل ۲-۶). بدین ترتیب برای زهکشهای لانه موشی، تخلیه گاه مطمئن ایجاد شده و این امکان را بوجود

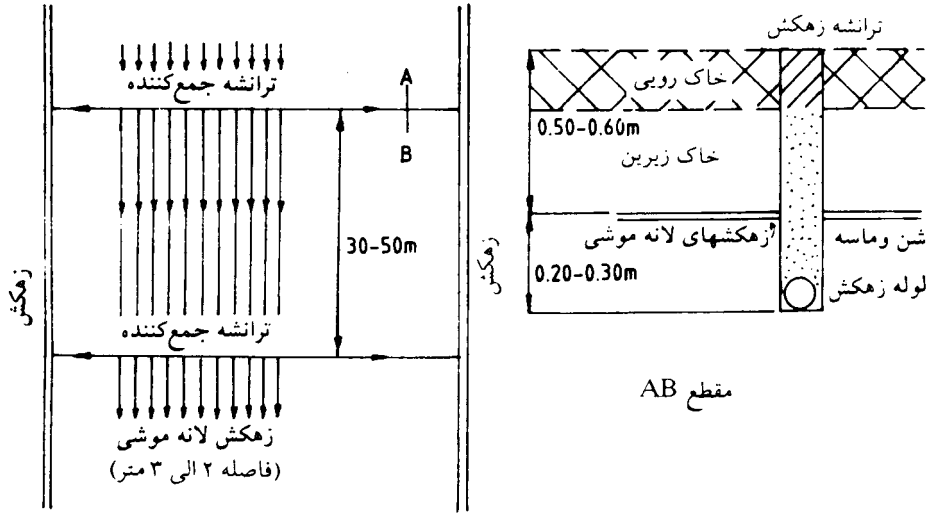
1- Mole ploughs

2- Unprotected

3- Protected

می‌آورد که در مزارع وسیع این نوع زهکشها را در طولهای کوتاه‌تر احداث نمود. برای این منظور ابتدا ترانشه‌های زهکشی و سپس زهکشهای لانه موشی بصورت متقاطع با ترانشه‌ها احداث می‌شود. ترانشه‌ها می‌تواند بطور موازی و در فواصل معین از هم احداث شود یابه تبعیت از توپوگرافی زمین در انتهای مزرعه و نقاط گود به هم برسد. ترانشه‌ها به لوله زهکشی تجهیز شده و روی لوله تا بالای مجرای لانه موشی با شن و ماسه پر می‌شود تا تخلیه آب از زهکش لانه موشی به داخل لوله زهکش بسهولت انجام گیرد.

زهکشهای لانه موشی بطور معمول نسبت به بارندگی به سرعت عکس العمل نشان می‌دهد. میزان تخلیه نیز می‌تواند قابل توجه باشد. از اینرو ضروری است که هدایت هیدرولیکی شن و ماسه مورد استفاده زیاد باشد. شن و ماسه بایستی تمیز بوده و قطر آنها از حدود ۳ تا ۵ میلیمتر کمتر نباشد. همچنین لوله زهکشی بایستی برای جوابگویی به عکس‌العمل سریع در برابر بارندگی ظرفیت کافی داشته باشد.



شکل ۲-۶- تخلیه زهکشهای لانه موشی به ترانشه‌های زهکشی

آرایش شبکه زهکشی

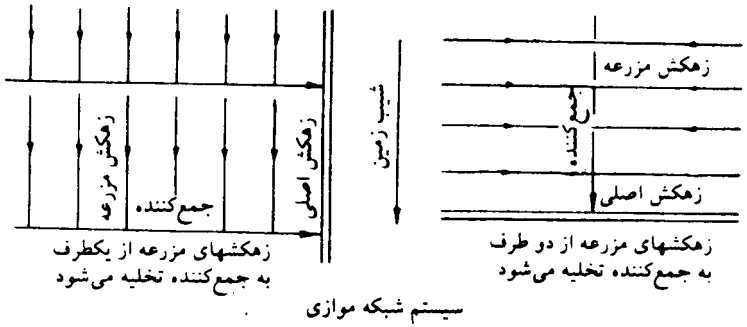
آرایش زهکشهای مزرعه و جمع کننده‌ها در وهله اول بوسیله توپوگرافی اراضی

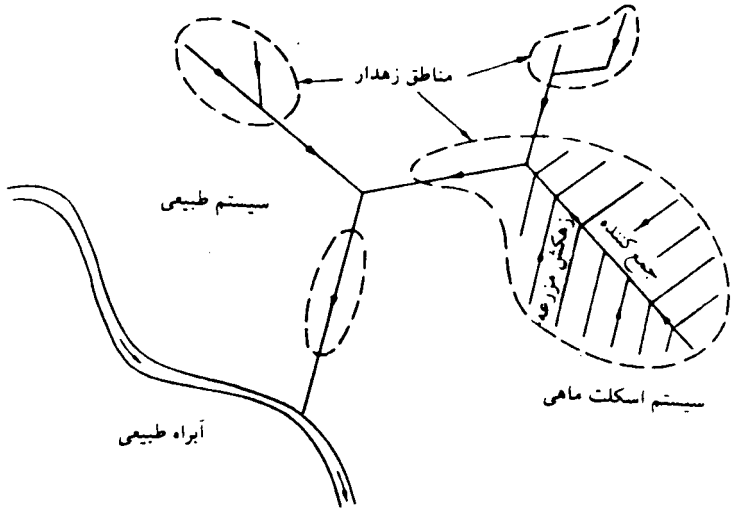
موردنظر برای زهکشی تعیین می‌شود. زهکشها می‌تواند با الگوهای گوناگون زیر آرایش داده شود:

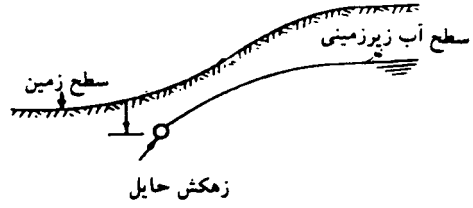
- **شبکه نامنظم(طبیعی)**[1]: این نوع شبکه بندی در مناطقی بکاربرده می‌شود که درتعدادی از نقاط پست وگود آن حالت‌ماندابی به وجودمی‌آید. زهکشها در مسیر خط القعرها عبورکرده ونقاط گود را بهم متصل می‌کند (شکل ۲-۷).
- **شبکه موازی**[2]: این آرایش، دراراضی مسطح یا تقریباً مسطح معمول است. در مناطقی که شیب طبیعی کافی باشد، زهشکهای مزرعه تقریباً در امتداد خطوط تراز زمین آرایش می‌شود. در مناطقی که شیب اراضی کافی نباشد، زهکشهای مزرعه از طریق افزایش عمق نصب به سمت جمع‌کننده‌ها شیب داده می‌شود (شکل‌های ۲-۷ و۲-۸). شیب متداول معادل ۰/۱ متر در ۱۰۰ متر طول زهکش بوده و حداکثر طول زهکش بندرت از ۲۵۰ متر تجاوز می‌نماید، هر چند که گرایش عمومی برای افزایش آن وجود دارد.
- **شبکه شانه‌ای (استخوان ماهی)**[3]: در این نوع آرایش، جمع کننده‌ها در جهت شیب اصلی و زهکشهای مرزعه با زاویه کمی نسبت به خطوط تراز طوری قرار می‌گیرند که لوله‌ها با حفظ عمق ثابتی از سطح زمین رو به سمت زهکشهای جمع کننده شیب پیدا نماید. شبکه‌های شانه‌ای ممکن است دراراضی تپه‌ماهوری و غیر مسطح که بخشی از مزارع نیاز به زهکشی دارد، مورد استفاده قرار گیرد.
- **زهکشهای حائل**[4]: این زهکشها، جریان‌های نشت زیرزمینی در اراضی شیب دار را جمع آوری می‌نماید. این زهکشها بطور معمول در محل تلاقی اراضی شیبدار با زمینهای مرطوب و زهدار تعبیه می‌گردد.

در زمینه مسائل مختلف سیستم‌های زهکشی زیرزمینی، کتابهای متعددی منتشر شده است. نام نویسندگان و عناوین این کتابها درلیست منابع و مآخذ این فصل ارائه گردیده است.

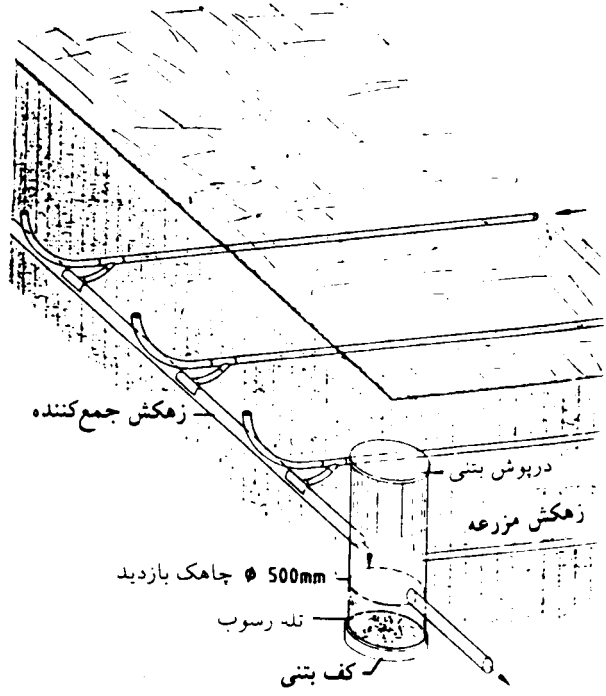
1- Natural system
2- Parallel grid system
3- Herring bone system
4- Interception drains







شکل ۲-۷ الگوهای آرایش شبکه های زهکشی



شکل ۲-۸ سیستم زهکشی مزرعه

۲-۳ بررسی وضعیت زهکشی زیرزمینی در جهان

براساس تعریف ارائه شده در مقدمه، سیستم زهکشی زیرزمینی ممکن است بصورت زهکشهای روباز و یا زهکشهای لوله‌ای باشد. دراین قسمت با تاکید و توجه ویژه به زهکشهای لوله‌ای، نگاهی کلی و اجمالی به وضعیت و چگونگی اجرای زهکشهای زیرزمینی در جهان انداخته شده است.

بمنظور کسب اطلاعات در زمینه اجرای زهکشهای لوله‌ای ، پرسشنامه‌ای به کمیته‌های ملی کشورهای مختلف عضو کمیسیون بین المللی آبیاری و زهکشی (ICID) ارسال گردید (پیوست ۲). در مرحله بعدی براساس اطلاعات مقدماتی کسب شده ، اطلاعات اضافی مورد نیاز از طریق کمیته‌های ملی یادشده جمع آوری گردید. اطلاعات مورد بحث

از کمیته‌های ملی از کشورهای زیر گردآوری شده است:

استرالیا	مکزیک	ایتالیا	آلمان	مصر
دانمارک	پاکستان	شیلی	اردن	امریکا
عراق	پرتقال	رومانی	ترکیه	چک‌اسلواکی
لهستان	کانادا	هلند	چین	مجارستان
بلژیک	اتیوپی	تایوان	فرانسه	فلسطین‌اشغالی

کمیته‌های ملی کشورهای برزیل، قبرس، کنیا، مالزی وتایلند در پاسخ به پرسشنامه اعلام داشتند که در کشورهای مذکور زهکشهای لوله‌ای نصب نشده یا اینکه اطلاعات مربوطه در دسترس نبوده است.

براساس پاسخهای دریافت شده از کمیته‌های ملی، جدول ۲-۱ تنظیم گردیده است. از این جدول جمع بندی‌های زیر حاصل گردیده است:

- درسطح دنیا وسعت اراضی‌ای که زهکش‌های لوله‌ای درآنها تعبیه شده است بیشتر از ۳۰ میلیون هکتار است.
- در مقایسه با سیستمهای زهکشی عمودی ، شبکه‌های منفرد[1] و مرکب[2] بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- در اکثر کشورهای مطالعه شده، در حال حاضر از لوله‌های پلاستیکی خرطومی[3] استفاده می‌شود.
- در کشورهای مختلف، پوشش‌های گوناگون به‌کار می‌رود.
- انوع مختلفی از ماشین آلات برای نصب زهکشها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- گرایش زیادی برای استفاده بیشتر از ماشینهای ترنچلس[4] وجود دارد.
- نگهداری زهکش‌ها عمدتاً بوسیله تمیز کننده‌های تحت فشار[5] صورت می‌گیرد.
- در اراضی زهکشی شده ، روش آبیاری جوی و پشته عمومیت داشته است .

1- Single

2- Composite

3- Corrugated plastic pipes

4- Trenchless

5- Jet flusher

جدول شماره ۲-۱ اطلاعات کلی در زمینه شبکه‌های زهکشی لوله‌ای در جهان

کشور	وسعت اراضی زیر پوشش زهکشهای لوله‌ای - هکتار	نوع شبکه	جنس لوله	نوع مصالح پوششی	ماشین‌آلات نصب	دستگاههای نگهداری	روش آبیاری همراه با زهکشی
استرالیا	۵۰۰۰۰	منفرد، ترکیبی	سفالی، PE موجدار PVCساده و موجدار	ماسه درشت و شن، الیاف مصنوعی	ترنچر، بیل مکانیکی، ماشین ترنچلس	میله(بصورت دستی‌ومکانیکی) شستشو و تنقیه ، جتِ آب	نشتی ، غرقابی، بارانی
بلژیک	۶۶۰۰۰	منفرد و ترکیبی	سفالی، PVC موجدار	شن و ماسه ، الیاف مصنوعی	ترنچر، ترنچلس	جتِ آب	
کانادا	۲۵۰۰۰۰۰	انواع شبکه	۹۵٪ PE - ۴٪ تنبوشه‌های سفالی، ۱٪ بتنی	الیاف مصنوعی ازنوع توری نازک	۴۵٪ ترنچلس ۴۵٪ ترنچرهای گردونه‌ای ۱۰٪ ترنچرهای زنجیری	جتِ آب	بارانی و بعضاً آبیاری زیرزمینی
شیلی	۱۵۰۰۰	منفرد	سفالی	شن و ماسه	بیل مکانیکی، دامپر، بولدوزر		نشتی
چین	۱۱۰۰۰۰	منفرد و ترکیبی	سفالی، بتنی، PVC موجدار	مواد آلی، شن وماسه، الیاف‌مصنوعی	دستی، ترنچر، خیشهای لانه موشی	بصورت دستی، جتِ آب	سطحی و آبیاری زیرزمینی
تایوان	۳۰۰۰	منفرد،شبکه‌های افقی و عمودی پراکنده، سیستم دو طبقه‌ای	PVC صاف و موجدار	شن و ماسه، مواد آلی	بیل مکانیکی، ترنچلس خیشهای لانه موشی	دستگاههای شستشو، دستگاههای تحت فشار	نشتی ، کرتی
چک‌اسلواکی	۱۰۰۰۰۰۰	ترکیبی	سفالی،PVC موجدار بولدوزر	شن و ماسه، الیاف مصنوعی	ترنچر، بیل مکانیکی،	جتِ آب	آبیاری زیرزمینی

ادامه جدول شماره ۲-۱ اطلاعات کلی در زمینه شبکه‌های زهکشی لوله‌ای در جهان

کشور	وسعت اراضی زیر پوشش زهکشهای لوله‌ای - هکتار	نوع شبکه	جنس لوله	نوع مصالح پوششی	ماشین‌آلات نصب	دستگاههای نگهداری	روش آبیاری همراه با زهکشی
دانمارک	۱۵۰۰۰۰۰	منفرد و ترکیبی	سفالی و بتنی و PVC موجدار	مواد آلی ، الیاف مصنوعی و شن و ماسه	ترنچرهای زنجیری	جتِ آب	
مصر	۱۳۶۹۲۰۰	ترکیبی	PVC موجدار، بتنی	شن و ماسه	ترنچر، ترنچلس		کرتی ، نشتی
اتیوپی	۳۵	منفرد	PVC موجدار	دانه‌های ساخته شده از خاکستر، شن‌وماسه	بیل مکانیکی،لودر،کامیونهای حمل خاک، بولدزر، گریدر		نشتی
آلمان‌فدرال	۱۵۰۰۰۰۰	با و بدون لوله زیرکنی‌خاک	سفالی، PVC موجدار	پیت - الیاف نارگیل - کاه، الیاف مصنوعی، شن و ماسه	ترنچر -ترنچلس -انواع مختلف ماشین‌آلات زیرکنی خاک	جتِ آب	آبیاری بارانی
فرانسه	۲۰۰۰۰۰۰	انواع شبکه‌ها	سفالی، لوله‌های موجدار	عمدتاً الیاف مصنوعی و شن و ماسه، بعضاً مواد آلی	ترنچر، ترنچلس و لانه موشی	جتِ آب	
مجارستان	۱۸۵۰۰۰	منفرد و ترکیبی	سفالی و PVC موجدار	شن و ماسه، الیاف‌مصنوعی	ترنچر، ترنچلس	جتِ آب	
عراق	۳۰۰۰۰۰	منفرد	PVC موجدار، سفالی، بتنی	شن و ماسه	ترنچر	جتِ آب	بارانی، قطره‌ای
فلسطین	۶۰۰۰	منفرد و ترکیبی	PVC موجدار، بتنی	شن و ماسه، الیاف مصنوعی	ترنچر، ترنچلس	جتِ آب	بارانی، قطره‌ای
ایتالیا	۲۰۰۰۰	منفرد و ترکیبی	سفالی، بتنی و PVC موجدار	الیاف مصنوعی، ماسه درشت، شن و ماسه و الیاف نارگیل	بیل مکانیکی، ترنچر و ترنچلس	دستی - مکانیکی و جتِ آب	سطحی و آبیاری زیرزمینی

کشور	وسعت اراضی زیر پوشش زهکشهای لوله‌ای - هکتار	نوع شبکه	جنس لوله	نوع مصالح پوششی	ماشین‌آلات نصب	دستگاههای نگهداری	روش آبیاری همراه با زهکشی
اردن	۱۰۰۰	ترکیبی	PVC موجدار، بتنی	شن و ماسه	ترنچر، بیل مکانیکی	جتِ آب	سطحی، بارانی و قطره‌ای
مکزیک	۱۵۰۰۰		PVC موجدار، سفالی	شن و ماسه	ترنچر		نشتی
هلند	۶۰۰۰۰۰	منفرد و ترکیبی	PVC موجدار و سفالی	الیاف مصنوعی و مواد آلی	ترنچر -ترنچلس	جتِ آب	بعضاً با روش بارانی و آبیاری زیرزمینی
پاکستان	۸۱۰۷۰	ترکیبی	PVCوPE موجدار	شن و ماسه	ترنچر،بیل مکانیکی،بولدوزر گریدر - گاوآهن	جتِ آب	ثقلی
لهستان	۳۹۰۰۰۰۰	ترکیبی	سفالی، PVC	شن و ماسه، ماسه، نخاله، کاه، پیت، الیاف مصنوعی	ترنچر، گاوآهن، اسکریپر	جتِ آب	
پرتقال	۴۵	منفرد	PVC موجدار	همدتاً ماسه درشت	ترنچر		نشتی
رومانی	۷۴۰۰۰	منفرد و ترکیبی	تنبوشه، PVC، PE	شن و ماسه، الیاف مصنوعی	ترنچر، دستگاههای نصب‌لوله و تنبوشه، بولدوزر	جتِ آب	نشتی و بارانی
ترکیه	۲۰۷۰۰۰	منفرد و ترکیبی	سفالی، PVC موجدار	شن و ماسه	ترنچر، لودر،گریدر،بولدوزر		سطحی، نواری و نشتی
ایالات متحده	۱۵۱۰۰۰۰۰	انواع شبکه‌ها	بتنی، سفالی PVC و PE موجدار	شن و ماسه و تورهای نایلونی	ترنچر و ترنچلس	جتِ آب، تمیزکننده‌های پرفشار	غرقابی و بارانی

منابع مورد استفاده :

Amer.M.H., 1983;
Installation of sub-surface pipe drainage system;
International Commission on Irrigation and Drainage(ICID);
New Delhi, India.

Bureau of Reclamation, 1978;
Drainage Manual; (first edition);
US Department of Interior;
Washington D.C., USA.

Department of Agriculture;
Farm Drainage in the United States;
Publication No. 14-55.

Drainage Engineering, 1978;
Robert E. Krieger;
Publishing Company;
Huntington, USA.

Eggelsmann,R., 1987;
Subsurface drainage instructions;
2nd completely revised edition;
DVWK bulletin No.6;
Verlag Paul Parey;
Hamburg/Berlin,Fedral Republic of Germany.

Framji,K.K., B.C. Garg and S.P. Kaushish (ed.), 1987;
Design practices for covered drains in an agricultural land drainage;
system, a world wide survey;
ICID;
Thomson Press;
New Delhi, India.

ICID, 1978;
Drainage construction techniques for vertical drainage;
New Delhi, India.

International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), 1979;
Drainage principles and applications;
Wageningen, The Netherlands.

Schultz, E. and B.Verhoeven, 1987;
Drainage aspects of the Zuiderzeeproject;
Gerlad Lacey Memorial Lecture, 21 may 1986;
ICID bulletin, volume 36, no.2.

Schultz, E. 1988;
Drainage measures and soil ripening durinng the reclamation of the former seabed in the Ijsselmeerpolders;
ICID, 15th European regional conference on agricultural water management, Horizon 2000;
Proceedings, vol. 1;
Dubrovnik, Yugoslavia.

Smedema, L.K. and D.Rycroft, 1983;
Land Drainage ;
Planning and design of agricultural drainage system;
Batsford Academic and Educational Ltd.
London, United Kingdom.

Soil Conservation Service;
National Engineering Handbook;
Section 16: Drainage;
US. Department of Agriculture;
Washington D.C., USA.

Vos, J. ed., 1987;
Twenty five years of drainage experience;
Proceedings, Symposium 25th international course on land drainage
Publication No. 42;
International Institute for Land Reclamation and Improvement;
Wageningen, The Netherlands.

فصل سوم

اصول طراحی [1]

پیش از پرداختن به جنبه‌های اجرایی و ساختمانی زهکشهای زیرزمینی، در این فصل اصول طراحی این زهکشها به اختصار مورد بحث قرار می‌گیرد. مندرجات این فصل بحثی کلی و مختصر پیرامون عوامل طراحی زهکشی، بویژه عوامل مرتبط با جنبه‌های اجرایی آن بوده و بنابراین نباید به عنوان راهنما و دستورالعمل طراحی تلقی گردد. در زمینه طراحی زهکشی کتابهای مختلفی موجود است که عناوین آنها در فهرست مآخذ و منابع ارائه شده است.

۳-۱ جانمایی [2] سیستمهای زهکشی

در بخش ۲-۲ (فصل دوم) انواع سیستمهای زهکشی تشریح گردید. در این بخش جزئیات بیشتری از جنبه‌های مختلف طراحی جانمایی سیستم زهکشی به تفکیک سیستم زهکشی مزرعه [3] سیستم زهکشهای اصلی [4] و تخلیه‌گاه‌های زهکشی [5] مورد بحث قرار می‌گیرد.

سیستم زهکشهای مزرعه

سیستم زهکشهای مزرعه می‌تواند به صور زیر باشد:

- زهکشهای زیرزمینی لوله‌ای و ترانشه‌ها یا انهار روباز، که هریک می تواند در یکی از الگوهای زیر قرار گیرد:

1- Design references
2- Layout
3- Field drainage system
4- Main drainage system
5- Outlet

- طبیعی
- موازی
- اسکلت ماهی
- حائل
- مجاری زهکش زیرزمینی متقاطع[1] و لانه موشی[2]

سیستمهای زهکشیِ لوله‌ایِ زیرزمینی گاه فقط شامل زهکشهای مزرعه است که هر یک مستقیماً به زهکشهای جمع‌کننده روباز تخلیه می‌شود (سیستم منفرد[3])، یا مشتمل بر مجموعه‌ای از زهکشهای مزرعه است که ابتدا به لوله‌های جمع‌کننده و سپس به زهکشهای روباز تخلیه می‌گردد (سیستم مرکب[4]). سیستمهای لوله‌ای زیرزمینی که تنها شامل زهکشهای مزرعه باشد، بطور معمول در اراضی مسطح که به شکل نواری و گسترده است (مانند دشتهای ساحلی) بکار می‌رود.

انتخاب زهکشهای لوله‌ای، ترانشه‌ها یا انهار به عنوان زهکشهای مزرعه

عواملی چند به شرح زیر برای انتخاب یکی از انواع زهکشهای لوله‌ای، ترانشه‌ها یا انهار به عنوان مناسب‌ترین سیستم برای زهکشی مزرعه مورد توجه قرار می‌گیرد:

- **آب سطحی**: ترانشه‌ها یا انهار روباز علاوه بر زهکشی زیرزمینی قادر به جمع‌آوری روانابهای سطحی نیز می‌باشد، در حالیکه زهکشهای لوله‌ای فقط در شرایط بسیار ویژه می‌تواند اینگونه عمل نماید. همچنین ترانشه‌ها یا انهار زهکشی، محل مناسبی برای ذخیره موقت زه‌آب سیستمهائی است که با پمپاژ تخلیه می‌شود.
- **اِشغال اراضی**: احداث زهکشهای زیرزمینی بصورت ترانشه یا انهار روباز موجب اشغال تا حدود ۱۵ درصد از اراضی می‌گردد، در حالیکه زهکشهای لوله‌ای، زمینی را اشغال نمی‌کند.

1- Cross - wise
2- Mole drain
3- Singular system
4- Composite system

- **مزاحمت برای عملیات زراعی :** ترانشه‌ها یا انهار روباز فعالیت ماشین‌آلات را محدود می‌سازد و در نتیجه هزینه‌های عملیات زراعی افزایش می‌یابد.
- **نگهداری :** ترانشه‌ها یا انهار روباز بطور مکرر (۱ تا ۲ بار در سال) نیاز به عملیات نگهداری دارد. در حالیکه زهکشهای لوله‌ای زیرزمینی هر ۳ تا ۶ سال یکبار به اجرای عملیات نگهداری نیاز پیدا می‌کند و در مواردی حتی نیازی به اجرای عملیات نگهداری بصورت منظم نیز نیست.
- **نصب :** زهکشهای لوله‌ای به سادگی بوسیله ماشین‌آلات در عمق و با شیب معین نصب می‌شود. احداث ترانشه‌ها یا انهار روباز نسبتاً مشکل‌تر است .
- **شرایط خاک :** ممکن است شرایط خاک تسهیلات یا مشکلاتی برای استفاده از انهار روباز یا زهکش لوله‌ای به وجود آورد (مثلاً خطر فرسایش خاک در انهار روباز، و یا خطر مسدود شدن لوله‌ها با نهشته های زنگ آهن)
- **هزینه ها:** هزینه‌های اجراو تدارک مصالح ، ابزار ، تجهیزات و غیره

هرچند عموماً استفاده از سیستم زهکشهای لوله‌ای منتج به نصب بهتر و عملکرد مطمئن‌تر می‌شود، با این حال در شرایط زیر احداث زهکشهای روباز ترجیح داده می‌شود:

- برای کاهش ظرفیت پمپاژ زهکشی، ذخیره‌کردن موقت هرز آبها موردنظر باشد.
- اراضی‌ای که هم به زهکشهای سطحی و هم به زهکشهای زیرزمینی نیاز داشته باشد (مناطق مرطوب).
- وجود انهار مزاحمت زیادی برای عملیات زراعی فراهم نسازد. بطور مثال در مزارعی که انهار زهکشی به فواصل زیاد از یکدیگر قرار می‌گیرد و یا در باغها که عملیات زراعی محدودی دارد.
- در خاکهای با نفوذپذیری خیلی کم، خاکهای تکامل نیافته و پیت
- در اراضی خیلی مسطح، از نظر اینکه شیب مورد نیاز انهار روباز بسیار کمتر از شیب مورد نیاز لوله‌ها است.
- استاندارد زهکشی بالایی مورد نیاز نباشد (مثلاً برای زهکشی اراضی چمنی)

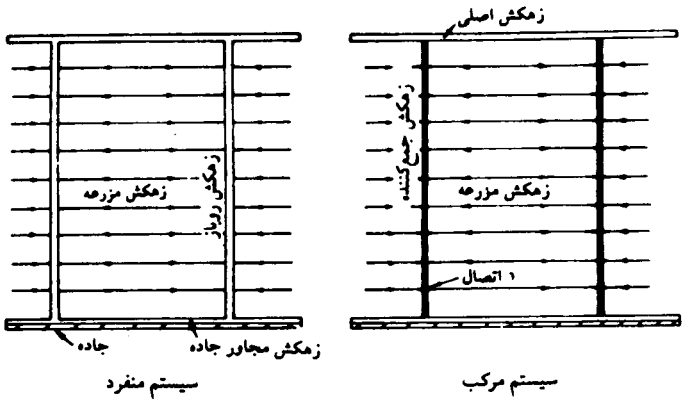
بیشتر معیارها و ضوابطی که برای آرایش شبکه و طراحی مسیر زهکشهای لوله‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای زهکشهای روباز نیز کاربرد دارد. بطور معمول انهار

زهکشی روباز برای آرایش شبکه زهکشی در سیستم طبیعی یا موازی مناسب‌تر بوده و با آن سازگارتر است.

زهکشهای روباز با فواصل زیاد (۱۰۰ تا ۲۰۰ متر) و عمق ۲ تا ۳ متر در اراضی تحت آبیاری برای زهکشی آب زیرزمینی و کنترل شوری بکار می‌رود.

سیستمهای منفرد و مرکّب

زهکشهای مزرعه می‌توانند مستقیماً و یا از طریق زهکشهای لوله ای به درون زهکشهای جمع‌کننده روباز تخلیه شود. در حالت اول سیستم منفرد و در حالت دوم سیستم مرکّب نامیده می‌شود. (شکل ۳-۱)



شکل ۳-۱ سیستم زهکشهای منفرد و مرکّب

ملاحظات مربوط به انتخاب بین انهار زهکشی روباز و زهکشهای لوله‌ای برای انتخاب بین دو سیستم فوق‌الذکر نیز مصداق دارد. علاوه بر آن، لازم است نکات زیر نیز مورد توجه قرار گیرد:

- **اندازه مزارع و اتلاف زمین :** طول زهکشهای زیرزمینی مزرعه غالباً بیشتر از ۳۰۰ متر نیست و بدین ترتیب عرض مزارع در سیستم منفرد به ۳۰۰ متر (در تخلیه یک‌طرفه)

و ۶۰۰ متر (در تخلیه دو طرفه) محدود می‌گردد. اتلاف زمین توسط انهار روباز در سیستم منفرد ممکن است تا حدود ۳ درصد برسد.

- **گرفتگی :** در سیستم منفرد بازرسی و تعیین محل نقاط آسیب دیده به سهولت امکان‌پذیر است. علاوه بر این در سیستم منفرد گرفتگی و انسداد لوله تنها در بخش کمی از اراضی اثر می‌گذارد. در حالیکه در سیستم مرکّب، گرفتگی لوله‌ها ممکن است اراضی وسیعی را تحت تأثیر قرار دهد.
- **خروجی‌ها :** دهانه‌های خروجی زهکشهای لوله‌ای در سیستم منفرد در موقع لایروبی زهکشها در معرض آسیب قرار دارد و از این‌رو نقطه ضعف این سیستم شمرده می‌شود. از سوی دیگر این دهانه‌ها کار ماشین‌آلات نگهداری انهار را با مشکل روبرو ساخته و سرعت کار آنها را کاهش میدهد.
- **شیب هیدرولیکی :** شیب مورد نیاز جمع‌کننده‌های لوله‌ای ۵ تا ۱۰ برابر بیشتر از زهکشهای روباز است .
- **هزینه‌ها :** هزینه‌های اجرای سیستم مرکّب ممکن است بیشتر از سیستم منفرد باشد، ولی هزینه‌های نگهداری دراین سیستم معمولاً کمتر از سیستم منفرد است.

با عنایت به تمامی عوامل فوق‌الذکر، معمولاً سیستمهای منفرد مناسبترین سیستم برای دشتهای مسطح در شرایط آب و هوایی معتدل و مرطوب است، در صورتیکه سیستمهای مرکّب با مناطق خشک و نیمه خشک و اراضی ناهموار و شیبدار تناسب بیشتری دارد. در اراضی تحت آبیاری که برای کنترل شوری به زهکشی زیرزمینی نیاز داشته باشد، استفاده از سیستم مرکّب امتیازات قابل ملاحظه‌ای را به همراه دارد. زیرا اگر سیستم منفرد بکار برود، اجرا و سپس نگهداری زهکشهای روباز و عمیق جمع‌کننده عموماً مشکل بوده و تقاطع‌ها و تداخل آن در سیستم آبیاری مزاحمت‌های زیادی بوجود می‌آورد.

در سیستم منفرد به منظور کاهش مقدار زهکشهای روباز، می توان طول زهکشهای مزرعه را تا حدود ۱۰۰۰ متر یا حتی بیشتر افزایش داد. افزایش طول زهکشها در سیستمهای مرکّب نیز می‌تواند صرفه‌جوییهای قابل ملاحظه‌ای به همراه داشته باشد. در عراق، پاکستان و ایالات متحده، زهکشهای زیرزمینی طویل برای زهکشی املاح و اصلاح زمینهای شور در اراضی تحت آبیاری نواحی خشک و نیمه خشک به‌کار برده شده است.

سیستم زهکشهای اصلی

عمده‌ترین نقش زهکشهای اصلی، دریافت آب از سیستم زهکشی مزرعه و هدایت آن تا تخلیه‌گاه انتهائی است. زهکشهای اصلی همچنین می‌تواند بطور مستقیم مقدار زیادی از آب مازاد مزارع را جمع‌آوری کند. نمونه‌ای از یک سیستم زهکشی اصلی در شکل ۳-۲ نشان داده شده است. طراحی این سیستم بر اساس شرایط جغرافیایی و توپوگرافی اراضی صورت می‌گیرد.

بهتر است سیستم زهکشی اصلی طوری طراحی شود که اراضی زیر پوشش آن یک واحد هیدرولوژیکی مستقل تشکیل دهد. حوزه‌های زهکشی از نظر وسعت متغیر بوده و می تواند از کمتر از ۱۰۰ هکتار تا بیشتر از ۱۰۰۰۰۰ هکتار باشد. از لحاظ فنی تا آنجایی که اراضی، یک واحد هیدرولوژیکی مناسبی راتشکیل بدهد، محدودیت معینی از نظر وسعت حوزه وجود ندارد.

آرایش زهکشهای اصلی

زهکشهای اصلی بطور معمول بصورت روباز احداث می شود، زیرا این روش ارزان‌ترین راه برای انتقال مقادیر نسبتاً زیاد آب است. فقط در شرایط استثنایی برای احداث زهکش اصلی از لوله استفاده می‌گردد. لیکن در زهکشهای درجات پایین‌تر (زهکشهای جمع‌کننده فرعی) بویژه در اراضی تحت آبیاری و برای اجتناب‌کردن از اتلاف زمین و مشکلات ناشی از تقاطع‌های زیاد، ممکن است از لوله استفاده شود.

سرعت جریان در زهکشهای اصلی باید به اندازه کافی پایین نگه داشته شود. در محلهایی که خطر فرسایش وجود داشته باشد، انحناء پیچها بایستی ملایم باشد. شعاع انحنای توصیه شده بطور معمول از ۵ متر برای زهکشهای کوچک (دارای دبی کمتر از ۵ متر مکعب بر ثانیه)، تا حدود ۵-۱۰ برابر عرض کف برای زهکشهای بزرگتر (با ظرفیت تخلیه بیشتر از ۱۰ متر مکعب بر ثانیه) متغیر می‌باشد.

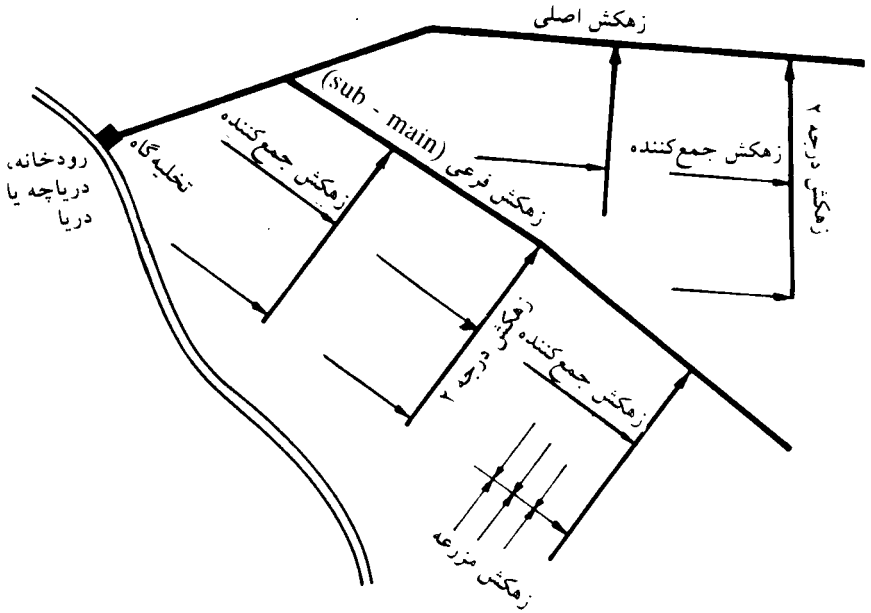
برای آرایش جانمایی و طراحی مسیر زهکشهای اصلی ، چند نکته اساسی زیر درنظر گرفته می‌شود:

- مسیر زهکشهای اصلی حتی‌المقدور باید در امتداد خطالقعرها انتخاب شود و از

کناره‌های پایین دست مزارع عبور نماید.

- در بیشتر موارد مرزهای بین مزارع و قطعات زراعی بوسیله زهکشهای درجات پایین‌تر شکل می‌گیرد.

موقعیت تخلیه‌گاه انتهائی نیز به عنوان یک عامل تعیین‌کننده در طراحی سیستم زهکشهای اصلی به شمار می آید. بطور معمول باید کوتاهترین مسیر تا تخلیه‌گاه مورد استفاده قرار گیرد. در بیشتر موارد تخلیه‌گاه یک سیستم زهکشی نقطه پست و کم‌ارتفاع مناسبی در کنار یک رودخانه، دریاچه یا دریا می‌باشد.

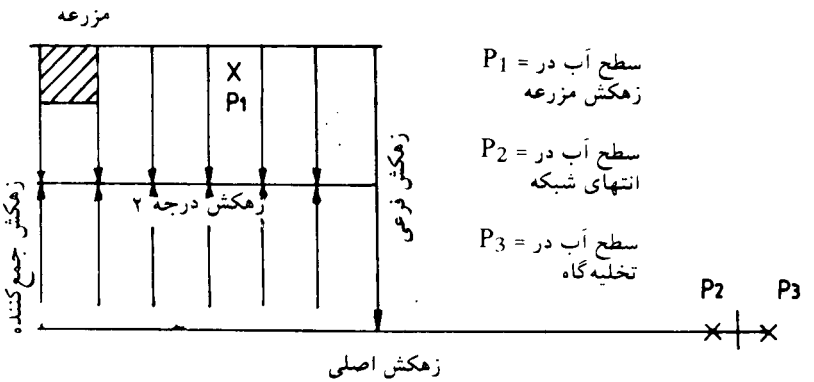


شکل ۳-۲ نمونه‌ای از آرایش شبکه اصلی زهکشی

اختلاف ارتفاع بین سطح آب در تخلیه‌گاه و زهکشهای مزرعه، کل ارتفاع هیدرولیکی قابل استفاده در سیستم زهکشی را تشکیل می‌دهد، (P_1 - P_3، شکل ۳-۳). با در دست داشتن تراز P_1 (تراز مبنای زهکشی مزارع) و انتخاب شیب هیدرولیکی مناسب برای

زهکش اصلی، تراز سطح آب در محل تخلیه P_2 تعیین می‌گردد. اگر H برابر کل افت ارتفاع هیدرولیکی در زهکشهای اصلی و فرعی و ... باشد ($H=h_1 + h_2 + ...$):

$$P_2 = P_1 - H$$



شکل ۳-۳ ترازهای آب در سیستم زهکشی (Smedema & Rycroft - 1963)

خروجی سیستم زهکشی و تخلیه‌گاه

تأسیسات خروجی زهکشها ممکن است به یکی از صوَر زیر باشد:

- اتصال روباز (تخلیه ثقلی و بدون واسطه)
- دریچه یک‌طرفه
- ایستگاه پمپاژ

اتصال روباز در شرایطی به‌کار گرفته می‌شود که امکان تخلیه ثقلی زه‌آبها بصورت کم و بیش دایمی و مطمئن وجود داشته باشد. در اراضی ساحلی که تحت تأثیر جزر و مد قرار دارد، گاهی ممکن است تخلیه زه‌آبها فقط در شرایط جزر امکان‌پذیر باشد. در این صورت به منظور جلوگیری از برگشت آب به سیستم زهکشی و یا رخنه آب شور در دوره مد، در محل خروجی سیستم، دریچه‌های تخلیه یکطرفه[1] تعبیه می‌گردد. چنانچه نتوان زه‌آبها را به روش ثقلی تخلیه نمود، دراین صورت از پمپاژ استفاده می شود.

1- Discharge sluies or flap gates

۳-۲ طراحی سیستم زهکشی

در زمینه طراحی سیستمهای زهکشی زیرزمینی کتابهای مختلفی منتشر شده و می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد(FAO, 1980; ILRI, 1974; USBR, 1978). در این بخش به بعضی از نکات کلی در زمینه طراحی سیستم زهکشی اشاره می‌گردد.

برای طراحی سیستم زهکشی و با توجه به طرز کار و چگونگی تاثیر گذاری آن اهداف زیر می‌تواند مورد نظر قرار گیرد:

- جلوگیری از ایجاد شرایط غرقابی در خارج از فصل رشد اصلی. در این شرایط تأثیر سیستم بر روی محصولات زراعی بصورت غیرمستقیم می‌باشد. به این حالت «زهکشی خارج از فصل زراعی» اطلاق می‌گردد.
- جلوگیری از ایجاد شرایط غرقابی در دوره رشد اصلی. در این شرایط سیستم زهکشی مستقیماً بررشد محصولات زراعی تأثیر دارد. به این حالت «زهکشی در فصل زراعی» اطلاق می‌گردد.
- جلوگیری از شورشدن خاک در اثر آبیاری یا خیز موئینه‌ای آب زیرزمینی.

در طراحی زهکشهای زیرزمینی ابتدا باید معیارهای زیر مشخص شود:

- معیارهای لازم برای تعیین عمق زهکشها و فواصل آنها
- معیارهای لازم برای تعیین ظرفیت زهکشها

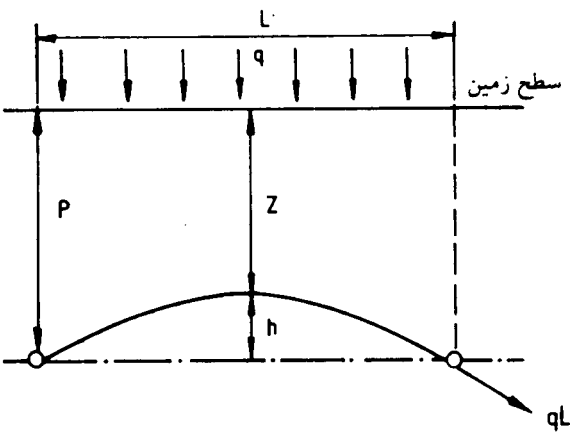
.معیارهای دسته اول می‌توانند بصورت ترکیبی از عمق مناسب کنترل سطح آب زیرزمینی (Z) و میزان تخلیه زه‌آب نظیر آن مشخص گردد (شکل ۳-۴). این معیارها به نوع فرمول و معادلات زهکشی که برای محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرد بستگی دارد. در این زمینه دو حالت زیر قابل تفکیک است:

- **معیارهای شرایط ماندگار**[1]: در این حالت معیارهای زهکشی براساس ثابت‌بودن سطح ایستابی و شدت جریان زهکشی استوار می‌باشد. مقادیر مذکور برمبنای میانگین تغییرات عمق آب زیرزمینی (Z) و میانگین شدت جریان زهکشی (q) در دوره

1- Steady state criteria

بحرانی (که برای طراحی انتخاب شده)تعریف و تعیین می‌شود. شرایط ماندگار همچنین می‌تواند به صورت نسبت q/h برای عمق معین نصب زهکشها نیز تعریف گردد.

- **معیارهای شرایط نا ماندگار**[1] : این معیارها بر اساس متغیر بودن سطح ایستابی و جریان زهکشی برحسب زمان استوار است. در این شرایط مقادیر زیر باید مشخص شود:
  - حداکثر مجاز برای بالاآمدن سطح آب زیرزمینی
  - سرعت مورد نیاز یا فرصت موجود برای افت سطح آب زیرزمینی؛ بدین صورت که مثلاً t روز پس از بارندگی یا آبیاری، آب زیرزمینی به عمق y برسد.



شکل ۳-۴ شمای جریان آب زیر زمینی به زهکشهای موازی

در شکل فوق :

L= فاصله زهکشها (متر)　　h = بار هیدرولیکی (متر)

P= عمق زهکش (متر)　　q = تخلیه ویژه (دبی) (متر در روز)

Z=عمق سطح ایستابی (متر)　　qL=دبی لوله (مترمکعب /روز /طول لوله

1- Non-steady state criteria

شکل ۳-۴ الگوی جریان زه‌آب زیرزمینی به سمت لوله‌های زهکشی را نشان می‌دهد. زمانیکه خاکِ زیر لوله‌های زهکشی نیز تراوا باشد، آب زیرزمینی هم از بالا و هم از زیر زهکشها به سمت لوله‌ها جاری می‌شود. اختلاف ارتفاع سطح ایستابی نسبت به عمق نصب لوله‌های زهکشی در وسط دو زهکش (h=p-z)، بار هیدرولیکی را تشکیل می‌دهد، که موجد جریان آب به سمت زهکشها می‌گردد.

مطالعات زهکشی

در بیشتر حالات، زهکشی، بخشی از مجموعه کارهایی است که در چارچوب یک پروژه عمرانی اجرا می‌شود. پروژه‌های توسعه یا بهسازی اراضی، معمولاً مستلزم مجموعه‌ای از فعالیتهای مختلف نظیر مدیریت منابع آب، احداث تأسیسات و اجرای عملیات زیربنایی مزرعه، احداث جاده‌ها، یکپارچه‌سازی اراضی، توسعه کشاورزی و غیره است. در نواحی خشک، توجه اصلی بر روی تأمین آب آبیاری متمرکز می‌باشد، از اینرو پروژه‌های زهکشی نیز عموماً مکمل سیستم آبیاری است. بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد نیاز کارهای زهکشی، همان اطلاعاتی است که معمولاً در هر پروژه توسعه منابع آب و خاک جمع‌آوری می‌شود. نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و خاکشناسی، اطلاعات هواشناسی و کشاورزی و ..... در زمره این اطلاعات می‌باشد.

عموماً بررسیهای ذکر شده، نیازمند انجام یک سری مطالعات مرحله‌بندی شده و متوالی است که در هر مرحله نسبت به مرحله قبل با دقت بیشتری صورت می‌گیرد. به طور معمول این بررسیها در ۲ یا ۳ مرحله به شرح زیر انجام می‌شود :

مطالعات مرحله شناسایی [1]

هدف اصلی مطالعات شناسایی، تشخیص امکانپذیری اجرای پروژه، در درجه اول از دیدگاه فنی و سپس اقتصادی است. مطالعات این مرحله اساساً بر پایه اطلاعات موجود و

1- Reconnaissance Level

در صورت ضرورت بعضی بررسیهای محدود صحرایی صورت می‌گیرد. نقشه‌ها و اطلاعات مورد نیاز عبارتند از:

- عکسهای هوایی
- نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی، کاربری اراضی و حدود مالکیّتها
- اطلاعاتی پیرامون جمعیت، منابع خاک، آبهای سطحی، آبهای زیرزمینی، هواشناسی، نظامهای کشاورزی
- تولید محصولات زراعی، شوری، قلیائیت و غیره

در این مرحله همچنین محدوده اراضی پروژه تعیین می‌شود. در پروژه‌های بزرگ، ممکن است زیر پروژه‌های مختلفی نیز مشخص گردد.

مطالعات مرحله نیمه تفصیلی[1]

مطالعات این مرحله شامل فعالیتها و بررسیهای اضافی است که برای تدوین برنامه توسعه و تهیه طرحهای مقدماتی مورد نیاز می‌باشد. به این بررسیها غالباً مطالعات امکانپذیری[2] اطلاق می‌گردد و نتایج حاصله از آن بعنوان پایه‌ای برای ارزیابی پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. براساس نتایج مطالعات امکانپذیری، مراجع و سازمانهای ذیربط باید طرحها و برنامه‌ها را بصورت نهایی انتخاب کرده و برای اجرای آن تصمیم‌گیری نمایند.

عناوین اطلاعات مورد نیاز این مرحله نیز همانند مرحله شناخت است، لیکن در این مرحله، اطلاعات با جزئیات بیشتر و بصورت دقیقتری تهیه و جمع‌آوری می‌گردد. از این‌رو بررسیهای صحرایی بیشتری مورد نیاز است. در بعضی شرایط، کارها و بررسیهای صحرایی لازم را می‌توان در بخش کوچکی از منطقه پروژه به مساحت حدود ۱۰۰۰ هکتار انجام داد، مشروط بر اینکه این محدوده کوچک بتواند بعنوان نماینده همه اراضی تلقی گردد.

1- Semi - detailed level

2- Feasibility studies

مطالعات تفصیلی[1]

مطالعات این مرحله بمنظور طراحی قطعی پروژه و محاسبه احجام کار و تهیه فهرست مقادیر و اسناد مناقصه صورت می‌گیرد.

در پروژه‌های زهکشی، در مطالعات مرحله شناخت مسئله نیاز و یا عدم نیاز به زهکشی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در مطالعات نیمه تفصیلی هزینه‌های اجرای پروژه زهکشی برآورد شده و با درآمدهای پروژه مقایسه می‌شود. در همین مرحله لازم است که فواصل زهکشی محاسبه و تعیین گردد. در مطالعات تفصیلی، طرح نهایی برای اجرا تهیه می‌شود.

بطور معمول برای تهیه طرح تفصیلی زهکشی اطلاعات زیر مورد نیاز است:

- نقشه‌های توپوگرافی و مسطحاتی با مقیاس $\frac{1}{2500}$ یا $\frac{1}{10000}$ که مشتمل بر اطلاعات مورد نیاز در زمینه کار بری اراضی، عوارض موجود از قبیل ساختمانها، زهکشهای روباز، کانالها و جاده‌ها و همچنین امکانات موجود برای تخلیه زه‌آبها باشد. در اراضی مسطح بهتراست فواصل خطوط تراز در نقشه های توپوگرافی، ۰/۲۵ متر یا کمتر باشد.
- نقشه ها و اطلاعات خاکشناسی مشتمل بر وضعیت نیمرخ خاک و همچنین بافت و ساختمان لایه‌های آن به منظور تخمین هدایت هیدرولیکی (K) و تشخیص وتفکیک لایه‌های با قابلیت زهکشی خوب و یا ضعیف
- عمق لایه غیر قابل نفوذ یا محدودکننده
- هدایت هیدرولیکی افقی و عمودی، بویژه در لایه‌های زیر عمق نصب زهکشهاتا لایه غیرقابل نفوذ
- عمق سطح ایستابی و نوسانات آن
- تراز آب زیرزمینی و فشارهای پیزومتری در عمق‌های مختلف
- وجود امکانات زهکشی طبیعی و یا مناطق نشت آب
- نفوذپذیری سطح خاک

1- Detailed studies

همچنین وقتی زهکشی به منظور اصلاح اراضی نیز هست، اطلاعات زیر مورد نیاز است.

- کیفیت شیمیائی آب آبیاری و آب زیرزمینی (SAR, pH, EC)
- وضعیت شوری و قلیائیت خاک (ESP, ECe)

ضوابط طراحی عمق و فاصله زهکشها

عمق وفاصله زهکشها، ظرفیت سیستم زهکشی رامشخص می‌سازد. ازنظر اقتصادی، بهترین ظرفیت برای یک سیستم زهکشی در شرایطی حاصل می‌شود که منافع خالص حاصل از زهکشی - یعنی هزینه‌ها منهای درآمدها - حداکثر باشد. از نظر فنی سیستم زهکشی باید از چنان ظرفیتی برخوردار باشد که بتواند در دوره حداکثر نیاز به زهکشی، زه‌آبها را طوری تخلیه نماید تا آب زیرزمینی در عمق موردنظر کنترل شود. دبی طراحی معمولاً برحسب میلیمتر بر روز و یا لیتر بر ثانیه بر هکتار بیان می‌شود. برای هریک از شرایط زهکشی (زهکشی خارج از فصل زراعی، زهکشی در فصل زراعی، زهکشی برای کنترل شوری) معیارهای متفاوتی بکار می‌رود. طراحی برای هریک از این حالات می‌تواند با استفاده از روشهای محاسباتی زیر صورت گیرد:

- شرایط ماندگار [۱]
- شرایط ناماندگار، با نوسان سطح ایستابی [۲]
- شرایط ناماندگار، با سطح ایستابی افتان [۳]

از دیدگاه اقتصادی، سیستمهای مطلوب زهکشی می‌تواند درکشورها و مناطق مختلف بسته به شرایط اقتصادی محلی و استانداردهای کشاورزی منطقه به میزان قابل توجهی با یکدیگر متفاوت باشد. بدین جهت ضوابط فنی طراحی نیز در مناطق مختلف یکسان نیست. در این بخش، برخی از ضوابط کلی طراحی به اختصار تشریح می‌گردد.

1- Steady state

2- Non - steady state, Fluctuating water table

3- Non - steady state, Falling water table

زهکشی خارج از فصل زراعی

زهکشی خارج از فصل زراعی تنها مربوط به نواحی‌ای است که دارای بارندگی مازاد در فصل غیرزراعی سرد است، مانند شمال و غرب اروپا. در فصل زراعی، آب زیرزمینی به اندازه کافی پایین می‌افتد، لیکن بالا بودن آب زیرزمینی در فصل غیر زراعی بر روی خصوصیاتی از قبیل ساختمان خاک، امکان کار بر روی زمین، دمای خاک و قابلیت دسترسی به اراضی تأثیر منفی گذاشته و بطور غیرمستقیم کشت سال بعد را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در زهکشی خارج از فصل زراعی در شرایط ماندگار، عمق سطح آب زیرزمینی بسته به نوع خاک و نوع کشت نباید از حدود ۰/۲ تا ۰/۵ متر زیر سطح زمین کمتر شود. در شرایط ناماندگار معیار کنترل عمق آب زیرزمینی می‌تواند بصورت "حداکثر تعداد دفعاتی که سطح آب از حد معینی تجاوز می‌نماید" بیان شود.

در زهکشی خارج از فصل، دبی طراحی بطور عمده وابسته به بارندگی مازاد بوده و مقدار آن می‌تواند از طریق تجزیه و تحلیل مقدار بارندگی‌ها و دوره تناوب آنها تعیین گردد. دبی طراحی در شرایط ماندگار براساس متوسط بارندگی در خلال دوره طراحی محاسبه می‌شود و مقدار آن معمولاً در حدود ۵ تا ۱۵ میلیمتر بر روز است (فرامجی و همکاران - ۱۹۸۷). دبی طراحی برای استفاده در معادلات زهکشی در شرایط ناماندگار براساس مقادیر بارندگی مازاد روزانه، هفتگی، ۱۰ روزه یا ماهانه در یک سال تیپ (نمونه) بکار برده می‌شود.

در معیارهای مربوط به شرایط زهکشی با سطح ایستابی افتان، ظرفیت مورد نیاز سیستم به صورت مدت زمانی که سطح ایستابی می‌باید به اندازه معین پایین افتد، مشخص می‌گردد. معیار سطح ایستابی افتان برای نواحی مرطوبی که دارای بارندگی سنگین است و می‌باید قسمتی از زه‌آبها به سرعت توسط زهکشهای زیرزمینی تخلیه شود، مناسب می‌باشد. در شرایطی که تأثیر تبخیر و تعرق بر روی افت سطح ایستابی قابل اغماض نباشد، معیار سطح ایستابی افتان معیار مناسبی نیست.

زهکشی در فصل زراعی

زهکشی در فصل زراعی برای مناطقی ضرورت پیدا می‌کند که در دوره رشد گیاهان بارندگی‌های زیاد ریزش می کند، به طوری که در این دوره سطح ایستابی بسیار بالا به صورت مستقیم رشد محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بطور مثال بعضی نواحی گرمسیری و نیمه گرمسیری مرطوب دچار این عوارض هستند.

معیار عمق سطح ایستابی در زهکشی در فصل زراعی، براساس عمق توسعه ریشه نباتات زراعی در طی دوره بحرانی تعیین می‌شود. عمق موردنظر در شرایط ماندگار اغلب در حدود ۰/۴ تا ۱/۰ متر زیر سطح زمین است. در شرایط ناماندگار معیار عمق کنترل آب زیرزمینی همانند زهکشی در خارج از فصل زراعی بصورت تعداد دفعاتی که سطح آب زیرزمینی می‌تواند از حد معینی تجاوز نماید بیان می‌گردد.

دبی طراحی در شرایط ماندگار یا ناماندگار همانند شرایط زهکشی خارج از فصل زراعی، به بارندگی اضافی که باید بصورت جریان زیرزمینی تخلیه شود، بستگی دارد. مراد از بارندگی اضافی مقدار کل بارندگی منهای تبخیر و تعرق و رواناب سطحی است.

زهکشی برای کنترل شوری

زهکشی املاح در اراضی تحت آبیاری در نواحی خشک و نیمه خشک مطرح بوده و با هدفهای زیر به انجام می‌رسد :

- شستشوی املاح اضافی که در صورت عدم وجود امکانات مناسب برای زهکشی در ناحیه توسعه ریشه در خاک تجمع می‌یابد.
- زهکشی آب مازاد آبیاری

معیارهای زهکشی برای کنترل شوری، در شرایط خارج از فصل زراعی، در فصل زراعی و یا بمنظور آبشویی املاح با یکدیگر متفاوت بوده و قابل تفکیک می‌باشد.

در زهکشی برای کنترل شوری در فصل زراعی، معیار عمق کنترل سطح ایستابی در شرایط ماندگار و ناماندگار بستگی به عمق توسعه ریشه نباتات زراعی متداول در منطقه دارد.

در خلال فصل زراعی، میزان جریان زهکشی بر مبنای مقدار تلفات آب آبیاری در

مزرعه تعیین می‌گردد. آن بخش از تلفات آب در مزرعه که از طریق زهکشهای سطحی تخلیه نمی‌شود، سفره آب زیرزمینی را تغذیه نموده و باید بوسیله سیستم زهکشی زیرزمینی تخلیه گردد. دبی طراحی زهکشی در شرایط ماندگار بر مبنای متوسط میزان تغذیه سفره در دوره حداکثر مصرف آب محاسبه می‌شود. در حالت استفاده از معادلات زهکشی برای شرایط غیرماندگار، مقادیر تغذیه روزانه، هفتگی یا ۱۰ روزه بکار برده می‌شود.

در نواحی خشک و نیمه‌خشک، چنانچه زهکشی طبیعی و یا نشت به سفره آب زیرزمینی قابل اغماض باشد، ضرایب زهکشی را می‌توان در حدود ارقام مندرج در جدول ۳-۱ در نظر گرفت (FAO,1980). در این نواحی دوره غیر زراعی در واقع منطبق با دوره‌های آیش بین فصول زراعی می‌باشد.

کمتر از ۱/۵ میلیمتر در روز	برای خاکهای با نفوذپذیری سطحی آهسته
۳/۰ - ۱/۵ میلیمتر در روز	تقریباً برای کلیه خاکها، حد بالا برای خاکهای با نفوذپذیری بیشتر و یا با کشت متراکم‌تر
۴/۵ - ۳/۰ میلیمتر در روز	برای شرایط ویژه آب و هوایی و یا شرایطی که مدیریت مزرعه نامساعد و آبیاری بی‌رویه است.
بیشتر از ۴/۵ میلیمتر در روز	برای شرایط ویژه بهره‌برداری از زمین از قبیل آبیاری شالیزارها در خاکهای سبک

جدول شماره ۳-۱ شدت جریان زهکشی زیرزمینی در فصل زراعی در زهکشی برای کنترل املاح (FAO, 1980)

در زمره معیارهای متداول برای طراحی زهکشی در شرایط نا ماندگار با سطح ایستابی افتان، نمونه ای از معیارهای مورد استفاده در بعضی از مناطق کشور چین در جدول شماره ۳-۲ درج گردیده است.

در مناطق مستعد برای شور شدن، زمانیکه آبیاری متوقف می‌شود، سطح ایستابی باید به سرعت پایین برود و بمنظور کاهش خطرات شورشدن لایه‌های سطحی خاک (تحت تأثیر انتقال و تجمع املاح از طریق خیز موئینه‌ای در دوره آیش)، سطح آب زیرزمینی باید

جدول شماره ۳-۲ معیارهای زهکشی در فصل زراعی در شرایط ماندگار و نیز در شرایط سطح افتان ایستابی

محصولات زراعی	عمق موردنیاز سطح ایستابی برای مرحله رشد گیاه - متر	عمق مجاز سطح ایستابی در یک دوره کوتاه‌مدت متر	زمان موردنیازجهت افت سطح ایستابی تا عمق مجاز - روز	ملاحظات
گندم زمستانه	۱/۲۰ - ۱/۰۰	۰/۵۰ ۰/۸۰ ۱/۰۰	۳-۴ ۵-۶ ۷-۸	منتهی به دوره رشد فعال و مرحله برداشت
پنبه	۱/۵۰ - ۱/۲۰	۰/۵۰ - ۰/۴۰ ۰/۷۰ ۱/۰۰	۳-۴ ۶-۷ ۶-۱۰	در مرحله گل و غوزه‌دادن

عمیق نگه داشته شود. در شرایط زهکشی خارج از فصل زراعی (دوره آیش)، عمق موردنیاز (عمق بحرانی)، بستگی به شرایط خاک، طول دوره آیش و تبخیر و تعرق پتانسیل در این دوره دارد. عمق بحرانی معمولاً در حدود ۱/۵ تا ۲/۲ متر می‌باشد.

منابع تغذیه سفره آب زیرزمینی در شرایط زهکشی خارج از فصل زراعی عبارت از نشت از اراضی بالادست و زمینهای تحت آبیاری در مجاورت اراضی آیش است. شدت جریان طراحی در شرایط زهکشی خارج از فصل در حدود ۰/۱ تا ۱/۰ میلیمتر در روز می‌باشد.

در مناطق خشک و نیمه خشک، چنانچه زمینها به صورت متراکم تحت کشت و آبیاری باشد (همانند مصر)، در این صورت دوره آیش وجود ندارد و از این‌رو معیارهای زهکشی در شرایط خارج از فصل برای طراحی مناسب نخواهد بود.

نیاز به آبشویی به مفهوم مقدار آبی است که برای کنترل و نگهداشتن شوری خاک در یک سطح قابل قبول باید زهکشی شود و عبارت است از نسبت آبی که باید بوسیله

زهکشها تخلیه شود به آبی که برای آبیاری مصرف می‌گردد. در راهنمای شماره ۶۰ آزمایشگاه شوری خاک آمریکا(USDA,1954)، برای اولین بار بیان ریاضی نیاز به آبشویی بصورت زیر ارائه شده است:

$$D_{dw}/D_{iw} = LR = EC_{iw}/EC_{dw}$$

که در آن EC_{dw} ، D_{dw} بمعنی مقدار آب (برحسب عمق) ونیز غلظت املاح در آب زهکش و EC_{iw} ، D_{iw} همان مفاهیم برای آب آبیاری می‌باشد. متعاقب نشریه مزبور روشها و فرمولهای اصلاح شده دیگری نیز برای تعیین نیاز آبشویی ارائه شده است (ILRI, 1974 ; FAO, 1976). در روشهای اخیر نیازهای آبشویی بوسیله حل مدلهای ریاضی تعیین می‌شود که در آن رژیم تغییرات نمک در خاک طی دوره زراعی و تحت تأثیر عوامل مختلف همانند آبیاری، زهکشی و املاح موجود در آب آبیاری و آب زیرزمینی شبیه‌سازی می‌گردد، (Boumans, 1987). نیازهای آبشویی معمولاً کمتر از حدود ۲۵ درصد آب آبیاری می‌باشد.

ضرورتی ندارد که آب مورد نیاز برای آبشویی بلافاصله در هر آبیاری تأمین شود، بلکه می‌توان آن را در فواصل زمانی طولانی‌تر مثلاً یک یا چند ماهه تأمین نمود. از اینرو استفاده ار روش های شبیه‌سازی برای تجزیه و تحلیل نیازهای آبشویی شیوه مناسب‌تری است. در بیشتر موارد، نیازهای آبشویی یک عامل تعیین‌کننده برای طراحی زهکشی نیست و مجموع آبی که به طور معمول به صورت تلفات نفوذ آبیاری در خاک فرو می رود برای تأمین نیازهای آبشویی کافی می‌باشد.

فرمول‌های تعیین عمق و فاصله زهکشها

تعیین فاصله نصب زهکشها بطوریکه بتواند کارآ، مؤثر و اقتصادی عمل کند، به عمق نصب زهکش، عمق لایه محدودکننده، هدایت هیدرولیکی و تخلخل قابل زهکشی خاک و نیز دیگر معیارهای طراحی، بستگی دارد.

تا قبل از سال ۱۹۴۵ بیشتر روشهای مورد استفاده جهت تعیین فواصل زهکشها تجربی بوده و برای انطباق با ویژگیهای اختصاصی هر منطقه خاص ابداع شده بود. بعد از ۱۹۴۵،

طراحی زهکشی براساس روشهای علمی استوار شد. در سال ۱۹۴۰ "هوخهاوت" راه حل تحلیلی مشهور خود را در مورد جریان آب زیرزمینی به سمت زهکشها منتشر نمود. پس از وی سایر دانشمندان نیز در این زمینه شروع به کار کردند. آنان ضمن اینکه عموماً کار هوخهات و فرمول زهکشی او را تأیید می‌نمودند در مواردی نیز اصلاحاتی در آن بعمل آوردند و بدین ترتیب فرمولهای زهکشی برای شرایط جریان ماندگار و ناماندگار و برای آبخوانهای یک یا دو و یا چندلایه ابداع شد. امروزه به یاری کامپیوترهای قدرتمند، عملاً هرگونه مسئله جریان آب در زهکشی، از طریق فرمولهای تحلیلی یا مدلهای ریاضی قابل حل است.

تشریح همه جنبه‌های مربوط به فیزیک جریانهای زیرزمینی در زهکشی خارج از اهداف این کتاب می‌باشد. تنها مراحل محاسبات متداول و نیز پیشرفتهای اخیر در زمینه مدلهای کامپیوتری برای حل مسایل زهکشی در شرایط ناماندگار بطور مختصر شرح داده خواهد شد.

فرمولهای زهکشی برای شرایط ماندگار

در فرمولهای زهکشی برای شرایط ماندگار فرض بر این است که میزان تغذیه سفره آب زیرزمینی برابر با میزان زهکشی از آن بوده و سطح ایستابی ثابت باقی می‌ماند. در بین این فرمولها، فرمولهای هوخهاوت[1]، دونان[2]، ارنست[3]، کرکهام[4] کاربرد بیشتری داشته است. فرمول هوخهاوت جریان آب به سمت زهکشها را بصورت دو بعدی و مرکب از دو بخش جریان افقی و جریان شعاعی، و فرمول دونان جریان را به صورت یک بعدی «جریان افقی» در نظر گرفته است. معادله ارنست در خاکهای دو لایه کاربرد دارد و مخصوصاً برای خاکهای دو لایه که لایه بالائی دارای هدایت هیدرولیکی آهسته‌تر از لایه پائین است ، مناسب می باشد. کرکهام یک راه حل تحلیلی برای جریان دو بعدی در خاکهای مطبق ارائه کرده است. معادلات هوخهات و کرکهام تقریباً نتایج یکسانی بدست می‌دهد. فرمولهای

1- Houghoudt
2- Donnan
3- Ernst
4- Kirkham

هوخهاوت و دونان که متداولترین فرمولهای شرایط ماندگارمی‌باشد،به شرح زیراست:

فرمول هوخهاوت $$L^2 = \frac{8K_b.d.h + 4K_a.h^2}{q}$$

که در آن :

L = فواصل زهکشها (متر)

q = شدت تخلیه یا زهکشی از واحد سطح (متر در روز)

K_a = هدایت هیدرولیکی لایه بالای عمق نصب زهکش (متر در روز)

K_b = هدایت هیدرولیکی لایه زیر عمق نصب زهکش (متر در روز)

D = فاصله لایه غیرقابل نفوذ تا زیر عمق نصب زهکشها (متر)

d = عمق معادل که کمتر از D بوده و برای منظورکردن مقاومت سفره در برابر جریان شعاعی در محاسبات وارد می‌شود. d تابعی از D و L و شعاع لوله زهکش بوده و از جداول، نمودار و یا از فرمول مخصوصی که برای محاسبه ارائه شده بدست می‌آید.

H = ارتفاع سطح ایستابی (در وسط دو زهکش) از لایه غیر قابل نفوذ (متر)

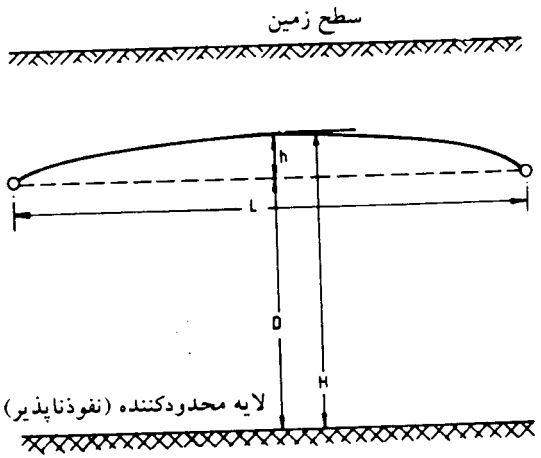
h = H-D = بار هیدرولیکی (متر)

فرمول دونان $$L^2 = \frac{4K\,(H^2 - D^2)}{q}$$

که در آنها پارامترها همان مفاهیم فرمول هوخهاوت را دارد. فرمولهای دونان و هوخهاوت به استثنای عمق D که در فرمول هوخهاوت برای منظورکردن جریان شعاعی با d جایگزین شده است، تقریباً یکسان است.

چنانچه پارامترهای D,K,h,q و ro (قطر زهکش) معلوم باشد، برای محاسبه فاصله زهکشها از فرمول هوخهاوت استفاده می‌گردد. از آنجا که d تابعی از ro, D, L می‌باشد تعیین L با استفاده از فرمول می‌بایستی از طریق سعی و خطا صورت گیرد. بمنظور اجتناب از روش سعی و خطا، می‌توان از نموگرافهایی که برای حل فرمول تهیه شده استفاده نمود.

فرمول هوخهاوت با درنظرگرفتن نیمرخ ساده‌ای از خاک، مرکب از دو لایه یکی در بالا و دیگری در زیر عمق نصب زهکشها، تدوین و ابداع شد. بعد از آن فرمولی ارائه شد که



شکل ۳-۵ نمایش جریان در سیستم زهکشی زیرزمینی

فواصل زهکشها را با درنظر گرفتن لایه‌های با نفوذپذیری مختلف در زیر عمق نصب زهکشها، محاسبه می‌نمود. در سال ۱۹۷۱ توکسوز[1] و کرکهام راه حل تحلیلی خود در مورد جریان آب زیرزمینی به سمت زهکشها در خاکهای مطبق را ارائه دادند. استفاده از این راه حل که برای لایه‌های متعدد در نیمرخ خاک قابلیت کاربرد دارد با پیچیدگی همراه است، لیکن اگر امکانات کامپیوتری به‌کار گرفته شود می‌توان به آسانی از آن استفاده کرد. در سال ۱۹۸۰ گویون[2] یک راه حل تحلیلی برای خاکهایی که هدایت هیدرولیکی آنها نسبت به عمق بطورپیوسته تغییر می‌نماید، ارائه داد. در این خاکها تخلخل قابل زهکشی و هدایت هیدرولیکی معادل می‌تواند با استفاده از روش آزمایش پمپاژ گویون اندازه‌گیری و تعیین شود.

فرمولهای زهکشی برای شرایط ناماندگار

در شرایط تغذیه ناماندگار، سطح ایستابی نسبت به زمان نوسان می‌نماید. در مناطقی که دارای آبیاری‌های دوره‌ای یا بارندگی‌های سنگین است سطح ایستابی دارای نوسان

1- Toksoz
2- Guyon

خواهد بود و از اینرو شرایط جریان زهکشی نیز در آنها ناماندگار و متغیر می‌باشد.

راه‌حلهای جریان ناماندگار توسط گلوِر - دام[1] (۱۹۵۴)، کراینهوف[2]، فان - د- لور[3] ماسلند[4] (۱۹۵۹)، گویون (۱۹۶۴)، عامر[5] (۱۹۶۵) و فان شیلفگارد[6] ارائه شده است. معادله گلور- دام تغذیه لحظه‌ای را در نظر می‌گیرد در حالیکه روشهای کراینهوف - فان د لور - ماسلند برای جریان های متغیر روزانه قابل استفاده است. بدین ترتیب این روش‌ها به ویژه برای شبیه‌سازی نوسانات سطح ایستابی ناشی از تغذیه توسط بارندگی یا آبیاری مناسب می‌باشد. در همه فرمولهای مذکور از جریان در بالای زهکشها چشم‌پوشی شده و سطح ایستابی اولیه را افقی یا بصورت سهمی درجه چهارم فرض می‌نماید. این معادلات همچنین مقاومت شعاعی جریان ورودی به زهکشها در لایه‌های بین عمق نصب زهکش تا لایه غیر قابل نفوذ (تقارب خطوط جریان) را بحساب نمی‌آورد. تأثیر تقارب خطوط جریان می‌تواند از طریق جایگزینی عمق واقعی لایه غیرقابل نفوذ با عمق معادل از معادلات جریان ماندگار "d" در نظر گرفته شود. به عنوان نمونه‌ای از معادلات جریان ناماندگار، معادله اصلاح شده گلور- دام به صورت زیر ارائه شده است:

$$L = \pi \left(\frac{K.d.t}{s}\right)^{0.5} \{\ln(1.16 \frac{h_o}{h_t})\}^{-0.5}$$

که در آن :

Kd = قابلیت انتقال آبخوان - متر مربع بر روز (که در آن d عمق معادل است)

t = زمان (روز)

s = تخلخل قابل زهکشی (متر بر متر)

h_o ، h_t = بار هیدرولیکی اولیه (در زمان t_o) و پس از زمان t (متر)

در کتاب راهنمای عملی زهکشی، USBR (1978)، براساس معادله گلور - دام روشی برای تعیین فواصل زهکشها در اراضی تحت آبیاری، ارائه شده است.

1- Glover - Dumm

2- Kraijenhoff

3- Van de leur

4- Maasland

5- Amer

6- Van Schilfgaarde

همچنین براساس معادله گلور - دام، ژانگ ویزن[1] (1983 - 1955) فرمولی در شرایط ناماندگار برای یک شبکه منظم متعامد همانند شبکه‌ای مشتمل بر زهکشهای مزرعه و زهکش جمع‌کننده ارائه داده است.

گویون و فان شیلفگارد با فرض اینکه شکل سطح ایستابی افتان در دوره بحرانی ثابت باقی بماند (بصورت بیضوی یا هر شکل دیگر) و در شرایطی که زهکشها روی لایه محدودکننده قرار گیرد، فرمولی به صورت زیر ارائه نمودند:

$$t = \frac{S.C.L^2}{K.4}\left(\frac{1}{h_t} - \frac{1}{h_o}\right)$$

که در آن C ضریب شکل بوده و چنانچه سطح ایستابی بیضوی باشد، برابر با $\frac{\pi}{9}$ است. فرمول مشابهی نیز برای شرایطی که زهکشها بالای لایه محدودکننده قرار می‌گیرد ارائه شده که در آن تأثیر تقارب خطوط جریان با استفاده از عمق معادل d از فرمول هوخهاوت یا گویون منظور می‌گردد.

فرمولهای متعددی برای تعیین عمق معادل ارائه شده است. لوول[2] و یانگز[3] (۱۹۸۴) و له‌سافر[4] (۱۹۸۸) این فرمولها را بازبینی نموده مورد بحث قرار داده‌اند. در لوله‌های نیم‌پر و آبخوانهای عمیق (d/L> ۰/۲۵) عمق معادل d برابرست با (هوخهاوت ۱۹۴۰، کرکهام ۱۹۵۸):

$$d = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{1}{ln\left(\frac{1}{\pi . r}\right)}$$

عامر و لوتین[5] ۱۹۶۵، پس از ادغام روابط پیوستگی و جریان و انتگرال‌گیری نسبت به t، رابطه زیر را ارائه داده‌اند:

1- Zhang Weizhen (1955 - 1983)
2- Lovell
3- Youngs
4- Lesaffre
5- Lutnin

$$L=\frac{\pi.k.t}{S.ln(\frac{h_o}{h_t}).ln(\frac{L}{\pi.r})}$$

لوول و یانگز (۱۹۸۴) راه حل عمومی برای شرایط ماندگار را بشرح زیر ارائه کرده‌اند.

$$q = k.(\frac{2h}{L})^{\delta}$$

که در آن در صورتیکه ۰/۱۸ <d/L باشد، ۱/۳۶ = δ و در صورتیکه $\frac{d}{L} > 0.18$ باشد:

$$\delta = 2.(\frac{2d}{L})^{2d/L}$$

مدل‌های شبیه‌سازی زهکشی

هیچ یک از فرمولهای زهکشی تأثیر تبخیر بر روی افت سطح ایستابی را منظور نداشته‌است و خیز و افت محاسبه شده برای سطح ایستابی، با مقدار خالص تغذیه آب زیرزمینی (مقدار تغذیه پس از کسر تبخیر و تعرق) مرتبط می‌باشد.

در زهکشی خارج از فصل، تفاوت بین مقدار کل تغذیه و مقدار خالص آن کم بوده می‌توان از آن صرف‌نظر نمود. در زهکشی در فصل زراعی و نیز در زهکشی بمنظور کنترل شوری، تفاوت بین دو عامل مذکور قابل ملاحظه است و بدین‌ترتیب نتیجهٔ محاسباتی که با استفاده از معادلات متداول برای تعیین رژیم تغییرات سطح ایستابی صورت می‌گیرد، نه تغییرات واقعی، بلکه تقریبی از آن را نشان می‌دهد. بعبارت دیگر در شرایط واقعی پس از بارندگی یا آبیاری، سطح ایستابی نسبت به مقادیر محاسبه شده خیز بیشتری پیدا کرده و بهمین ترتیب سریعتر از حدود محاسبه شده (برپایه تغذیه خالص) پایین می‌افتد.

تفاوتهای موجود بین رژیم محاسبه شده و واقعی سطح ایستابی، مشروط براینکه معیار صحیحی برای عمق مجاز سطح ایستابی به‌کار رود تأثیری بر قابلیت استفاده کاربردی

روشهای طراحی ناماندگار، ندارد.

اینکه اطلاع از جزئیات مربوط به رژیم تغییرات سطح ایستابی بتواند به تنهایی برای اصلاح، تدقیق و بهبود طراحی زهکشی مؤثر واقع شود مورد تردید است، زیرا هنوز روابط دقیق اینگونه تغییرات و تأثیر آن بر تولید محصول بخوبی شناخته شده نیست و بهمین دلیل تجزیه و تحلیل و تفسیر دقیق این نوع اطلاعات میسر نیست. البته تحقیقات در این زمینه در جریان است و تاکنون بعضی نتایج قابل استفاده نیز حاصل شده است. عده‌ای از محققین از جمله ژانگ ویزین (۱۹۸۳ و ۱۹۶۳) و هاتوت[1] (۱۹۸۳)، فرمولهایی را پیشنهاد نموده‌اند که براساس بعضی فرضیات، تأثیر تبخیر و تعرق را بر روی افت سطح ایستابی منظور می‌نماید، هرچند که تاکنون، امکان استفاده عملی از این فرمولها برای طراحی محدود بوده است.

در حال حاضر در برنامه‌های پژوهشی در زمینه زهکشی بر روی تهیه مدلهای جامع کامپیوتری برای شبیه‌سازی رژیم رطوبتی در خاکهای اشباع و غیراشباع و ارتباط آن با تغذیه آب زیرزمینی و تخلیه زهکشها، تبخیر و تعرق از سطح خاک و گیاه، خصوصیات فیزیکی خاک و عوامل آب و هوایی، تحقیق و فعالیت می‌شود و نتایج حاصله بصورت رابطه بین رطوبت و اکسیژن موجود در خاک بیان می‌گردد و روابط آنها با رشد گیاه و میزان تولید مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. مدل یک بعدی DRAINMOD توسط اسکاگز[2] (۱۹۸۶، ۱۹۸۰) می‌تواند برای طراحی زهکشی در نواحی مرطوب مورد استفاده قرار گیرد. مدل جریان اشباع SIDRA (لوسافر و زیمر[3]، ۱۹۸۸) وضعیت سطح ایستابی و شدت جریان (شامل جریان حداکثر) را پیش‌بینی می‌کند. مدل کامل‌تر و جامع‌تر FLOWEX - SWATRE - CROPR (فیدس[4] - ۱۹۸۸) قادر به تجزیه و تحلیل تأثیر زهکشی بر روی رشد محصول و میزان تولید بوده و می‌تواند تأثیرات شرایط خارج از فصل رشد از قبیل امکان کارکرد ماشین‌آلات بر روی اراضی را ارزیابی کند.

1- Hathoot

2- Skaggs

3- Zimmer

4- Feddes

حالت غرقابی

وضعیتی خاص از زهکشی در شرایطی پیش می‌آید که اراضی برای کشت برنج یا آبشویی املاح غرقاب گردد. تئوری جریان آب زیر زمینی به سمت زهکشها در حالت غرقابی و فرمولهای مختلف زهکشی برای خاکهای یک ویا چند لایه به تفصیل توسط کرکهام (۱۹۵۷) بررسی شده است.

ژانگ ویزین و شن رونکایی[1] (۱۹۸۳) فرمولی را برای تعیین فواصل انهار زهکشی و جابجایی املاح تحت شرایط آبشویی غرقابی یا کشت برنج ارائه داده‌اند.

افت ورودی[2]

جریان آب به سمت زهکشها و عبور آن از میان منافذ نسبتاً محدود لوله‌های زهکشی، باعث می‌گردد بخشی از بار هیدرولیکی تلف شود. این افت بار، افت ورودی نامیده می‌شود. برای شدت جریان ثابت، لوله‌هایی که سطح منافذ آن کم باشد افت بار بیشتری از لوله‌هایی که سطح منافذ آن بیشتر است خواهد داشت. ویژگیهای ورود جریان در لوله‌های مختلف به وسیله ضریب مقاومت با یکدیگر مقایسه می‌شود. رابطه ضریب مقاومت و افت بار بقرار زیر است (ILRI - 1974).

$$h_e = \alpha \frac{Q}{k}$$

که در آن :

h_e = افت بار ورودی (متر)

α = ضریب مقاومت

Q = شدت جریان ورودی به یک متر از لوله (مترمکعب در روز)

K = هدایت هیدرولیکی مواد پوششی لوله (متر در روز)

1- Shen Rongkai

2- Entry loss

حدود تغییرات α بشرح زیر است :

لوله‌های سفالی و بتنی	۰/۲ - ۰/۴
لوله‌های پلاستیکی صاف	۰/۶ - ۰/۴
لوله‌های پلاستیکی موجدار	۰/۱ - ۰/۰۵

لوله‌های سفالی و بتنی بواسطه فاصله نسبتاً زیاد بین نقاط ورود آب بداخل لوله، دارای مقاومت ورودی بالاتری نسبت به سایر لوله‌ها است. لوله‌های پلاستیکی موجدار، بواسطه اینکه مجموع مساحت منافذ موجود در جدار آن بیشتر از منافذ لوله‌های پلاستیکی صاف است، دارای حداقل مقاومت می‌باشد. انتخاب صحیح مقدار α بمنظور انتخاب نوع مناسب پوشش دور لوله‌های زهکشی واجد اهمیت می‌باشد.

طول زهکشها

خطوط لوله زهکشی را باید با رعایت محدودیتهای فیزیکی و اقتصادی سیستم زهکشی تا حد ممکن طویل انتخاب نمود. طول زهکشها ممکن است بعلت عوامل زیر محدود شود:

- شیب اراضی؛
- رقوم زهکشهای اصلی، سازه‌های زهکشی و خروجی تخلیه‌گاهها؛
- ظرفیت و توانایی ماشین‌آلات مورد استفاده؛
- قیمت لوله‌های مورد استفاده؛
- مسایل و مشکلات نگهداری؛
- ظرفیت جریان لوله‌ها.

در اراضی مسطح، طول زهکشها معمولاً بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ متر انتخاب می‌شود. در شرایطی که شیب اراضی و سایر عوامل مؤثر اجازه دهد، ممکن است طول زهکشها را بیش از ۴۰۰ متر و تا حدود ۲۰۰۰ متر نیز انتخاب نمود.

عمق زهکشها

عمق مطلوب برای زهکشهای مزرعه متأثر از نفوذپذیری خاک، فواصل زهکشها، عمق مطلوب سطح ایستابی، حدود شوری قابل تحمل برای گیاه، عمق لایه غیرقابل نفوذ و تراز ارتفاعی در محل تخلیه سیستم می‌باشد. از آنجا که ابتدایی‌ترین نقش لوله‌های زهکشی جمع‌آوری و تخلیه آب زیرزمینی است، بنابراین تا حد امکان این لوله‌ها می‌باید در لایه نسبتاً درشت بافت تعبیه شود. رقوم و یا عمق تخلیه‌گاه می‌باید طوری باشد که امکان نصب زهکشهای مزرعه را در عمق مورد نیاز فراهم نموده و جریانهای زهکشی را بدون مانع از خود عبور دهد.

بطور معمول زهکشهای مزرعه با درنظرگرفتن ظرفیت و توان ماشین‌آلاتِ نصب زهکشها وهزینه‌های احداث و نگهداری آنها، تا حدی که از نظر اجرایی و اقتصادی قابل توجیه باشد عمیق نصب می‌شود. همچنین بطور معمول در محدوده هر پروژه، منطقه یا دشت، زهکشها در عمق کم و بیش مشابه تعبیه می‌شود. در شرایط خاکهای عمیق و یکنواخت، عمق بهینه کارگذاری مطلوب زهکشها را می‌توان از طریق مقایسه اقتصادی هزینه‌های نصب زهکشها در اعماق مختلف تعیین نمود.

عمق متداول برای نصب زهکشها در شرایط زهکشی در فصل زراعی و یا خارج از فصل زراعی در حدود ۰/۹ تا ۱/۵متر است. در زهکشی برای کنترل شوری، بویژه چنانچه دوره آیش در تابستان قرارگیرد، عمق بیشتری در حدود ۱/۵ تا ۲/۵ متر مورد نیاز است تا شورشدن اراضی تحت تأثیر خیز موئینه‌ای از آب زیرزمینی در طی دوره توقف آبیاری به حداقل برسد.

شیب زهکشها و سرعت جریان

شیب زهکشها تا حد امکان می‌باید طوری باشد که بتواند سرعت غیر رسوبگذار را که در حدود ۰/۴ متر بر ثانیه است تأمین کند و در عین حال کمتر از میزانی باشد که باعث ایجاد جریان متلاطم و تخریب بستر زهکشها گردد. در شرایطی که خطر رسوبگذاری وجود داشته و سرعت جریان کمتر از ۰/۴ متر بر ثانیه باشد، می‌توان بوسیله پوشش دور لوله‌ها و ایجاد رسوبگیرهای متوالی، از نهشته شدن رسوب در درون لوله‌ها ممانعت بعمل

آورد (سرویس حفاظت خاک آمریکا - ۱۹۷۳)

چنانچه زهکشها بگونه‌ای نصب شود که سرعت جریان در آنها بیشتر از ارقام ارائه شده در زیر باشد، برای محافظت لوله‌های زهکشی، باید تدابیر ویژه بکار برده شود.

بافت خاک	سرعت جریان (متر در ثانیه)
ماسه و لوم ماسه‌ای (S, SL)	۱/۱
سیلت و لوم سیلتی (Si, SiL)	۱/۵
لوم سیلتی رسی (SiCL)	۱/۸
رس و لوم رسی (C, CL)	۲/۱
ماسه درشت و شن	۲/۷

اندازه لوله‌های زهکش

برای تعیین قطر لوله‌های زهکشهای مزرعه و جمع‌کننده‌ها، به دوشیوه زیر عمل می‌شود:

- جریان در لوله یکنواخت و برابر با دبی (طراحی) در خروجی لوله فرض می‌شود.
- جریان در لوله غیریکنواخت فرض می‌شود، بدین صورت که در ابتدای لوله صفر بوده و در انتها تا دبی (طراحی) افزایش می‌یابد.

روش اول در امریکا مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این روش زهکشها بزرگتر از حد نیاز طراحی می‌شود، که خود ضریب اطمینانی برای جبران خطرات رسوبگذاری و خطاهای اجرایی خواهد بود. روش دوم در بیشتر کشورهای اروپایی بکار برده می‌شود. کاربرد این روش منجر به انتخاب اندازه‌های کوچکتر برای لوله‌های زهکشی در قسمتهای ابتدایی مسیر می‌شود. در روش اخیر، ضریب اطمینان طراحی بصورت جداگانه و از طریق افزایش دبی طراحی (تاحدود ۳۳درصد) اعمال می‌گردد.

محاسبات هیدرولیکی جریان آب در هر دو روش معمولاً براساس فرمول مانینگ انجام می‌گیرد که توسط فرامجی و همکاران (۱۹۸۷) تشریح گردیده است. در بیشتر انواع لوله‌ها، ضریب زبری n در حدود ۰/۰۱۴ تا ۰/۰۱۵ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در

لوله‌های موجدار (خرطومی) با قطر زیاد، ضرایب زبری بزرگتری بایستی اعمال گردد. ضریب m در فرمول مانینگ ($m=\frac{1}{n}$) برای لوله‌های موجدار تابعی از قطر داخلی D و فاصله بین موجها S است (ایروین[1] ۱۹۸۲) و توسط رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$M = 0.053 \frac{S^{0.38}}{D^{0.21}}$$

S و D به متر است (بومنز[2] ۱۹۸۶).

بطور معمول لوله‌های زهکشی در اقطار معین و استاندارد تولید می‌شود. روش متداول و عملی برای طراحی این است که حداقل قطر مورد نیاز با درنظرگرفتن ضریب اطمینان را محاسبه نموده و سپس از بین لوله‌های استاندارد موجود اولین قطر با اندازه بزرگتر را انتخاب نمود. وقتی طول زهکشهای مزرعه نسبتاً کم است می‌توان از یک قطر واحد برای تمام مسیر استفاده کرد. لیکن در طول مسیر زهکشهای طویل و نیز در جمع‌کننده‌ها، لوله‌های با قطر متفاوت که به سمت تخلیه‌گاه بزرگتر می‌شود بکار می‌رود.

دبی طراحی برای تعین قطر زهکشهای مزرعه را می‌توان معادل دبی طراحی در شرایط ماندگار در نظر گرفت. در زهکشهای طویل و در جمع‌کننده‌ها، ضریب کاهش سطح[3] اعمال می‌شود، بدین معنی که با افزایش مساحت زمینهای زیرپوشش لوله زهکش، دبی ویژه زهکشی کاهش می‌یابد.

1- Irwin

2- Boumans

3- Area reduction factor

منابع مورد استفاده :

Amer.M.H., Luthin,J. , 1965;
Proposed design spacing equation under transient water table condition and comparison with the Hek-Show model;
Ph.D. thesis, University of California;
Davis, USA .

Boumans, J.H., 1986;
Flow formulae for corrugated drain tubing (Dutch)
Cultuur Technisch Tijdschrift 20, No.1 .

Boumans, J.H., 1987;
Publication No. 42;
International Institute for Land Reclamation and Improvement;
Wageningen, The Netherlands

Bureau of Reclamation, 1978;
Drainage Manual; (first edition);
US Department of Interior;
Washington D.C., USA.

Dumm, L.D., 1945;
New formula for determining depth and spacing of subsurface drains in irrigated lands
Agr. Eng. 35, 725-730

Food and Agriculture Organization, 1976;
Irrigation and Drainage Paper No. 29;
Rome, Italy.

Food and Agriculture Organization, 1980;
Drainage Design Factor;
Irrigation and Drainage Paper No. 29;
Rome, Italy.

Framji,K.K., B.C. Garg and S.P. Kaushish (ed.), 1987
Design practices for covered drains in an agricultural land drainage system, a world wide survey, ICID;
Thomson Press
New Delhi, India

Feddes R.A., 1988;
Effects of drainage on crops and farm management;
Agrohydrology-Recent Developments, Van Hoorm ed.
Elsevier, Amsterdam.

Guo Donping, 1965;
The unsteady ground water flow between canals and drains under the influence of evaporation (Chinese);
Collection of paper, Water Conservancy and Hydroelectrical Research Institute;
Industry Press, China.

Guo Yuanyu, ed., 1981;
Irrigation and Drainage (Chinese)
Water Conservancy and Electrical Power Press;

Guyon G., 1964;
Contribution a l'hydraulique des nappes drainees (French);
Bulletin Techinque de Genie Rural.

Hammad H.Y., ;
Depth and spacing of tile drain system;
ASCE, Proc.88(IRI), 1962.

Hoorn J.W.van ed., 1988;
Agrohydrology -Recent developments;
Elsevier, Amsterdam.

International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI), 1974;
Drainage principles and applications
Wageningen, The Netherlands

Irwin R.W., 1982;
Hydraulic roughness of corrugated plastic tubing;
Int.Drain. Workshop by CPTA;
Washington D.C., USA.

Kirkham D., 1957;
The ponded water case;
Drainage of Agricultural lands pp 139-181;
Am. Sco. Agronomy (ed. J.N. Luthin)

Kirkham D. , 1958;
Seepage of steady rainfall through soil into drains;
Trains. Am. Geophys. Union,39(5),pp. 892-908.

LeSaffre B., 1987;
Currennt drainage design practices in France;
Third International Workshop on Land Drainage;
Columbus, Ohio, USA.

LeSafre B. and Zimmer D., 1988;
Subsurface drainage peak flows in shallow soil;
Journal of Irr. and Drain. Engng. ASCE.

LeSafre B., 1988;
Hydrologic and hydraulic operation of subsurface drainage of seasonally waterlogged soils, Peak discharges and SIDRA model;
Ph.D. thesis (French. 334 pp.

Lovell C.J. and Youngs E.G., 1984;
A comparison of steady state land drainage equations;
Agriculture Water Management, 9 , pp. 1-21.

Luthin J.N.,ed. 1957;
Drainage of agricultural lands;
Agronomy 7. Amer. Soc. Agronomy;
Madison, Wisconsin, USA.

Maasland M., 1959;
Water table fluctuation induced by intermittent recharge;
Journal Geophys. Res. 64.

Qu Xingye and Zhang Yiuyi, 1981;
Calculation of field drain spacing in consideration of the influence of evaporation and desalinization requirement.
Journal of Hydraulic Engineering No. 5 (Chinese).

Qu Xingye, 1962;
Analysis of ground water flow to drains in homogenous soil under the condition of uniform infiltration;
Journal of Hydraulic Engineering No. 6 (Chinese).

Qu Xingye, 1982;
Calculation of discharge and correction factor on the partial penetration of open drains and pipe drains;
Journal of Hydraulic Engineering No. 4 (Chinese).

Schilfgaarde J.van, ed. 1974;
Drainage for Agriculture;
Agronomy 17, Amer. Society of Agronomy;
Madisonn, Wisconsin, USA.

Skaggs R.W., 1980;
A water management model for artificially drained soils
T.B. 267 NC. Agric. Res. Serv.
Raleigh. 54 pp.

Skaggs R.W., 1986;
Drainage modeling in research and design;
Proc. Intern. Seminar on Land Drainage, 1986;
Helsinki Saavalainenn;
Vakkilainen eds

Smedema, L.K. and D.Rycroft, 1983;
Land Drainage ;
Planning and design of agricultural drainage system;
Batsford Academic and Educational Ltd.
London, United Kingdom.

Soil Conservation Service , 1973;
Drainage of agriculturl land;
A practical handbook for the planning, design, construction and maintenance of agricultural drainage system;
Water information Center Inc.
Port Washington, USA.

Zhang Weizhen, 1955;
Influence of Irrigation on ground water regime (Russian)
Dissertation for partial fulfilment of Ph.D. degree;

Zhang Weizhen, 1959;
The unsteady ground water regime under the influence of irrigation;
"Influence of Irrigation on Regime of Groundwater", Collection of papers, Vol.2 ;
Academic Press of USSR (Russian).

Zhang Weizhen, 1959;
Field irrigation and drainage system, In "Irrigation and Drainage" (Chinese);
Wuhan Institute of Hydraulic Engineering, Water Conservancy Press.

Zhang Weizhen, 1963;
Calculation of the ground water regime under the condition of drainage and evaporation (Chinese);
Journal of Wuhan Institute of Hydraulic and Electrical Engineering No.1.

فصل چهارم

مصالح زهکشی

در کارهای زهکشی، عمده‌ی مصالحی که مورد نیاز بوده و بکار برده می‌شود عبارتست از:

- لوله‌ها
- مصالح پوششی و فیلترها
- مصالح مورد استفاده برای احداث ساختمانها

مشخصات ویژه‌ی هریک از مصالح مزبور در بخشهای مختلف این فصل تشریح می‌گردد.

۴-۱ لوله‌های زهکشی

تا قبل از سال ۱۹۶۰، لوله‌هایی که در زهکشی بکار برده می‌شد از نوع سفال یا بتنی بود. در این سال لوله‌های پلاستیک سخت با جدار صاف در کارهای زهکشی مورد استفاده قرار گرفت و کمی بعد یعنی در سال ۱۹۶۷، لوله‌های پلاستیک موجدار (خرطومی) که در عین حال مشبک نیز بود به بازار معرفی شد. لوله‌های پلاستیک الزاماً مشبک است و در سطح آنها شبکه‌ای از سوراخها و یا شیارهای منظم تعبیه می‌گردد. ضخامت جدار و شکل و اندازه موجها در لوله‌های خرطومی مشبک به گونه‌ای طراحی و ساخته می شود که استحکام کافی را برای لوله تأمین کند، بطوریکه لوله بتواند متناسب با عمقی که کار گذاشته می‌شود در مقابل بارهای وارد بر آن مقاومت و پایداری نماید. اتصالات مورد استفاده برای این لوله‌ها نیز باید از جنس خود لوله‌ها بوده و بتواند بخوبی قطعات مختلف را به یکدیگر متصل سازد. در حال حاضر لوله‌های خرطومی مشبک، رایج‌ترین نوع لوله است که در زهکشی بکار می رود. در مواردی که به لوله‌های با قطر بیشتر نیاز باشد (زهکشهای جمع‌کننده)، لوله‌های سفالی و مخصوصاً بتنی هنوز هم به شکل گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. در شکل ۴-۱ انواع لوله‌های رایج در کار

زهکشی نشان داده شده است.

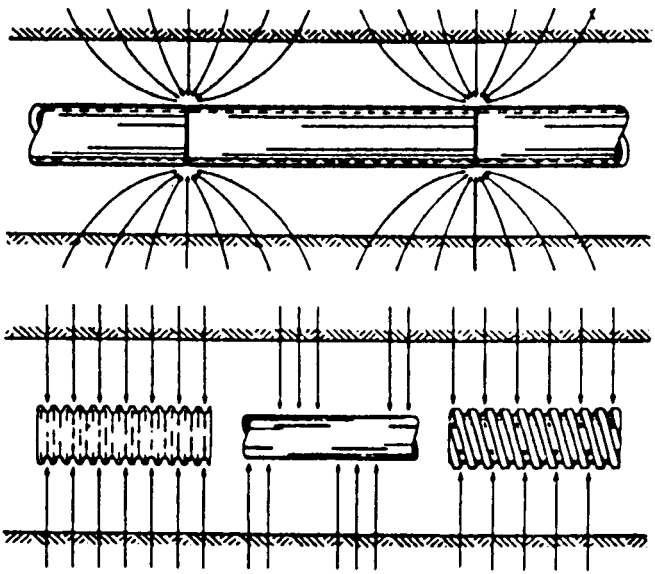
لوله‌های پلاستیک معمولاً از پلی‌اتیلن یا پی‌وی‌سی ساخته می‌شود، که نوع اخیر آن به‌ویژه در کشورهای اروپایی و آسیایی رایج‌تر است. این نوع لوله‌ها عمدتاً بصورت خرطومی و موجدار تولید می‌شود تا ضمن صرفه‌جویی در مصرف مواد اولیه، انعطاف‌پذیر بوده و مقاومت لازم را برای تحمل بارهای وارده بدست آورد. در مقابل، از نظر هیدرولیکی، زبری جدار لوله‌های خرطومی بیشتر بوده و در مقایسه با لوله‌های جدار صاف، برای عبور یک جریان مشخص باید قطر بیشتری داشته باشد.

شکل ۴-۱ انواع لوله های مورد استفاده در زهکشی

در عرف متداول اروپا، اندازه لوله‌ها بر مبنای قطر خارجی آنها برحسب میلیمتر مشخص می‌شود. اندازه‌های استاندارد برای این نوع لوله‌ها عبارتست از ۴۰، ۵۰، ۶۵، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰ و ۲۰۰ میلیمتر. اخیراً امکان ساخت لوله‌های با قطر بزرگتر نیز فراهم شده است. درعرف متداول امریکا و کانادا، اندازه لوله‌ها بر مبنای قطر داخلی و برحسب اینچ تعیین می‌گردد و اندازه‌های متداول آنها عبارتست از ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۰،

۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۴اینچ. بطور تقریب قطر داخلی لوله‌ها ۹۰٪ قطر خارجی آنها است.

کلیه لوله‌های خرطومی که برای زهکشی تولید می‌شود انعطاف‌پذیر است . لوله‌های با قطرهای تا ۲۰۰ میلیمتر معمولاً بصورت کلاف بسته‌بندی می‌شود. لوله‌های با قطر بزرگتر که برای احداث جمع‌کننده‌ها بکار می رود بصورت شاخه‌های ۶ متری تولید و عرضه می‌گردد. شبکه سوراخهایی که برای ورود جریان به لوله‌های خرطومی ایجاد می‌شود در قسمت گود (دره) موج جدار قرار می گیرد(شکل شماره ۴-۲). اندازه این سوراخها بین ۰/۶ تا ۲ میلیمتر است و در مجموع به ازاء هر متر طول لوله، مساحت سوراخها حدود ۸۰۰ میلیمتر مربع است.



شکل ۴-۲ چگونگی ورود آب به لوله های زهکشی

اندازه‌های استاندارد برای لوله‌های سفالی معمولاً بین ۶۵-۵۰[۱] تا ۱۰۰-۸۰ میلیمتر متغیر است و تا حدود ۲۰۰میلیمتر (قطر داخلی) نیز ساخته می‌شود. لوله‌های سفالی در مقابل عوارض خوردگی و فرسودگی، به ویژه در خاکهای سولفاته بسیار مقاوم و پایدار است. در لوله‌های سفالی، آب از درز بین لوله‌ها وارد لوله می‌شود (شکل ۴-۲).

لوله‌های بتنی در مصر و عراق بصورت گسترده‌ای برای احداث زهکشهای زیرزمینی بکار رفته است. این لوله‌ها عموماً در اندازه‌های متوسط تا بزرگ، در قطرهای بین ۲۰۰-۱۰۰ میلیمتر و یا بزرگتر و در قطعات به طول ۳۰ تا ۵۰سانتیمتر ساخته می‌شود. لوله‌های بتنی برای استفاده در احداث زهکش زیرزمینی در خاکهای اسیدی یا سولفاته و شور، باید با استفاده از سیمان مقاوم (تیپ ۵) ساخته شود، در غیر این صورت در اثر خوردگی شیمیایی در زمان نسبتاً کوتاهی فرسوده شده از بین می‌رود.

تولیدکنندگان لوله‌ها بطور مستمر در تلاش هستند تا با ابداع روشهای جدیدتر، هزینه‌های ساخت و تولید لوله‌ها را کاهش داده و حمل و نقل و بکاربری آن را ساده‌تر و ارزانتر کنند. آخرین تحول درخور توجه در این زمینه، استفاده از کارخانه‌های سیار برای ساخت لوله است. ابداعات دیگر از قبیل ساخت لوله با مقطع مثلثی، لوله‌های زیپ‌دار که بصورت ورق مسطح حمل و نقل می‌شود و ..... موفقیتی بدست نیاورده است.

لوله‌های زهکشی باید از قابلیت خوبی برای جذب آب برخوردار باشد. در لوله‌های غیرمشبک، این توانایی علاوه بر هدایت هیدرولیکی خاک و یا مواد پوششی در پیرامون لوله، به اندازه درز بین لوله‌ها و طول قطعات لوله بستگی دارد. در بعضی کشورها، برای لوله‌های پلاستیک استانداردهایی تدوین شده است که شکل، اندازه و تراکم سوراخها را در لوله‌ها مشخص می‌سازد. این استانداردها علاوه بر اینکه توسط سازندگان برای طراحی و ساخت لوله رعایت می‌شود، برای تنظیم مشخصات فنی در اسناد مناقصه و همچنین بمنظور کنترل کیفیت لوله‌های تولیدشده مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرگاه لوله‌های زهکشی مطابق با این استانداردها تولید شود، افت بار هیدرولیکی برای ورود جریان به داخل لوله از حدود چند سانتیمتر تجاوز نخواهد نمود.

۱- قطرهای داخلی و خارجی لوله

نام کشور	شماره استاندارد	نوع لوله	منبع
استرالیا	AS 24399 و Part 1 - 1981	لوله‌های پلاستیک مشبک برای زهکشی	Standards Association of Australia
بلژیک	BRBV 34.7	لوله‌های خرطومی مشبک پی‌وی‌سی	National Land Company
کانادا	CGSB 41 - GP - 29 Ma	پلاستیک	Canadian General Standards Board
	BNQ 3624 - 115	پلاستیک	Bureau de Normalization du Quebec
چکسلواکی	CSN 72 2699	سفال	Institute for Standardization and Measurement
	CSN 13 8740	پلاستیک	
اتیوپی	BS 4962	پی‌وی‌سی خرطومی	Chitchley Standard
آلمان	DIN 1180	سفال	RAL
	DIN 1187	پی‌وی‌سی	RAL
فرانسه	NF U51 - 101	پی‌وی‌سی خرطومی	AFNOR
	NF U51 - 151 to 159		
هلند	NEN 7036	پی‌وی‌سی خرطومی	KOMO
لهستان	PN - 76/B - 12040 PN - 70/B - 12016	سفال	Polish Committee Of Standards
	BN - 78/6354 - 12	پی‌وی‌سی	Ministry of Chemistry
رومانی	STAS 1626/1974 ITI	سفال - پی‌وی‌سی	
آمریکا	ASTM F-405, F-449, F-667, F-800, F-892	پلی‌اتیلن خرطومی	American Society for Testing and Materials
	SCS C-606	پلی‌اتیلن خرطومی	US.Department of Agriculture

جدول شماره ۴-۱ استانداردها و دستورالعمل‌های موجود در بعضی از کشورها برای کنترل کیفیت لوله‌ها

برای حصول اطمینان از کیفیت ساخت، لوله‌های زهکشی را باید مورد آزمایش قرار داد. اینگونه آزمایشها می‌تواند در آزمایشگاه و یا حتی در مزرعه انجام شود (Scholten and Ven, 1984). در این زمینه، در سال ۱۹۸۷ دستورالعمل جامعی بوسیله آمی [1] تهیه شده است که می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در کشورهای فرانسه و هلند، تولیدات دارای گواهی کنترل کیفیت است و در این گواهی، انجام موفقیت‌آمیز آزمایشهای مختلف مورد تأیید قرار می‌گیرد. در بعضی کشورها، استانداردهایی برای کیفیت مواد و چگونگی ساخت لوله‌ها تدوین شده است. جدول ۴-۱، فهرستی از این استانداردها را ارائه می‌دهد. سازمان استانداردهای بین‌المللی (ISO) استاندارد بین‌المللی لوله‌ها و اتصالات پی‌وی‌سی برای بکاربری در زهکشی را در دست تهیه دارد. پیش‌نویس این استاندارد در ۱۹۸۵ منتشر شد.

براساس همین استانداردها معیارهایی عمومی، ولی عملی برای انتخاب لوله‌های پلاستیک خرطومی تدوین شده است. توجه شود که این معیارها باید با توجه به نکات زیر و برحسب شرایط محلی به شکل دقیقتر و تفصیلی‌تری تعریف گردد.

- بطور معمول لوله‌ها در قطرهای بین ۴۰ تا ۲۰۰ میلیمتر تولید می‌شود، هرچند لوله‌های با قطر بزرگتر نیز قابل تهیه است.
- مساحت سوراخها بین ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر مربع در هر متر طول است. این سوراخها عموماً گرد و یا مستطیلی است. سوراخها در داخل شیارهای لوله خرطومی تعبیه می‌شود.
- وزن واحد طول لوله (حجم ماده مصرف شده) بستگی به نوع ماده اولیه (پلی‌اتیلن یا پی‌وی‌سی) و نیز شکل و طرح شیارهای لوله دارد.
- در آزمایش سختی [2] لوله تحت شرایط ماندگار (بیش از ۷ روز)، حداکثر تغییر شکل لوله تا ۱۰٪ می‌تواند قابل پذیرش باشد.
- در مورد لوله‌های پی‌وی‌سی، آزمایش ضربه [3] می‌تواند اعمال شود.

1- Ami

2- Stiffness

3- Impact test

- در شرایط آزمایشگاهی، قابلیت کشش و افزایش طول لوله باید بیش از ۱۰ درصد باشد. در شرایط اجرا و نصب، میزان کشش اعمال شده نباید از ۵ درصد طول لوله نصب شده تجاوز نماید.

معیارهای انتخاب لوله‌های زهکشی

بطور کلی برای انتخاب یکی از انواع لوله های مناسب برای استفاده در سیستم زهکشی به دو عامل اصلی توجه می شود. یکی از این دو عامل قیمت لوله و دیگری در دسترس و یا موجود بودن آن در بازار است . در عین حال توصیه‌های زیر برای انتخاب لوله شایان توجه خواهد بود.

هرگاه کلیه انواع لوله‌های زهکشی به گونه‌ای یکسان قابل تهیه و در دسترس باشد، استفاده از لوله‌های پلاستیک خرطومی دارای مزیت‌هایی است که از جمله آنها می‌توان به سبکی وزن و پیوستگی لوله در طولهای نسبتاً زیاد اشاره داشت که در حمل و نقل لوله به کارگاه و نیز جابجایی آن در محل کار تسهیلات زیادی را بوجود می‌آورد. امکان جابجایی لوله‌ها بوسیله کارگر به ویژه در شرایطی که به هر دلیل استفاده از ماشینهای حمل ونقل مشکلاتی در برداشته باشد، حائز اهمیت زیادی است. همچنین اگر مقدار لوله مورد نیاز قابل ملاحظه باشد می‌توان با مستقرنمودن یک کارخانه سیار، لوله‌های پلاستیک را در محل کارگاه تولید نمود.

لوله‌های پلاستیک یک امتیاز دیگر نیز دارد و آن این است که در مقایسه با سایر انواع لوله‌ها، عملکرد آن نسبت به کیفیت نصب حساسیت کمتری دارد و به ویژه برای بکاربردن با ماشینهای زهکشی بسیار مناسب است.

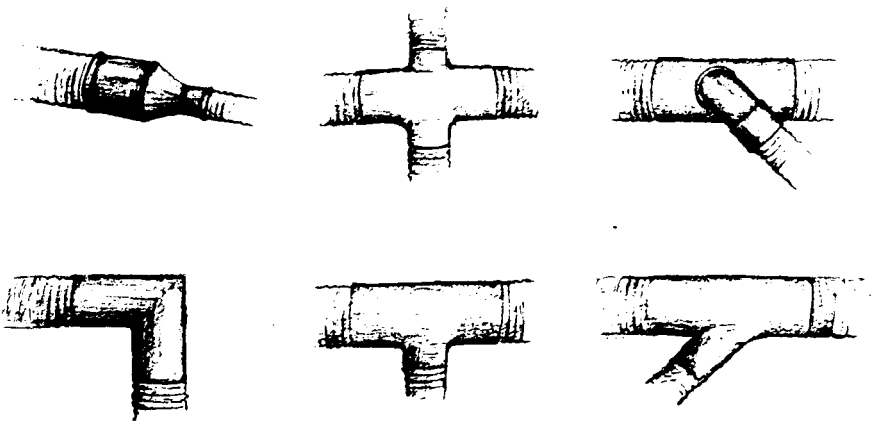
چنانچه لوله‌های پلاستیک در دسترس نباشد، در شرایط معمول تدارک امکانات برای ساخت و تولید لوله‌های بتنی در محل پروژه آسانتر است. زیرا در مقایسه با سفال، ساخت لوله‌های بتنی به مهارتهای کمتری نیاز دارد و اگر مقدار لوله مورد نیازکم باشد، ساخت این نوع لوله‌ها در محل کار احتمالاً توجیه‌پذیری بیشتری دارد.

هزینه‌های تولید انواع مختلف لوله زهکشی (بتنی ، سفالی ،پلاستیک) وقتی قطر لوله کمتر از ۱۰۰ میلیمتر باشدکم و بیش با یکدیگر قابل مقایسه است ولی زمانی که لوله‌های با

قطر زیاد مورد نیاز باشد، معمولاً تولید لوله‌های بتنی کمترین و لوله‌های پلاستیک بیشترین هزینه را در برخواهد داشت.

اتصالات لوله‌های زهکشی

انواع اتصالات درلوله‌های زهکشی شامل سه راهی، چهارراهی، زانویی، درپوش و تبدیل است که برای هر سه نوع مصالح بتنی، سفال و پلاستیک مورد نیاز می‌باشد (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳ نمونه اتصالات لوله های زهکشی

۴-۲ مصالح پوشش[1]

مصالح پوششی در پیرامون لوله‌های زهکشی دو نقش اساسی زیر را بعهده دارد:

۱- بعنوان «فیلتر یا صافی» مانع ورود ذرات خاک به داخل لوله شده و از رسوب‌گرفتگی لوله و انسداد شبکه سوراخها و یا درز بین لوله‌ها جلوگیری می‌کند.

۲- بعنوان «هادی» با ایجاد یک لایه نفوذپذیر در پیرامون لوله، ورود آب به داخل لوله را

1- Envelope Materials

آسان‌تر نموده و افت بار هیدرولیکی را کاهش می‌دهد.

در اغلب موارد تأمین همزمان هر دو منظور فوق ضرورت پیدا می‌کند. بطورکلی لایه پوششی در پیرامون لوله، حافظ پایداری خاک پیرامون آن در مقابل پدیده جوشش[1] است.

برحسب شرایط، گاهی بجای اینکه مواد پوششی درتمامی پیرامون لوله اجرا شود فقط بر رو و یا تنها در زیر آن قرار داده می شود. مثلا در مواردی که بستر لوله پایدار و نفوذ پذیر است، ممکن است اجرای مصالح پوششی تنها بر روی لوله، و آنهم فقط برای حفاظت لوله در مقابل واریختن خاک به ترانشه ضرورت پیدا کند. وقتی وجود مواد پوششی در تمامی پیرامون لوله ضروری باشد، می‌توان لوله‌های پلاستیک را در کارخانه به صافی پیش‌ساخته مجهز نمود. خاکهای هوموسی «پیت» را نیز می‌توان برای پوشش روی لوله‌های سفال بکار برد.

مصالح پوششی برحسب جنس مواد به قرار زیر گروه‌بندی می شود:

- پوششهای دانه‌ای سنگی مانند شن و ماسه، پوکه‌های سنگ‌جوش
- پوششهای آلی مانند پیت، کاه کنف، کاه برنج، پشم نارگیل
- پوششهای سنتتیک نازک مانند توری نایلونی، پشم شیشه، رشته‌های اکریلیک
- پوششهای سنتتیک ضخیم مانند پشم‌پلی‌پروپیلن، دانه‌های استیرن

ضرورت استفاده از پوشش به شرایط خاک بستگی دارد. وجود ماسه ریز و سیلت (لای) در خاک مسبّب اصلی رسوب‌گذاریِ درون لوله‌ها و گرفتگی مقطع و انسداد منافذِ آن می‌باشد. ماسه درشت و رس، از این جهت مسئله‌ای ندارد، زیرا مواد رسی در جریان آب بصورت معلق باقی می‌ماند و ماسه درشت اساساً بندرت جابجا می‌شود. تقریباً کلیه خاکهایی که میزان رس آنها کمتر از ۱۵ درصد است، و یا خاکهایی که در بافت آنها ماسه ریز و سیلت وجود دارد، و یا خاکهایی که دانه‌بندی آن ناپیوسته است، به مصالح پوششی نیاز دارد. لوله های زهکش در خاکهای حاوی ماسه ریز و لای (خاکهای لومی) هم بعنوان «صافی» و هم بعنوان «هادی» به پوشش نیاز دارد. خاکهایی که میزان رس آنها از ۴۰٪ بیشتر بوده و از ساختمان خوبی نیز برخوردار باشد، احتمالاً به عنوان «صافی» بـه پـوشش‌نیاز ندارد.

1- Boiling Phenomenon

شیوه‌ای که برای تشخیص ضرورت بکاربری مواد پوششی و ارزیابی نحوه عملکرد آن مورد استفاده قرار می‌گیرد آزمایش «جریان نفوذسنج»[1] (شکل ۴-۴) است. در یک جریان قائم از پایین به بالا، ممکن است گرادیان هیدرولیکی در مجاورت لوله زهکش از حد بحرانی تجاوز نموده باعث جابجایی و بهم‌خوردگی شدید ساختمان خاک گردد. برحسب تعریفی که ترزاقی[2] ارائه نموده، گرادیان هیدرولیکی وقتی بحرانی است که در آن پایداری هیدرودینامیکی[3] معادل وزن مخصوص خاک مستغرق در آب باشد.

با استفاده از آزمایش «جریان نفوذسنج» حد بحرانی گرادیان هیدرولیکی برای هر نوع خاک اندازه‌گیری و تعیین می‌شود. وقتی حد بحرانی گرادیان هیدرولیکی دریک خاک خیلی کم باشد (کمتر از ۲٪)، می‌توان از پوششهای سنتتیک استفاده نمود. روش آزمایش «جریان نفوذسنج» می‌تواند برای ارزیابی قابلیت استفاده از فیلترهای مختلف برای خاکهای گوناگون نیز بکار برده شود.

برای انتخاب مصالح مناسب برای پوشش پیرامون لوله های زهکشی باید علاوه بر شرایط خاک، به چگونگی دسترسی به مصالح (موجودبودن آن در بازار)، مقدار مورد نیاز، هزینه‌های تهیه و حمل و نقل و کارگذاری آن توجه نمود.

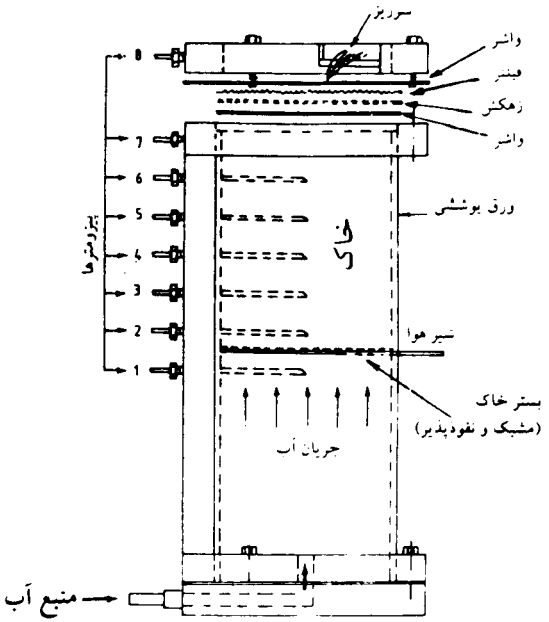
گاهی به علت کمبود منابع تهیه ویا هزینه‌های گزاف حمل و نقل و اجرای پوشش شنی، استفاده از این مصالح، هزینه های زیادی در بر دارد و بهمین جهت تنها در مواردی همانند پروژه‌های خانه‌سازی و یا میدانهای ورزشی، که کار متمرکز بوده و یا سرمایه‌گذاریهای اولیه زیاد است، بکار برده می‌شود. در بعضی شرایط، خصوصیات خاک، نوع لوله مورد استفاده، سهولت دسترسی به مصالح شنی و مشکلات دسترسی به دیگر انواع مصالح پوششی، استفاده از شن و ماسه را در کارهای زهکشی کشاورزی توجیه‌پذیر و یا حتی الزامی می‌سازد.

چنانچه مصالح شن و ماسه برای پوشش لوله‌ها بکار برده می‌شود، باید از دانه‌بندی مناسب و پیوسته‌ای برخوردار بوده، فاقد سیلت، رس و یا مواد زیان آور باشد. ضخامت

1- Permeameter flow test

2- Terzaghi

3- Hydrodynamic strength



شکل ۴-۴ مقطع دستگاه نفوذ سنج (Lennoz,1987)

پوشش شنی در اطراف لوله نباید از ۸ سانتیمتر کمتر باشد. دانه‌بندی مصالح پوششی نیز باید در محدوده‌های تعیین و توصیه شده باشد. بطور مثال در آمریکا، محدوده مناسب برای دانه‌بندی شن و ماسه پوشش بدینگونه تعریف شده است که تمامی ذرات باید از الک ۴۰ میلیمتر و ۱۰۰-۹۰٪ آنها از الک ۲۰ میلیمتر عبور کند و در عین حال مقدار ذراتی که از الک نمره ۶۰(۰/۲ میلیمتر) عبور می‌کند نباید از ۱۰٪ تجاوز نماید.

پوششهای آلی وقتی برای لوله‌های زهکشی بکار برده می‌شود که کاربرد آن جنبه موقتی داشته باشد. پوششهای آلی تراکم‌پذیر را نباید همراه با لوله‌های انعطاف‌پذیر همانند لوله‌های پلاستیک خرطومی بکار برد زیرا این مصالح نمی‌تواند بستر مستحکم و پایداری را برای این لوله‌ها بوجود آورد. در صورت استفاده از مصالح آلی برای لوله‌های خرطومی، بهتر است با وسایل مناسب امکان تغییر شکل و جابجایی لوله رابه حداقل کاهش داد. به علت حجیم‌بودن، پوششهای آلی می‌تواند هم بعنوان «صافی» و هم بعنوان

«هادی» بکار رود.

جدیدترین نوع پوشش که اخیراً در اروپای غربی بکار برده می‌شود بافته‌های سنتتیک (geotextile) است که بسیار پایدار و مقاوم بوده و در محیط خاک پوسیدگی و فساد پیدا نمی‌کند. هم‌اکنون تحقیقاتی در دست انجام است تا خصوصیات این بافته‌ها با نیازمندیها و شرایط زهکشی در اراضی زراعی تطبیق داده شود.

پوششهای سنتتیک حجیم برای اکثر شرایط مناسب است، مشروط بر اینکه محیط خاک باعث تخریب و فرسودگی آنها نشود. این مصالح نیز می‌تواند نقش دوگانه «صافی» و «هادی» را ایفا کند. در عین حال باید توجه داشت که ممکن است هر نوع پوشش سنتتیک برای هر نوع خاک مناسب نباشد. منافذ موجود در پوششهای سنتتیک حجیم باید به اندازه‌ای ریز باشد که مانع عبور ذرات با قطر کمتر از ۰/۰۵ میلیمتر شده و در عین حال نسبت به آب از نفوذپذیری خوبی برخوردار باشد. برای آزمایش چگونگی عملکرد پوششهای سنتتیک، هم روشهای آزمایشگاهی و هم روشهای صحرایی می‌تواند بکار برده شود (Scholten and Ven 1984; Journal of Geotextiles 1987).

در موارد متعددی، استفاده از خاک ساختمان دار سطح مزارع برای پوشش لوله‌های زهکشی مورد بررسی قرار گرفته است. این بررسیها نشان داده که در بیشتر موارد جلوگیری از اختلاط خاک ساختمان‌دار سطحی با خاکهای دانه‌ریز و بدون ساختمان بسیار مشکل است و همین مسئله باعث کاهش قابلیت آبگذری پوشش پیرامون لوله می‌گردد و قابلیت هدایت آب به درون لوله را کاهش می‌دهد. در جدول ۴-۲، نمونه هائی از استانداردهای موجود در زمینه کیفیت و مشخصات انواع پوششها ارائه شده است.

۴-۳ ساختمانهای تیپ در سیستم زهکشی زیرزمینی

در یک شبکه زهکشی زیرزمینی به طور معمول ساختمانهای زیر احداث می‌شود :

- ساختمانهای آبی بر روی زهکشهای روباز

- ساختمانهای اتصال[1] زهکشهای زیرزمینی
- آدم‌رو برای بازبینی و نگهداری
- ساختمانهای تخلیه زه‌آب
- ساختمانهای ورودی زهکش
- حوضچه‌های پمپاژ

کشور	شماره استاندارد	نوع مصالح	منبع
بلژیک	BRBV 34.7	پشم نارگیل، رشته‌های پلی‌پروپیلن	National Land Company
چکسلواکی	ON 736934	شن، مواد سنتتیک	ISM
فرانسه	NFG 38 - 010 to 16	پشم‌های سنتتیک، بافته‌های ژئوتکستایل	AFNOR
آلمان	Filtermerkblatt DVWK 214	پشم نارگیل، پلی‌پروپیلن	DVWK
هلند	NEN 7048 NEN 7047 NEN 7090	مواد آلی (پیت)، پشم نارگیل، بافته‌های سنتتیک و پشم پلی‌پروپیلن	KOMO OMO KOMO

جدول شماره ۴-۲ نمونه استانداردهای مصالح پوششی لوله‌های زهکشی

در بیشتر موارد ساختمانهای آبی بر روی زهکشهای روباز مشتمل بر آبشار[2] و آبرو زیرگذر[3] است که بصورت بتنی و یا با مصالح سنگی و آجری و یا ترکیبی از آنها ساخته می‌شود.

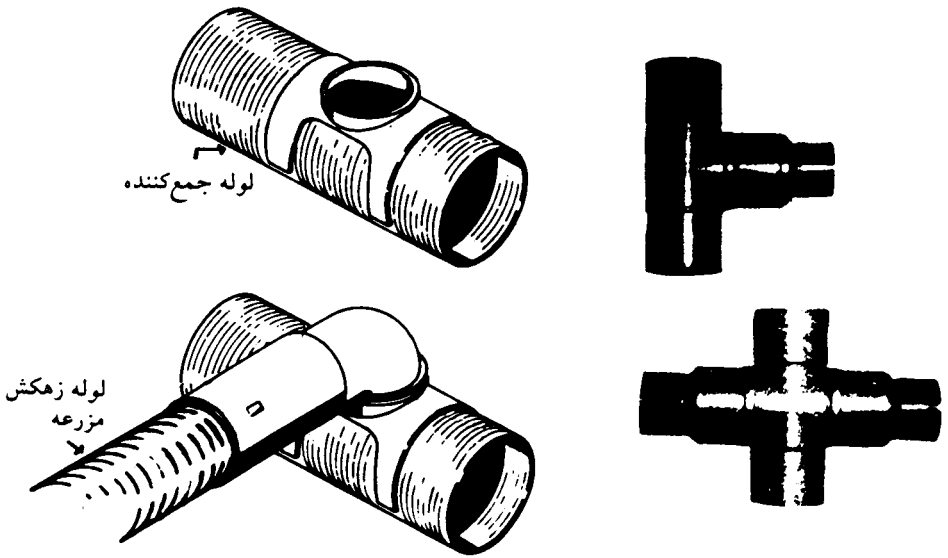
اتصال خطوط زهکشهای زیرزمینی بستگی به نوع لوله‌ها دارد. لوله‌های پلاستیکی

1- Junction box

2-Drop structure

3- Culvert

بوسیله اتصالات مخصوص (سه‌راه، چهارراه، شکل ۴-۵) که آنها نیز از همان جنس لوله‌ها ساخته می‌شود بخوبی بیکدیگر متصل می‌شود. لوله‌های سفالی و یا بتنی معمولاً بوسیله ساختمانهای جعبه مانند بیکدیگر متصل می‌شوند. از این ساختمانها برای اتصال لوله‌های پلاستیک به زهکشهای جمع‌کننده نیز استفاده می‌شود (شکل ۴-۶)، که در این صورت می‌توان از آنها برای بازبینی و نگهداری خطوط زهکش زیرزمینی (مانند آدم‌رو) استفاده نمود.

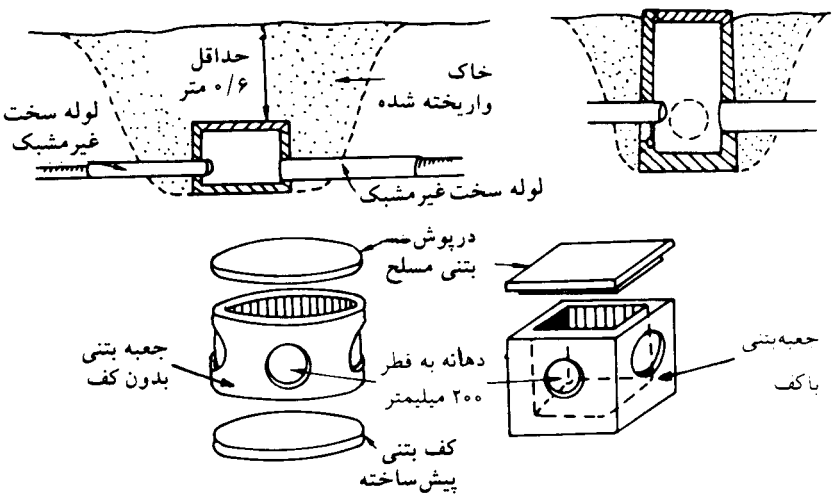


شکل ۴-۵ نمونه‌های اتصالات لوله های پلاستیک

عملیات نگهداری یک شبکه زهکشی با طرح جانمایی[1] آن بسیار مرتبط است. در شبکه زهکشهای منفرد، که هر زهکش یک تخلیه‌گاه جداگانه دارد، تنقیه خطوط کار ساده‌ای است، مشروط بر اینکه طول خطوط حدود ۲۵۰ متر بوده و حداکثر از ۴۰۰ متر تجاوز نکند. برای خطوط طولانی‌تر، ساختمانهای ویژه لازم است تا تنقیه آنها را

1- Lay-out

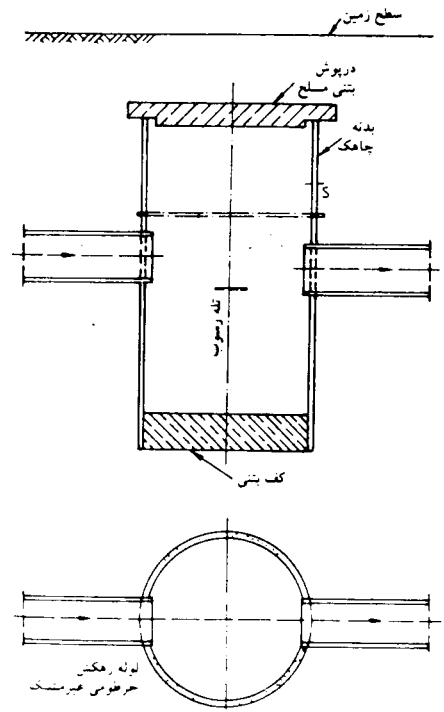
امکان‌پذیر سازد. در شبکه زهکشی مرکب نیز تدارکات مشابهی همانند ساختمان اتصال (شکل ۴-۶)، چاه بازبینی (شکل ۴-۷)، و یا آدم‌رو (شکل ۴-۸) مورد نیاز خواهد بود. در مواردی که پیش‌بینی می شود عملیات تنقیه خطوط بطور مکرر مورد نیاز است ، می‌توان قطر لوله‌های زهکشی را بزرگتر از اندازه‌های محاسبه شده انتخاب نمود. در این موارد بررسی و تحلیل اقتصادی و مقایسه هزینه‌های احداث و نگهداری ، مبانی لازم را برای تصمیم گیری فراهم می آورد.



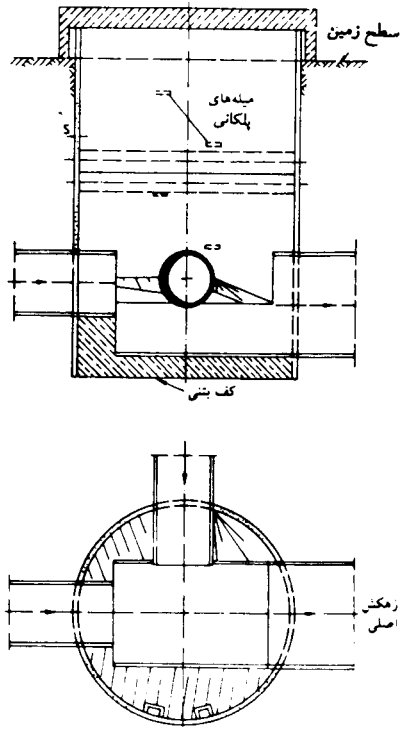
شکل ۴-۶ نمونه‌ی جعبه اتصال لوله‌های زهکش

چنانچه در محل اتصالِ زهکش جمع‌کننده به زهکش اصلی به پمپاژ نیاز باشد، حوضچه‌های پمپاژ همانند شکل ۴-۹ ساخته می‌شود.

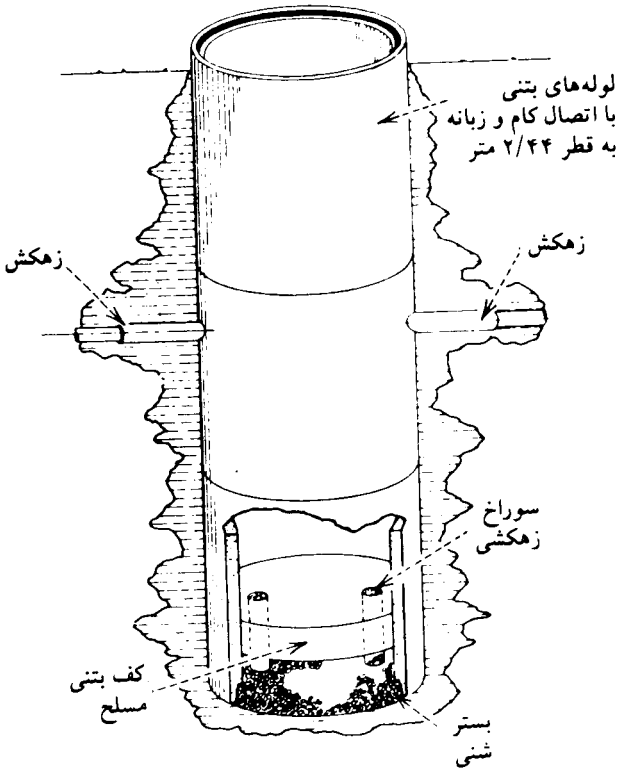
گاهی در مسیر زهکشهای مزرعه، حوضچه‌هائی به عنوان تله رسوب کار گذاشته می‌شود. این حوضچه‌ها برای دسترسی به خطوط زهکش (بمنظور بازبینی و تنقیه) نیز مورد استفاده قرار می گیرد. بر روی خطوط مزرعه، می‌توان مشابه با شکل ۴-۱۰ نیز امکانات تنقیه و شستشو را فراهم آورد.



شکل ۴-۷ نمونه‌ای از چاهک بازدید

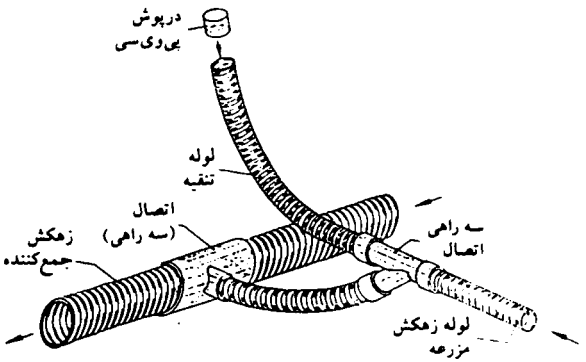


شکل ۴-۸ نمونه‌ای از چاهک بازدید و نگهداری



شکل ۴-۹ نمونه‌ای از یک حوضچه پمپاژ

ساختمان تخلیه‌گاه انتهایی خطوط زهکشی نیز به اشکال مختلفی قابل اجرا است. در مناطق سردسیر با یخبندان شدید اگر از لوله‌های پی‌وی‌سی برای زهکشی استفاده شود، در قسمت‌های انتهایی خطوط در مجاورت تخلیه‌گاه باید از لوله‌های مقاوم در مقابل یخبندان استفاده نمود(شکل ۴-۱۱). در بعضی موارد، ممکن است شرایط توپوگرافی ایجاب نماید تا ساختمانهای ویژه‌ای برای ورود زه‌آبهای سطحی به شبکه زهکشی زیرزمینی تعبیه گردد. در این صورت ساختمانهایی شبیه آنچه که در شکل ۴-۱۲ نشان داده شده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.



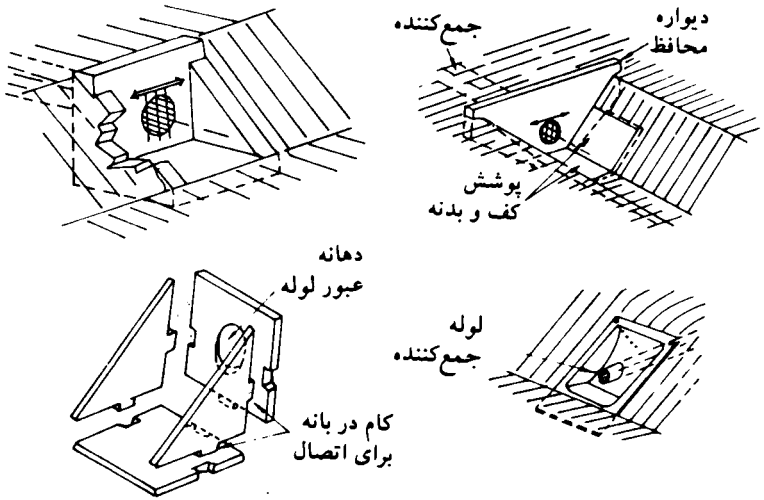
شکل شمار ۴-۱۰ نمونه‌ای ازاتصالات لوله‌های پلاستیک در زهکشهای مزرعه

۴-۴ چشم‌انداز تحولات آینده در مصالح زهکشی

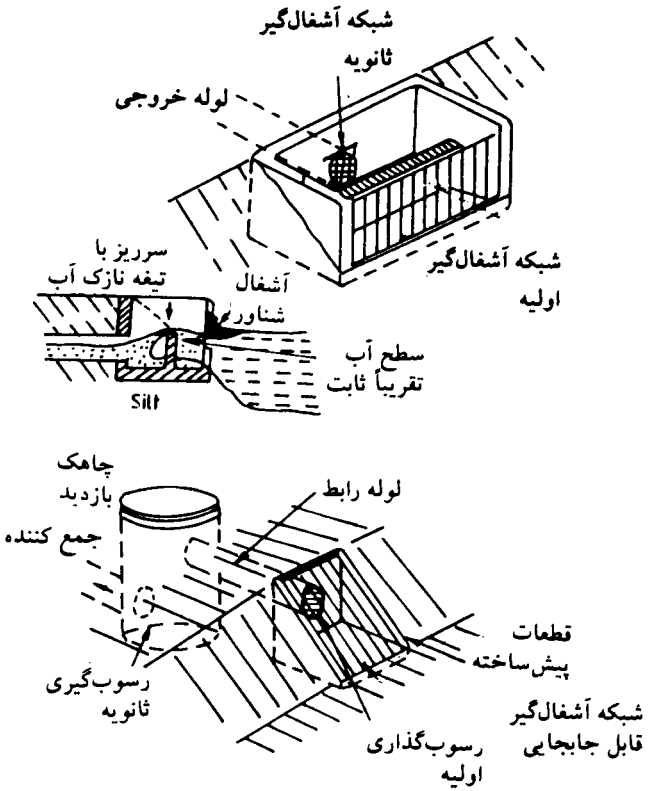
تحقیقات وسیعی بر روی نحوه عملکرد انواع مختلف مصالح در زهکشی زیرزمینی و روشهای نصب، اجرا و هزینه‌های آن صورت گرفته که نتیجه آنها بعضاً پیچیده و حتی گمراه‌کننده است. برای جلوگیری از هرگونه خطای فاحش و عملیات خسارت بار، باید هر نوع مصالح جدیدی که برای بکارگیری در سیستم زهکشی زیرزمینی توصیه می‌شود، پیشاپیش و قبل از اینکه بصورت گسترده‌ای مورد استفاده قرار گیرد هم در شرایط آزمایشگاهی و هم در مزارع آزمایشی (در مقیاس واقعی ولی کوچک) مورد بررسی و پژوهش واقع شود. موضوعات اصلی این پژوهشها عبارت خواهد بود از مقاومت هیدرولیکی ورود جریان به لوله[1]، نحوه عملکرد فیلترها و بالاخره دوام و پایداری آنها.

براساس پژوهشهای انجام شده، زمینه‌های موجود برای استفاده از مصالح جدید بقرار زیر است :

1- Entrance losses



شکل ۴-۱۱ چند نمونه از سازه های خروجی زهکش زیر زمینی



شکل ۴-۱۲ دو نمونه از سازه های ورود جریان سطحی به سیستم زهکشی زیر زمینی

- لوله‌های زهکشی که از نوارهای پلاستیکی و بصورت هلیسی ساخته می‌شود و دارای جدار داخلی صاف است و در جدار بیرونی برای ازدیاد مقاومت لوله به برجستگی‌های مارپیچ مجهز است. ساخت این نوع لوله‌ها بوسیله کارخانه‌های سیار در محل کارگاه نیز میسر است. هرچند هزینه‌های ساخت این نوع لوله‌ها ارزانتر است ولی پیش از آنکه بعنوان یک محصول قابل قبول توصیه شود بایستی بررسیهای بیشتری بر روی آن انجام پذیرد.
- اندازه، شکل، تعداد و محل تعبیه سوراخهای لوله‌های مشبک نیز از موضوعاتی است که نیازمند تحقیق بیشتر است. هدف این پژوهش‌ها بهترکردن عملکرد هیدرولیکی لوله‌های زهکشی می‌باشد.
- نرمی لوله‌های پلی‌اتیلن و تغییرشکل (خمیدگی) آنها در اثر بارهای وارده نیز یک مشکل در بکاربری این لوله‌ها است که نیازمند مطالعه بیشتر است.
- با ابداع مواد پوششی سنتتیک، تحقیقات بیشتری لازم است تا انواع مناسب آن برحسب شرایط خاک قابل انتخاب باشد.
- در بعضی مناطق، رسوب آهن در درز بین لوله‌های سفالی و یا شبکه سوراخهای لوله‌های پلاستیکی مسئله‌ساز بوده و مانع از ورود جریان به درون لوله‌ها می‌شود. باید مصالحی جستجو شود تا مانع از رسوب آهن گردد. در بعضی موارد تزریق محلولهای اسیدی به درون خطوط زهکشی می‌تواند بر روی باکتریهای آهن اثر بگذارد و عملکرد زهکشها را بهبود بخشد. روش دیگر تنقیه خطوط زهکش با استفاده از فشار جت‌آب[1] است.
- کاربرد خاک اره بعنوان مصالح پوششی نیازمند پژوهش است.

1- Flushing Jet

منابع مورد استفاده

Ami S.R., 1987;
Drainage pipe testing manual;
Canadian International Development Agency;
Kirkland, Quebec, Canada.

Framji K.K., Garg B.C. and Kaushish S.P.(ed.), 1987;
Design practices of covered drains in an agricultural land drainage system. A worldwide survey;
International Commission on Irrigation and Drainage (ICID);
48 Nyaya Marg, Chanakyapuri;
New Delhi, 110021, India.

International Organization for Standardization (ISO), 1985;
Pipes and fitting of unplasticized polyvinyl chloride (PVC - u) for Sub - soil drainage - Specification ;
Draft International Standard ISO/DIS 8771;

Journal of Geotextiles;
Special issue on geotextiles as envelopes;
Volume 5, no.2, 1987.

Lennoz, 1987
The use of geotextiles as drain envelopes in France in connection with mineral clogging risks;
Geotxtiles and geomembranes 5 (2), 71-89

Smedema L.S. and D.Rycroft, 1983;
Land drainage;
Batsford Academic and Educational Ltd.;
London, United Kingdom.

Scholten J. and G.A. Ven, 1984;
Drainage materials survey in the Ijsselmeerpolders;
RIJP - rapport 1984 - 28 Abw;
IJsselmeerpolders Development Authority;
Lelystad, The Netherlands.

Syndicat National des Entrepreneurs de Drainage (SNED), 1980 ;
(National Association of Drainage Contractors)
Technical Note No. 100.03;
France.

فصل پنجم

تجهیزات و ماشین آلات زهکشی

ماشینها و ادوات گوناگونی برای احداث و کارگذاری زهکشهای زیرزمینی به‌کار برده می شود. این تجهیزات را می‌توان به گروههای زیر تقسیم کرد:

- ماشینهای حفاری و خاکبرداری ؛
- ابزار کنترل عملیات اجرایی ؛
- ماشین‌ها و ادوات کمکی ؛
- ماشینهای نگهداری ؛
- ادوات بازرسی زهکشها.

در بخشهای بعد، هریک از سیستمهای مکانیکی‌ای که امروزه برای احداث شبکه های زهکشی بکار برده می شود، همراه با ویژگیهای کاربری، توان و ظرفیت و روشهای متداول کار آنها مورد بحث قرار می‌گیرد.

۵-۱ ماشینهای حفاری و خاکبرداری زهکشها

روشهای کار با دست که قرنها در جهان متداول بوده، هنوز هم در بسیاری از کشورهایی که نیروی کار در آنها فراوان و ارزان است، رواج دارد. به هر حال، دوران کار با دست بسر آمده و جای خود را به سبب توان و ظرفیت کار بیشتر به ماشین سپرده و بدین ترتیب به دلایل اقتصادی، عملیات احداث زهکشها به سرعت به سوی مکانیزه‌شدن پیش می‌رود.

قبل از جنگ جهانی دوم، تقریباً در همه موارد، زهکشها با استفاده از لوله‌های سفالی احداث می‌شد، اما پس از تولید لوله‌های پلاستیکی، عصر جدیدی در روشهای احداث زهکشها آغاز گردید. در آمریکا، ترنچرها و نهرکن‌های گردونه‌ای[1] نمونه‌ای از انتقال دانش

1- Wheel ditcher

و توسعه تکنولوژی ماشینهای نوین زهکشی بود که از اروپا و کانادا منشاء گرفته بود و به سرعت به تکنولوژی متداول روز مبدل گردید. ماشینها و لوله‌های جدید زهکشی، روشهای احداث زهکشهای زیرزمینی را با عملکردی بیشتر و اقتصادی‌تر ارتقاء بخشیده است.

امروزه یک نفر با کمک ماشین می‌تواند کارها را سریعتر، دقیق‌تر و اقتصادی‌تر از صدها کارگر به انجام رساند. در حال حاضر ماشینهایی که در اختیار پیمانکاران زهکشی قرار دارد، شامل ادواتی است که انواع آنها متعاقباً مورد بحث قرار خواهد گرفت. علاوه براین، کنترل‌کننده‌های لیزری[1] و رادیویی، وسایل مخابراتی، ادوات حمل، بارگیری و باراندازی لوله و نیز ماشینهای ویژه برای واریختن خاک به ترانشه[2] ادوات دیگری است که مورد استفاده قرار می‌گیرد (شکل ۵-۱).

ماشینهای زهکشی می‌تواند شامل موارد زیر باشد (شکلهای ۵-۲ و ۵-۳):

- ماشینهای زهکشی ترنچلس[3] (بدون ترانشه‌زنی)
- ترنچرها
  - نوع زنجیری
  - نوع گردونه‌ای
  - نوع ذوزنقه‌ای
- ماشینهای احداث زهکشهای لانه موشی[4]
- دراگلاین‌ها[5]
- دستگاههای خاکبرداری و بیلهای مکانیکی[6]

هرچند ماشینهای زهکشی ترنچلس، از یک دیدگاه، قدیمی‌ترین ماشین از میان انواع ماشینهای یاد شده درفوق است، اما از دیدگاههای دیگر، یکی از مدرنترین ابزار زهکشی نیز به حساب می‌آید. دراگلاین‌ها و بیلهای مکانیکی بطور متناوب حفاری می‌کند، در

1- Laser plane control
2- Backfilling machines
3- Drainplows
4- Moles
5- Dragline
6- Hydraulic backhoe

حالیکه ماشینهای ویژه زهکشی (ترنچرها و ترنچلس‌ها) می‌تواند بطور پیوسته کار کند. از آنجا که ماشینهای با کار متناوب، قسمت زیادی از وقت خود را صرف چرخیدن، باراندازی و بازگشت دوباره به موقعیت اولیه ی حفاری می‌کند، کارآیی آنها کمتر از ماشینهایی است که بطور پیوسته حفاری می‌نماید. بطور معمول کارآیی ماشینهای با کار پیوسته را می‌توان دو برابر ماشینهای با کار متناوب انتظار داشت.

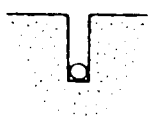
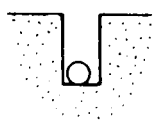
ماشینهای حفاری گردونه‌ای[1] که در سالهای دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ رایج بود، در دهه ۱۹۶۰ با تکنولوژی جدیدتری بصورت ترنچرهای زنجیری وارد صحنه کار شد. این دستگاهها همچنین قادر بود که بطور همزمان لوله‌های زهکشی سفالی را کارگذاری کرده و روی آن را با خاک بپوشاند. اختراع لوله‌های پلاستیکی زهکشی یعنی لوله‌های خرطومی پلی‌اتیلن و پی‌وی‌سی که بصورت کلاف پیوسته تولید می‌شود، نقطه عطف مهمی در اجرای عملیات زهکشی به حساب می‌آید. امروزه، ترنچرها و ترنچلس‌ها مدرن‌ترین ماشینهای زهکشی بحساب می‌آید. ترنچرها، با چرخش زنجیر و ردیف تیغه‌هایی که بر روی آن تعبیه شده زمین را حفاری کرده و بطور همزمان، لوله را در ترانشه کار می‌گذارد، در حالیکه ماشین ترنچلس، بدون ایجاد ترانشه، لوله را درون خاک نصب می‌کند. گرچه که امروزه، این ماشینها به نحوی روزافزون در تمامی نقاط جهان به کار برده می‌شود، اما بسیاری از ماشینهای متداول دیگر نیز برای اجرای همین عملیات مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این‌رو، در این بخش، ماشینهایی که هم اکنون برای احداث زهکشهای مزارع مؤثر و کارآ به حساب می‌آید، مورد بحث و ارزیابی قرار می‌گیرد. نوع خاک، سرعت کار و در دسترس‌بودن ماشینها، همگی در انتخاب نهایی ابزار و دستگاهها دخالت دارد.

۵-۱-۱ خیش‌های زهکشی (ماشینهای ترنچلس)

خیش‌های زهکشی اقتصادی‌ترین ابزار حفاری در زهکشی به شمار می‌رود. قبلا این دستگاهها بعنوان دنباله‌بند تراکتورهای چرخ زنجیری، تراکتورهای چرخ لاستیکی و یا

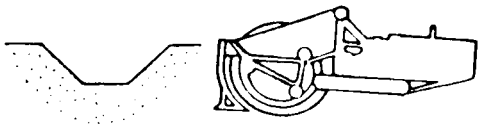
1- Bucket wheel excavator

شکل ۵-۱- ماشینهای مدرن احداث زهکش زیرزمینی

نیمرخ ماشین	نیمرخ ترانشه	ویژگیهای ماشین
الف : خیش‌های زهکشی (ماشینهای ترنچلس)، ماشینهای سازنده زهکش لانه موشی، ریپرها		• دنباله‌بند تراکتور • کنترل دستی یا اتوماتیک • چرخ لاستیکی یا زنجیری • عمق ترانشه بین ۰/۵ تا ۲/۵ متر • عرض ترانشه تا ۰/۲ متر • همه نوع خاک • امکان لوله‌گذاری در برخی از مدلها • توان بین ۱۰۰ تا ۷۰۰ اسب بخار
ب -۱ : ترنچرهای زنجیری		• کنترل دستی یا اتوماتیک • چرخ لاستیکی یا زنجیری • عمق ترانشه بین ۰/۶ تا ۳/۰ متر • عرض ترانشه بین ۰۵/۰تا۰/۶۰متر • همه نوع خاک بجز سنگ • با امکان لوله‌گذاری • توان بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ اسب بخار
ب -۲ : ترنچرهای گردونه‌ای		• کنترل دستی یا اتوماتیک • چرخ زنجیری • عمق ترانشه بین ۱/۵ تا ۲/۵ متر • عرض ترانشه بین ۰/۴ تا ۱/۲متر • همه نوع خاک بجز سنگ و کنگلومرا • با امکان لوله‌گذاری • توان بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ اسب بخار

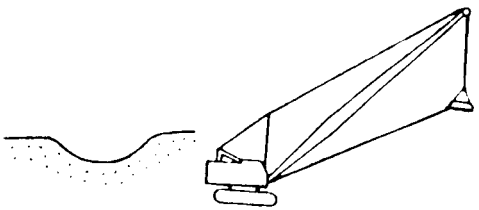
شکل ۵-۲ ماشینهای زهکشی، نیمرخ ترانشه آنها و ویژگیهای ماشین

ب -۳ : ترنچرهای ذوزنقه‌ای



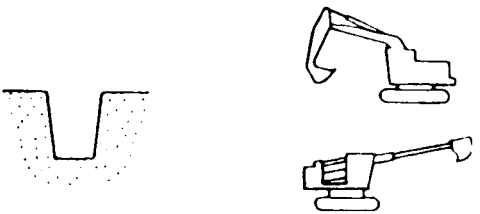
- کنترل دستی یا اتوماتیک
- چرخ زنجیری
- همه نوع خاک بجز سنگ و کنگلومرا
- بدون امکان لوله‌گذاری
- توان بین ۲۰۰ تا ۵۰۰ اسب بخار

پ : دراگلاین



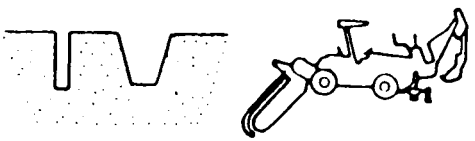
- کنترل دستی
- مناسب برای کانالهای زهکشی سطحی
- چرخ لاستیکی یا زنجیری
- عمق ترانشه نامحدود
- عرض ترانشه نامحدود
- همه نوع خاک
- بدون امکان لوله‌گذاری
- توان بین ۵۰ تا ۴۰۰ اسب بخار
- اندازه کاسه بیل بین ۰/۵ تا ۰/۵مترمکعب

ت : بیلهای مکانیکی



- کنترل دستی
- چرخ لاستیکی یا زنجیری
- عمق ترانشه نامحدود
- عرض ترانشه نامحدود
- همه نوع خاک
- بدون امکان لوله‌گذاری
- توان بین ۵۰ تا ۵۰۰ اسب بخار
- اندازه کاسه بیل بین ۰/۵ تا ۰/۵مترمکعب

ث : ماشینهای ترکیبی، بیل مکانیکی و ترنچر



- کنترل دستی
- چرخ لاستیکی
- امکان لوله‌گذاری بسیار محدود

شکل ۵-۲- ماشینهای زهکشی، نیمرخ ترانشه آنها و ویژگیهای ماشین

حیوان استفاده می‌شد، اما امروزه بعنوان یک وسیله کامل زهکشی شناخته می‌شود. پیش از این، این نوع خیش‌ها برای شکل دادن جوی‌ها به کار میرفت، اما از سه دهه پیش، برای بکارگیری در ماشینهای قوی تغییراتی درآن داده شده،به نحوی که امروزه این وسیله می‌تواند شکاف بسیار باریکی را در خاک بوجود آورد و بطور همزمان لوله را در خاک کارگذاری کند، بدون اینکه خاک مجاور خود را به هم بزند. همین سیستم برای کشیدن ابزارهای مختلف در زیرزمین نیز به کار می‌رود. از جمله می‌توان از احداث زهکش لانه موشی نام برد که در آن بدون کارگذاری لوله، فضایی موقت برای عبور زه‌آب، ایجاد می‌شود. به همین ترتیب، خیش‌های "V" شکل نیز وجود دارد که بدون برهم‌زدن خاک، امکان کارگذاری لوله زهکش را در زیر خاک فراهم می‌سازد. از آنجا که دستگاه بطور پیوسته کار می‌کند، کار زیادی را در زمانی کوتاه انجام می‌دهد. هرچند در ظاهر چنین بنظر می‌رسد که ابزارهای برش و شیارزنی کارآیی زیادی نداشته باشد، اما در عمل از کارآیی خوبی برخوردار است.

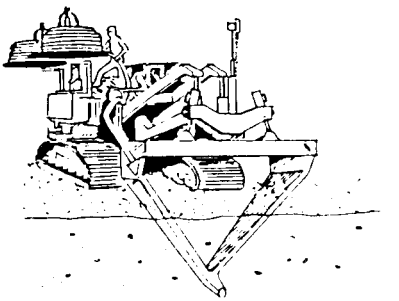
ابداع تیغه‌های لرزان[1] پیشرفت جدیدی است که به کمک آن می‌توان در تیغه خیش ارتعاش با دامنه کوتاه بوجود آورد. این ارتعاش به خاک حالت سیال‌تری می‌دهد و ماشینهای با توان کمتر را قادر می‌سازد که کار ماشینهای بزرگتر را انجام دهد. تیغه‌های ارتعاشی باعث پیشرفت و توسعه تکنیکهای احداث زهکشهای عمیق‌تر شده است.

ماشینهای ترنچلس

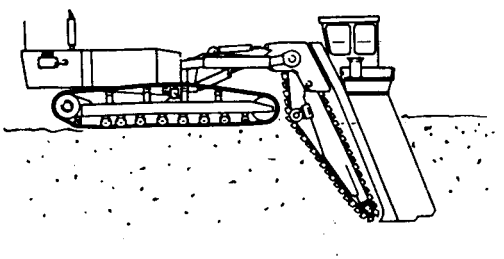
این ماشین یکی از کارآترین وسائل نصب زه‌کش زیرزمینی است و باکمک آن می‌توان لوله‌هایی تا قطر ۳۰۰ میلیمتر را بدون جابجا کردن خاک در زیرزمین نصب کرد. خیش دستگاه، بدون خاکبرداری، زمین را می‌شکافد، و لوله را در زیرزمین کار می‌گذارد. عملکرد دستگاه به توان ماشین کِشنده خیش بستگی دارد و برحسب متر طول در ساعت بیان می‌شود.

سرعت کار این ماشینها بیش از ماشینهای ترنچر است بطوریکه اگر عمق زهکش

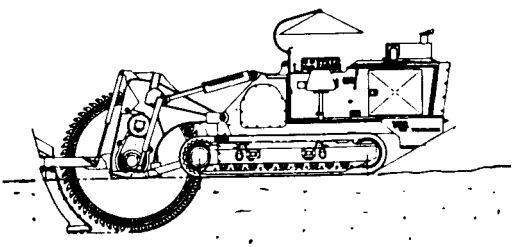
1- Vibrating blades



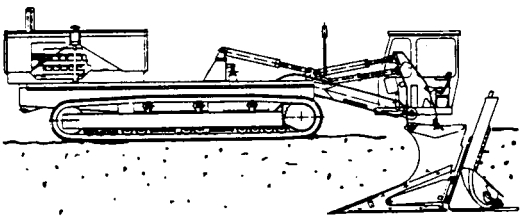
ماشین ترنچلس - تیغه V شکل



ماشین ترنچر - نوع زنجیری



ماشین ترنچر - گردونه ای



ماشین ترنچلس - تیغه L شکل

شکل ۵-۳- ماشینهای مدرن زهکشی

یک متر و شرایط خاک مناسب باشد، می‌توان تا ۲/۵ کیلومتر در ساعت زهکش نصب کرد. در این شرایط عملکرد خالص و نهایی دستگاه به ۶۰۰ تا ۷۰۰ متر در ساعت می‌رسد[1]. در هر حال باید توجه داشت که توان مورد نیاز این دستگاهها بیش از ماشینهای ترنچر است، بویژه چنانچه عمق کار بیش از ۲ متر و خاک فشرده و یا سنگین و خشک باشد. سوخت مورد نیاز این دستگاهها به ازای هر متر از زهکش نصب شده می‌تواند به میزان

۱- در شرایط خاکهای جنگلی و پیت در اروپا(م)

قابل ملاحظه‌ای کمتر از ماشینهای ترنچر باشد. توان مورد نیاز ماشین با افزایش عمق نصب زهکش افزوده می‌شود، اما مقدار آن بستگی به نوع و شرایط خاک دارد. مقادیر تقریبی توان مورد نیاز در جدول ۵-۱ نشان داده شده است. با این دستگاه می‌توان همزمان با کارگذاری لوله، انواع پوشش‌های سنتتیک و یا شن و ماسه‌ای را نیز در پیرامون لوله نصب نمود.

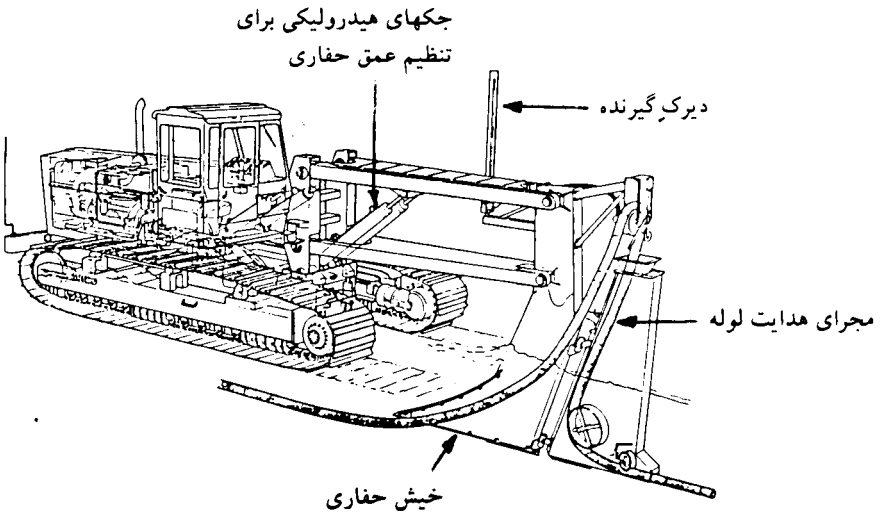
جدول ۵-۱- توان مورد نیاز ماشینهای زهکشی ترنچلس

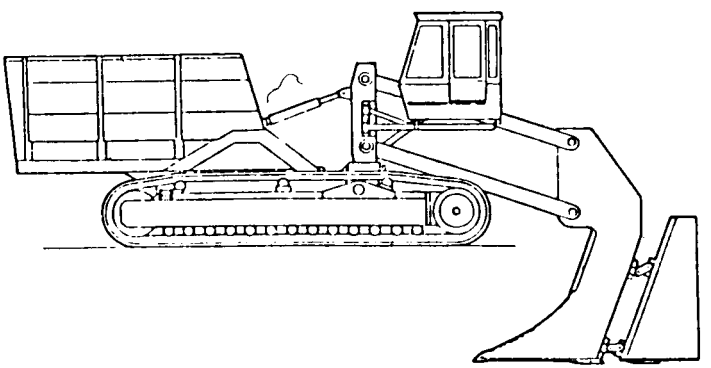
توان کششی مورد نیاز (اسب بخار)	وزن تراکتور (تن)	حداکثر عمق لوله (متر)
۱۰۰	۹	۱/۰
۱۵۰	۱۴	۱/۲
۲۰۰	۱۸	۱/۵
۲۵۰	۲۷	۱/۷
۳۵۰	۳۶	۱/۸
۴۵۰	۴۵	۲/۰
۷۰۰	۷۵	۲/۵
۸۰۰	۸۰	۲/۷

امروزه خیش‌های دستگاه برای انطباق با شرایط خاک و عمق نصب زهکش به شکلهای متفاوتی طراحی می‌شود. تجربه نشان داده که خیش‌های L شکل[1] بهترین نوع خیش برای خاکهای پایدار، خاکهای ماسه‌ای یا سنگریزه‌ای است (شکل۵-۴). از این خیش‌ها تا عمق ۳ متری در خاکهای پیت، لای و رس لای‌دار استفاده شده است.

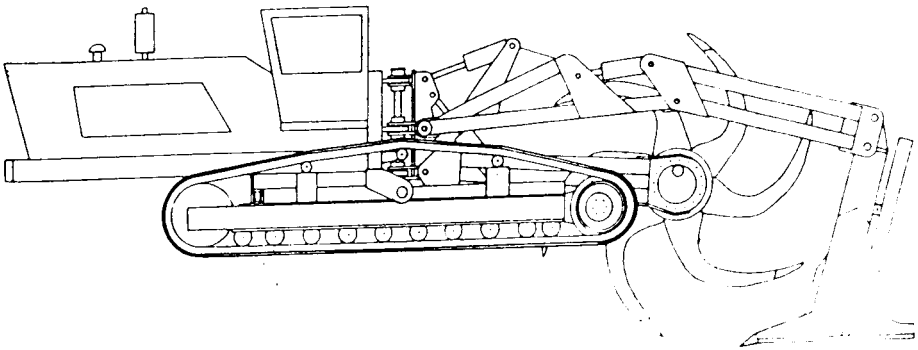
نوعی ماشینهای زهکشی ترنچلس ساخته شده که در جلو خیش L شکل یک چرخ دوار مجهز به تیغه‌های برنده قرار دارد (شکل ۵-۵).این تیغه ها خاک را بریده و پیشروی خیش را آسانتر میکند.

1- Chisel





شکل ۵-۴- ماشین زهکشی ترنچلس



شکل ۵-۵- دستگاه زهکشی ترنچلس مجهز به چرخ دوار برنده

خیش به شکل V یا ∇ برای خاکهای یکنواخت و با ساختمان حساس مناسب است (شکل ۵-۳). این نوع خیش، تقریباً هیچگونه فشاری را به خاک تحمیل نمی‌کند و تنها خاک را سست می‌نماید.

خیش Y شکل آخرین پدیده از این نوع است و برای احداث زهکش در خاکهای شکننده‌ای به کار می‌رود که در آنها زهکش در عمقی بیش از حدود متعارف نصب با خیش V شکل کار گذاشته شود.

باید توجه داشت که در کیفیت کارِ ماشینهای زهکشی ترنچلس، خیش و ابزار گوناگون وابسته به آن اهمیتی به مراتب بیش از تراکتورِ کِشنده دارد.

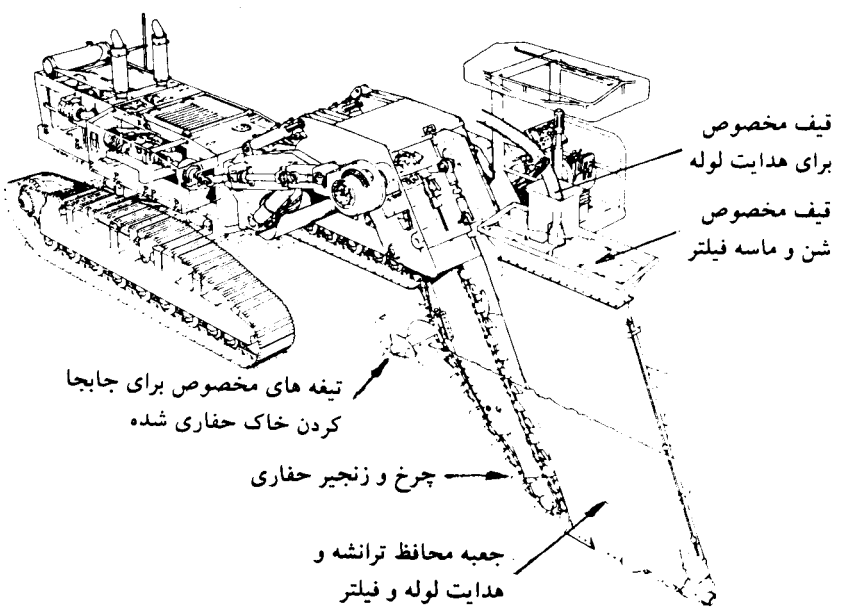
۵-۱-۲ ماشینهای ترنچر

ترنچرها بعنوان ماشینهای حفّار پیوسته طبقه‌بندی می‌گردد زیرا می‌تواند بطور مداوم حفّاری کند. ماشین ترنچر در مقایسه با بیل مکانیکی و یا دراگلاین دارای هیچگونه حرکت اضافی نیست. در ماشینهای اخیر که بصورت متناوب حفاری می‌کند، قسمت اعظم حرکات ماشین صرف تخلیه مواد حفاری شده در خارج از مسیر حفاری ترانشه می‌شود،

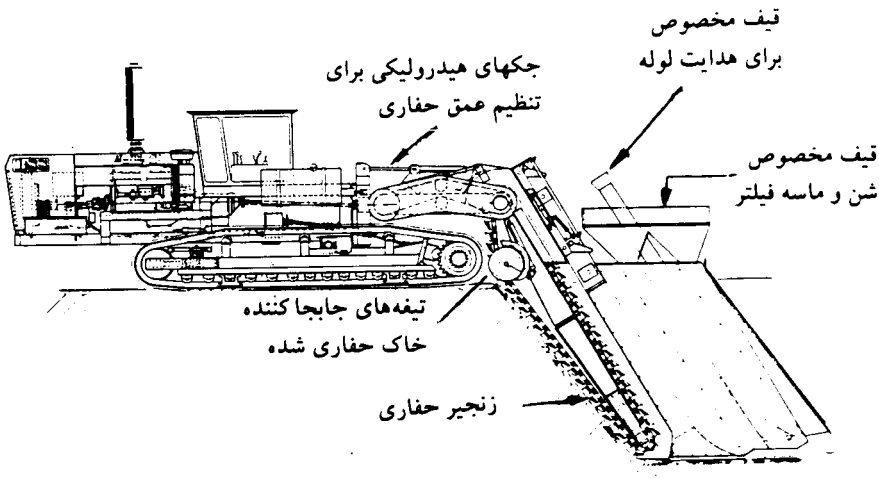
در حالیکه ماشین ترنچر فاقد اینگونه حرکات اضافی است. ماشینهای ترنچر برحسب نوع کاری که انجام می‌دهد، در سه گروه زیر طبقه‌بندی می شود:

- نوع زنجیری
- نوع گردونه‌ای
- نوع ذوزنقه‌ای

گروه اول به نحوی طراحی شده است که با زنجیر دراز و گردان خود می‌تواند ترانشه قائمی را حفاری کند. عرض ترانشه به طور معمول بین ۰/۱ تا ۰/۳ متر است. این ماشین را می‌توان برای کار در اعماق کم یا زیاد طراحی کرد. امروزه انواع گوناگونی از ترنچرهای کوچک با عرض کار ۰/۱۰ تا ۰/۱۵ متر و عمق حفاری ۱ تا ۲ متر وجود دارد. چنانچه عرض ترانشه به ۰/۳۰، ۰/۶۰، ۰/۹۰ یا حتی ۱/۲۰ متر افزایش یابد، اندازه ماشین (وزن و قدرت) به سرعت بزرگ می‌شود. توان ماشینهای زهکشی ترنچر عموماً بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ اسب بخار است (شکلهای ۵-۶ و ۵-۷).



شکل ۵-۶- اجزاء و قسمتهای مختلف ماشین ترنچر زنجیری



شکل ۵-۷- ماشین ترنچر نوع زنجیری

امروزه ماشینهای ترنچر به صورتی طراحی می‌شود که نه تنها می‌تواند ترانشه را حفاری کند، بلکه قادراست لوله سفالی یا پلاستیکی را نیز بطور همزمان در داخل ترانشه کار بگذارد. ظرفیت کار و عملکرد این ماشینها مستقیماً به توان آنها و شرایط خاک بستگی دارد. در شرایط متوسط و خاکهای خوب، ظرفیت آنها برحسب متر مکعب در ساعت (خاکبرداری ترانشه) می‌تواند یک تا سه برابر توان ماشین و یا بطور متوسط حدود دو برابر آن برحسب اسب بخار باشد. از این‌رو، ماشینی به قدرت ۱۰۰ اسب بخار می‌تواند بطور تقریب ظرفیتی حدود ۲۰۰ متر مکعب در ساعت داشته باشد.

قاعده سرانگشتی برای محاسبه کار ماشین:

عملکرد نظری ماشین (m^3/hr) = ۲ × قدرت ماشین (hp)

عوامل زیادی بر عملکرد کلی دستگاه تأثیر می‌گذارد. طبیعی است که ماشینهای ترنچر

استعداد اتوماسیون و هدایت با اشعه لیزر یا دیگر روشها را دارد.

ماشینهای ترنچر زنجیری

در بازارهای بین‌المللی، انواع گوناگونی از ماشینهای ترنچر زنجیری وجود دارد. اغلب این ماشینها طوری ساخته شده‌است که در حین حفاری می‌تواند انواع لوله‌های پلاستیک زهکشی را نیز کارگذاری کند. برای شرایط خاکهای پیت و هوموسی اروپا، این ماشینها به شرح زیر گروه‌بندی می‌شود:

- ماشینهای با توان حدود ۱۰۰ اسب بخار که تا عمق ۱/۴۰ متر حفاری می‌کند؛
- ماشینهای با توان ۱۲۰ تا ۱۸۰ اسب بخار که تا عمق حدود ۲/۰ متر را حفاری می‌نماید؛
- ماشینهای با توان ۱۸۰ تا ۲۵۰ اسب بخار که تا عمق حدود ۳/۵ متر را حفاری می‌کند؛
- ماشینهایی با توان تا ۴۲۰ اسب بخار که برای حفاری تا اعماق بیشتر ساخته شده‌است.

انتخاب ماشین با توجه به خصوصیات فنی کار و سازگاری آن با شرایط حفاری و همچنین با درنظرگرفتن مسائل اقتصادی صورت می‌گیرد.

در ماشینهای ترنچر عرض حفاری ترانشه تا حدودی قابل تنظیم و تغییر است. در اغلب آنها دو یا چند ردیف تیغه‌های حفاری بر روی زنجیر تعبیه شده و با حرکت زنجیر عمل حفاری صورت می‌گیرد. با تنظیم تیغه‌ها بر روی زنجیر، عرض حفاری را می توان تغییر داد. بااین ماشینهالوله‌های سفالی یا پلاستیکی را می‌توان کارگذاری کرد. همچنین شن و ماسه‌پوششی‌را می‌توان بوسیله یک مخزن ویژه که به یک یا دو قیف متصل است به دور لوله ریخت. در شرایط مناسب و خاکهای پیت و هوموسی و اعماق کار متداول در اروپا، سرعت کار ماشینهای سبک زهکشی می‌تواند به ۱۰۰۰ متر در ساعت برسد ولی معمولاً در حدود ۶۰۰ متر در ساعت است.

عملکرد خالص دستگاه به عمق نصب، نوع خاک، ابعاد مزرعه، شرایط آب و هوایی و

نهایتاً به سازماندهی عملیات بستگی دارد. در خاکهای با بافت متوسط و عمق نصب ۱/۰ تا ۱/۲ متر و طول خطوط زهکشی معادل ۲۰۰ متر، عملکرد معمولی ماشین حدود ۳۰۰ متر در هر ساعت کار است که این مقدار در خاکهای رسی سنگین تا حدود ۲۰۰ متر کاهش می‌یابد. در ماشینهای بزرگتر که در عمق ۲/۵ تا ۳/۰ متری کار می‌کند، عملکرد از این حد بسیار کمتر است[۱].

معمولاً هر ترنچر به گروه کاری مرکب از پنج نفر نیازمند است. این گروه عبارتند از اپراتور ماشین، کمک اپراتور و سه نفر کارگر که وظیفه آوردن لوله، ریختن مواد پوششی، نصب لوله انتهایی و واریختن خاک به روی لوله را بعهده دارند. در شرایط عادی، در حدود ۱۰ تا ۲۰ نفر ساعت کار کارگر به ازای هر ۱۰۰۰ متر از طول زهکش مورد نیاز است. در شرایط مشابه، نصب دستی همین طول از زهکش به ۲۵۰ تا ۳۰۰ نفر ساعت نیروی کار نیاز دارد.

فشار وارد بر خاک به اندازه ماشین بستگی دارد و در حدود ۰/۲۰ تا ۰/۳۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

برای هر ماشین دنباله بندهای متفاوتی برای کارگذاری لوله سفالی، سیمانی و یا پلاستیکی وجود دارد. لوله‌های پلاستیکی بر روی ماشین قرار می‌گیرد (وزن هر کلاف لوله حدود ۵۰ کیلوگرم است).

ترنچرهای گردونه‌ای

تفاوت ترنچر گردونه‌ای با ترنچر زنجیری دراین است که در اولی یک سری جامهای کوچک حفاری[۲] که بر روی گردونه‌ای سوار است عمل خاکبرداری را انجام می‌دهد، در حالیکه در دومی، همانطور که قبلاً گفته شد، زنجیری که بر روی آن تیغه‌های حفاری تعبیه

۱- در شرایط خاکهای سنگین و خشک و کارگذاری در عمق ۲ تا ۲/۵ متر، سرعت کار ماشین بین ۶۰ تا ۱۰۰ متر در ساعت است.(و)

2- Bucket

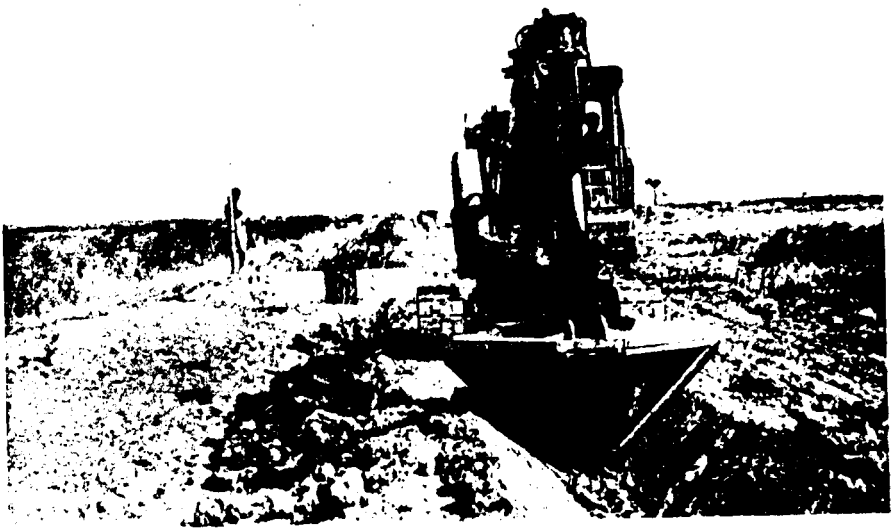
شده این کار را انجام می‌دهد. هنگامی که هریک از جامها خاک را بریده و خاکبرداری کرد، در ادامه چرخش گردونه، وقتی جام پر شده از خاک به بالای گردونه می‌رسد، خاک خود را به روی تسمه نقاله‌ای می‌ریزد. این تسمه نقاله بنوبه خود خاکها را در یک طرف ترانشه ریسه می‌کند. ترنچرهای گردونه‌ای در مدت شصت سال گذشته، به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده بوده است و حتی پیمانکاران، زمانی آن را بعنوان اولین ماشین حفاری می‌شناختند. با تغییر اندازه جامها با این ماشین می‌توان ترانشه‌هایی با عرض متفاوت حفر کرد، اما بعلت اینکه قطر گردونه‌ی دوار نمی‌تواند از حد معینی تجاوز کند، عمق حفاری با محدودیت روبروست.

اغلب انواع ترنچرهای گردونه‌ای در ایالات متحده امریکا طراحی و ساخته شده‌است و تکنولوژی بکار برده شده در این ترنچرها اغلب کهنه‌تر و قدیمی‌تراز ترنچرهای زنجیری امروزی است.

ماشین کانال‌کنی (خاکبرداری با مقطع ذوزنقه‌ای)

این ماشین، نوع اصلاح شده‌ای از ماشینهای خاکبرداری است که مقطع کامل یک کانال کوچک را بصورت یکجا خاکبرداری می‌کند. سیستم خاکبرداری این ماشین می‌تواند حتی در زمینهای ناهموار، شیب را تنظیم کند. این عمل بوسیله یک رشته ریسمان که بصورت راهنمای شیب قبلاً در حاشیه کانال یا زهکش کار گذاشته شده صورت می گیرد. استفاده از کنترل‌کننده‌های لیزری نیز در این ماشینها امکان‌پذیر است. این ماشین در عین حال که امکان کنترل کیفیت حفاری را به بهترین نحو فراهم می‌کند، از سرعت پیشروی خوبی نیز برخوردار است. در انواع کاملاً اتوماتیک این ماشین، اپراتور تنها مراقب سرعت پیشروی و کارکرد کلی ماشین است. در شرایط خاکهای پیت و جنگلی اروپا، با این ماشین می‌توان در یک شیفت کاری ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ مترمکعب خاک را برداشته و دیواره‌های کانال یا زهکش را نیز تنظیم کرد. چنانچه شرایط خاک مناسب باشد، می‌توان کانالی بطول یک کیلومتر را در یک روز حفاری کرد. قدرت این ماشین حفاری در حدود ۲۵۰ اسب بخار است. در این ماشین، به کمک جک هیدرولیکی، می‌توان جام یا خیش حفاری را بالا کشیده و از داخل

ترانشه خارج ساخت. فشار وارده به خاک، متوسط و معادل حدود ۰/۸۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب است و بدین ترتیب می‌تواند در اغلب خاکها بدون هیچ مشکلی کار کند. تسمه نقاله‌ای که با نیروی هیدرولیکی به حرکت درمی‌آید، خاک برداشته شده را در فاصله‌ای از ماشین حفاری ریسه می‌کند. یک شاسی سنگین و محکم، ثبات مناسبی به این ماشین می‌دهد (شکل ۵-۸).

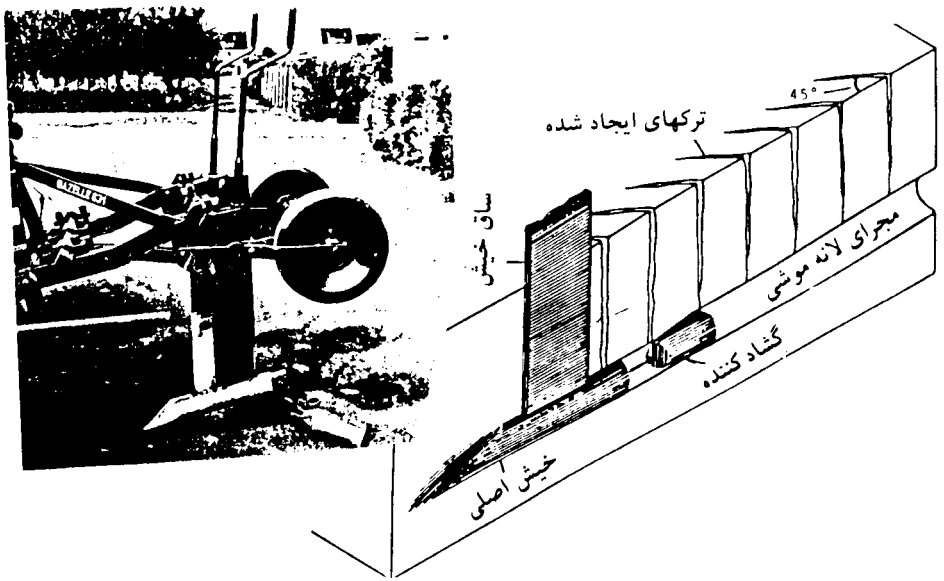


شکل ۵-۸- ماشین کانال‌کنی (خاکبردار ذوزنقه‌ای)

۵-۱-۳ ابزارهای احداث زهکش لانه موشی

زهکشهای لانه موشی به کمک ابزار خاصی احداث می‌شود (شکل ۵-۹). وسیله مخروطی شکل که شبیه به فشنگ است و به محوری قائم متصل است، به داخل خاک رانده می‌شود و در نتیجه حرکت دستگاه، مجرا یا تونلی از خود به جای می‌گذارد. به دنباله مخروط، یک گشادکننده متصل می‌شود که مجرا را گشاد و استحکام آن را بیشتر می‌کند. معمولاً قطر زهکش‌ها بین ۵۰ تا ۱۰۰ میلیمتر و فاصله آنها از یکدیگر ۱/۵ تا ۳/۰ متر

است. عمق نصب بین ۰/۴ تا ۰/۶ متر زیر سطح زمین متغیر بوده و معمولاً در لایه ناتراوا احداث می‌شود. برای احداث زهکش لانه موشی، ممکن است بتوان از تراکتورهای سنگین و قدرتمند مزرعه نیز استفاده کرد. در شرایط معمولی، می‌توان در هر ساعت حدود ۵ کیلومتر از این مجاری را احداث کرد که معادل حدود ۵ تا ۱۰ هکتار در روز است.



شکل ۵-۹- تجهیزات ساخت زهکش لانه موشی

۵-۱-۴ دراگلاین

دراگلاینی که در زهکشی به کار می‌رود دارای یک جام حفاری است که بوسیله کابل به انتهای یک دکل [1] متصل است (شکل ۵-۱۰). اپراتور دراگلاین می‌تواند جام بیل را به محل حفاری پرتاب کرده و در حین کشیدن آن به سمت ماشین، آن را از خاک پر کند. فاصله

1- Boom

پرتاب جام بیل بستگی به طول دکل دارد. گنجایش جام دراگلاین‌ها بین ۰/۵ تا ۵/۰ مترمکعب متغیر است. قدرت این ماشینها متفاوت بوده و از ۵۰ تا ۴۰۰ اسب بخار تغییر می‌کند.

دراگلاین در گروه ماشین‌هائی است که بطور متناوب حفاری می‌کند و معمولاً زمانی که صرف حفاری می‌شود، بیش از یک سوم کل زمان کار ماشین نیست. از مزایای این ماشین این است که می‌توان به کمک آن در فواصلی حدود ۱۵ تا ۳۰ متر دورتر از ماشین به کار پرداخت. معمولاً ماشینهای دیگر چنین قابلیّتی را ندارند. از این‌رو، از این ماشین می‌توان برای احداث و یا لایروبی کانالهای بزرگ زهکشی و یا در خاکهای ناپایدار که امکان نزدیک شدن ماشین به محل حفاری وجود ندارد به بهترین نحو استفاده کرد. سرعت کار دراگلاین بعلت بلندی طول دکل آن، از بیل مکانیکی کمتر است. جام دراگلاین شباهت زیادی به جامهای تعبیه شده در بیل مکانیکی داشته و ظرفیت کار دستگاه به توان ماشین بستگی دارد. نسبت بین وزن و توان دستگاه در جدول ۵-۲ نشان داده شده است.

جدول ۵-۲- ویژگیهای دراگلاین

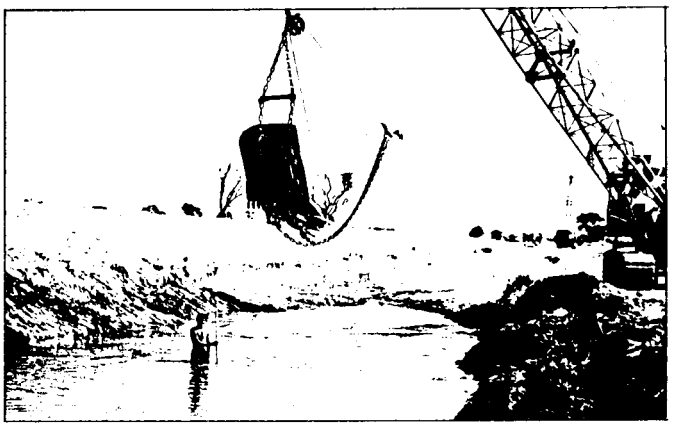
گنجایش جام (m^3)	توان (اسب بخار)	وزن (تن)
۰/۵۰	۵۰	۱۳
۰/۷۵	۷۵	۲۷
۱/۰۰	۱۰۰	۴۵
۲/۰۰	۱۵۰	۵۶
۳/۰۰	۲۰۰	۶۸
۵/۰۰	۴۰۰	۱۱۴

براساس یک قاعده سرانگشتی که برای تعیین ظرفیت دراگلاین یا بیل مکانیکی بکار می‌رود، اگر گنجایش جام در ۱۰۰ ضرب شود، ظرفیت حفاری در هر ساعت بدست می‌آید. این رابطه ساده با فرض اینکه ماشین می‌تواند در هر ساعت ۱۰۰ مرتبه جام خود را پرو خالی کند به‌کار برده می‌شود. گردش کار ماشینهای بزرگ کندتر و ماشینهای کوچک

تندتر است. عوامل زیاد دیگری نیز در تعیین ظرفیت دراگلاین مؤثراست. در هر حال، بطور تقریب می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

$$\text{عملکرد ماشین } (m^3/hr) = \text{گنجایش جام } (m^3) \times ۱۰۰$$

$$\text{عملکرد ماشین } (m^3/hr) = \text{قدرت ماشین } (hp)$$

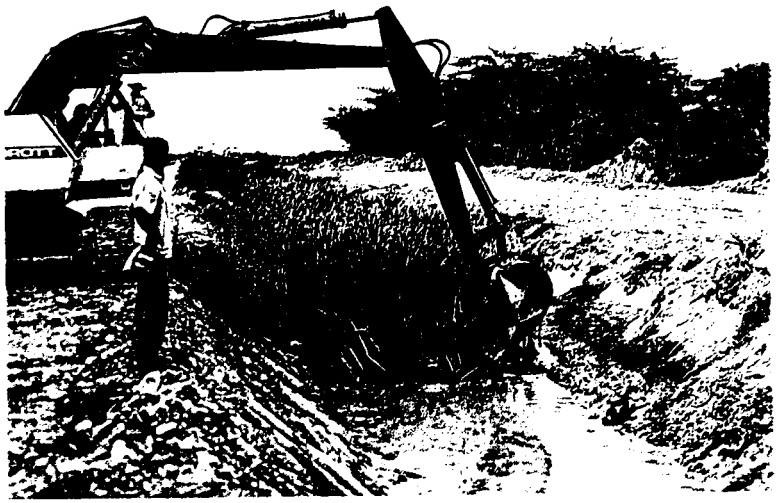


شکل ۵-۱۰ دراگلاین

فشار وارد بر زمین توسط دراگلاین چرخ زنجیری بین ۰/۳۵ تا ۰/۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و در دراگلاین چرخ لاستیکی بین ۱/۷۵ تا ۳/۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

۵-۱-۵ بیل‌های مکانیکی

بیل مکانیکی، خاکبردار تلسکوپی و بیل هیدرولیکی نامهای مختلفی است که به بیل مکانیکی داده شده است (شکل ۵-۱۱ تا ۵-۱۳). امروزه بیل مکانیکی ماشینی است که احتمالاً بیشتر از هر ماشین دیگری مورد استفاده پیمانکاران قرار می‌گیرد.



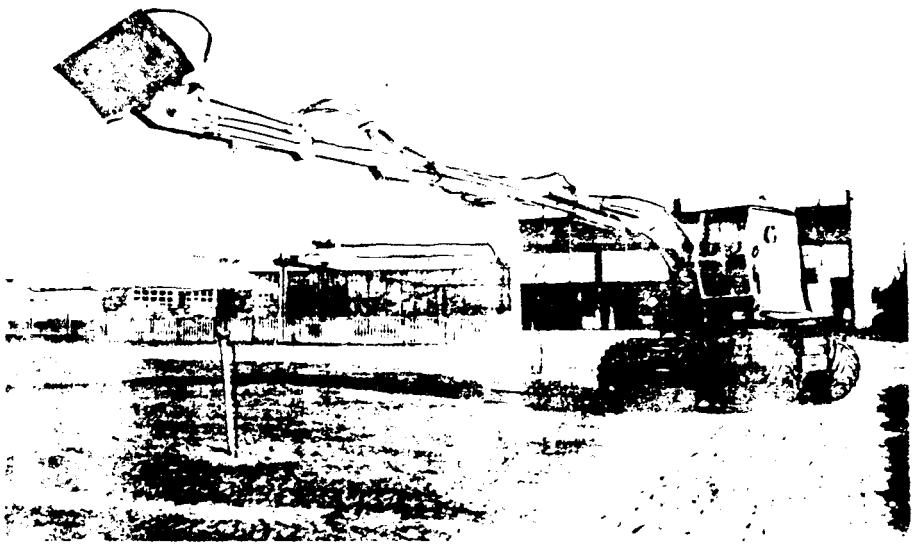
شکل ۵-۱۱- بیل مکانیکی چرخ زنجیری

بیل مکانیکی به علت سرعت بیشتر چرخش، در مقایسه با دراگلاین با قدرت مشابه، می‌تواند در زمان معین حفاری بیشتری انجام دهد. در خاکهای سخت، بیل مکانیکی نسبت به ترنچر، از توانایی بیشتری برای حفاری برخوردار است. اما در عین حال، عملکرد آن کمتر از نصف ترنچری است که بطور مداوم و پیوسته خاکبرداری می‌کند. از آنجا که بیل مکانیکی قابلیت‌های گوناگونی دارد، معمولاً در اغلب کارهایی که با حفر ترانشه توأم است، به کاربرده می‌شود. جامهایی که برای این ماشین ساخته شده، از نظر شکل و اندازه بسیار متنوع‌است، بطوریکه با آنها می‌توان ترانشه‌های قائم و یا ذوزنقه‌ای را احداث کرد.

هرچند امروزه با وجود ترنچر، حفر ترانشه‌های طولانی بوسیله بیل مکانیکی متداول نیست، ولی معمولاً برای آماده‌سازی کار برای ترنچر، قسمت ابتدایی ترانشه‌های زهکشی، جایی که زهکشهای مزرعه به جمع‌کننده متصل می‌شود، با بیل مکانیکی حفر می‌گردد.

بیل تلسکوپی، گونه‌ای دیگر از بیل مکانیکی است، با این تفاوت که بازوی بیل

مکانیکی از وسط خم می‌شود، در حالی که بازوی این دستگاه بصورت تلسکوپی است. همین تفاوت، ویژگی متمایزی به این ماشین می‌دهد که می‌تواند در موارد خاص بسیار مفید باشد. بیل تلسکوپی می‌تواند جام خود را بچرخاند. این کار نه از بیل مکانیکی استاندارد و نه از دراگلاین ساخته است و از این رو، ویژگی منحصر به فرد این دستگاه به شمار می‌رود. به همین علت، از این دستگاه می‌توان برای کارهای دقیق حفر پروفیل و تنظیم مقطع استفاده کرد.



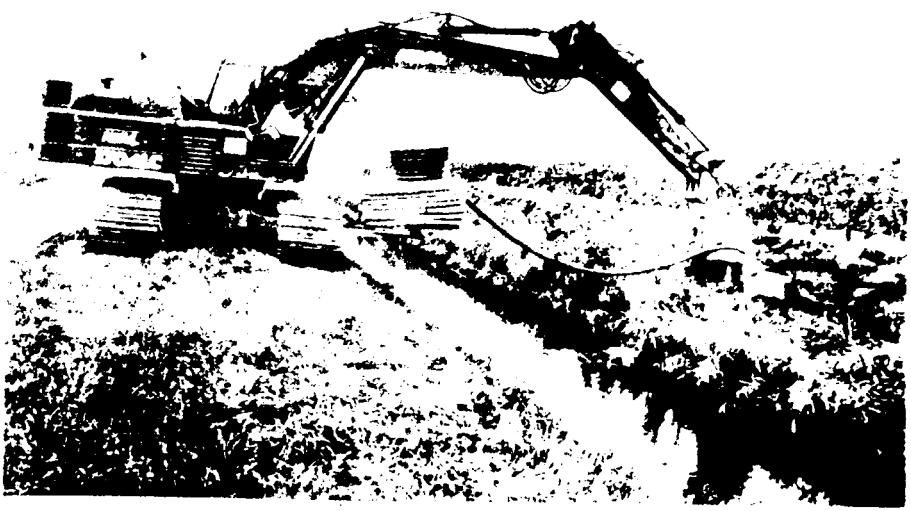
شکل ۵-۱۲- بیل تلسکوپی

بیل مکانیکی می‌تواند دیزلی یا بنزینی، چرخ لاستیکی و یا چرخ زنجیری باشد. ویژگیهای این دستگاه در جدول ۵-۳ نشان داده شده است.

فشار وارده بر زمین در ماشینهای چرخ زنجیری بین ۰/۳۵ تا ۱/۰۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و در دستگاههای چرخ لاستیکی بین ۱/۷۵ تا ۳/۵۰ کیلوگرم بر سانتیمترمربع است.

جدول ۵-۳- ویژگیهای بیل مکانیکی

گنجایش جام (مترمکعب)	توان (اسب بخار)	وزن (تن)
۰/۵	۵۰	۱۱
۱/۰	۱۰۰	۲۳
۲/۰	۱۵۰	۳۵
۳/۰	۲۰۰	۴۵
۵/۰	۳۰۰	۶۸



شکل ۵-۱۳- ترکیبی از بیل مکانیکی و ترنچر

عواملی که در عملکرد این دستگاه دخالت دارد، مشابه همان عواملی است که بر روی دراگلاین تأثیر می گذارد. هر دور حفاری و تخلیه بیلهای مکانیکی کوچک در حدود

۲۰ ثانیه و دستگاههای بزرگ در حدود ۴۰ ثانیه طول می‌کشد. به عبارت دیگر، دوره تناوب کار بیل مکانیکی کوچک و بزرگ به ترتیب ۲۰ تا ۴۰ ثانیه است. به این ترتیب، بیل مکانیکی می‌تواند در هر ساعت ۱۰۰ تا ۲۰۰ و بطور متوسط ۱۳۰ محموله خاک را حفاری و تخلیه کند. بدین ترتیب عملکرد ماشین بقرار زیر برآورد می شود:

عملکرد نظری ماشین = ۱۳۰ ×گنجایش جام برحسب متر مکعب

عملکرد واقعی = ۵۰ درصد عملکرد نظری

فاصله‌ای که بازوی بیل مکانیکی می‌تواند به آن برسد، کمتر از دراگلاین است، اما این ماشین در خاکهای سفت و سخت عملکرد بسیار بهتری دارد. با بیل مکانیکی می‌توان ترانشه‌ها را منظم‌تر و بهتر از دراگلاین ایجاد کرد و با تعویض جام آن می‌توان ترانشه‌های قائم یا ذوزنقه‌ای را حفر نمود.

مشخصات عمومی بیلهای تلسکوپی در جدول ۵-۴ آورده شده است.

جدول ۵-۴- ویژگیهای بیل تلسکوپی

گنجایش جام (مترمکعب)	توان (اسب بخار)	وزن (تن)
۰/۴	۷۵	۱۸
۰/۶	۱۵۰	۲۷
۱/۵	۳۰۰	۶۸
۳/۰	۶۰۰	۱۳۶

اپراتور بیل تلسکوپی می‌تواند کنترل بیشتری بر کیفیت حفاری بعمل آورد زیرا جام این دستگاه قابلیت چرخش دارد. میزان عملکرد این ماشین مستقیماً به نوع خاک، توان دستگاه و گنجایش جام بستگی دارد. برای بدست‌آوردن میزان تقریبی عملکرد این ماشین می‌توان از روابط گفته شده در مورد بیل مکانیکی استاندارد استفاده کرد.

۵-۲ ابزارهای کنترل عملیات ساختمانی

پیش از اینکه تکنولوژی لیزر به کار گرفته شود، برای کنترل عمق در عملیات اجرایی زهکشی از شاخصهای مخصوص[1] استفاده می‌شد. در ده‌سال گذشته، استفاده از لیزر در اینگونه عملیات بسیار متداول شده است. بهره‌گیری از لیزر در زهکشی موجب شده است که سرعت کار افزایش یابد و کارآیی نصب بیشتر شود. با به‌کارگیری لیزر می‌توان کنترلهای زیر را به عمل آورد (شکل ۵-۱۴):

- کنترل شیب طولی ؛
- کنترل عمق نصب ؛
- جبران خطاهایی که در اثر انحراف (از وضعیت قائم) ماشین پیش می‌آید.

در کلیه موارد فوق از نور چرخان لیزر یا صفحه نور مرجع[2] که بر فراز منطقه کار ایجاد می‌شود، استفاده بعمل می‌آید. با استقرار صفحه نور مرجع بصورت افقی و یا شیب‌دار می‌توان ماشینهای در حال کار را کنترل کرد (شکل ۵-۱۵).

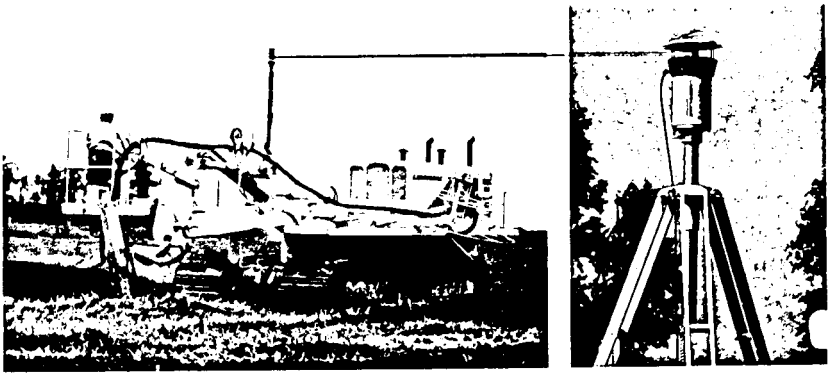
ارتفاع و زاویه صفحه نور مرجع را می‌توان آنچنان تنظیم نمود تا با ارتفاع و شیب موردنظر برای حفاری منطبق شود. از سوی دیگر، گیرنده‌ای فتوالکتریک بر روی دیرکی که بر سیستم حفاری ماشین سوار است، نصب می‌شود. این گیرنده، هیدرولیک ماشین و به تبع آن عمق حفاری را به گونه‌ای کنترل و تنظیم می‌کند که خود همواره در مرکز صفحه نور مرجع (که قبلاً در ارتفاعی معین از ترانشه استقرار یافته است) قرار گیرد.

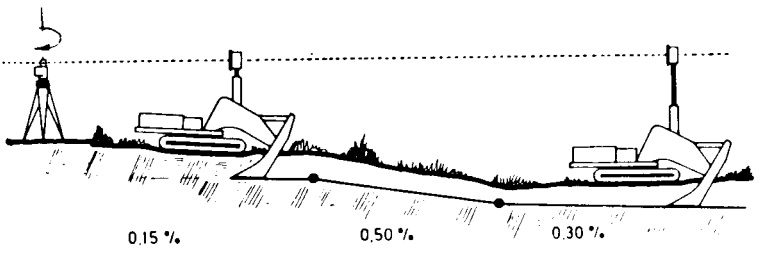
یکی از کاربردهای ویژه لیزر این است که می‌تواند بطور خودکار، خطاهای ناشی از کج‌شدن ماشین (انحراف از قایم) را جبران کند. با بهره‌گیری از لیزر، بدون توجه به شیب جانبی ناشی از پستی و بلندیهایی که در سر راه ماشین وجود دارد، می‌توان شیب طولی لازم را تأمین کرد.

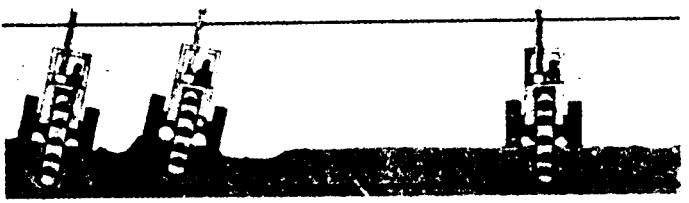
کنترل‌کننده‌های لیزری دستگاههایی است که بوسیله آنها پیمانکاران می‌توانند چه از

1- Boning rod

2- Reference light plane







شکل ۵-۱۴- سیستم کنترل شیب لیزری

نظر نیروی کار و چه از نظر کیفیت کار، عملیات خود را بهبود بخشند. پیمانکارانی که در این کار تجربه دارند، نه تنها با کمک لیزر کار ماشین را کنترل می‌کنند، بلکه وضعیت پیش‌روی دستگاه را نیز ارزیابی می‌کنند و محاسبات لازم را برای تعیین شیب، عمق

خاکبرداری و نقاط تغییر شیب بعمل می‌آورند تا بتوانند پیوستگی و ارتباط لازم بین قسمتهای مختلف مسیر را تأمین نمایند.

در ماشینهایی نظیر ترنچلس که سرعت عمل زیادی دارد، برای بدست‌آوردن کیفیت کار مناسب، استفاده از لیزر ضرورت دارد. در هر حال، پیمانکاران باید از محدودیتهای ماشین حفاری و سیستم لیزر نیز آگاهی داشته باشند و در محدوده امکانات و قابلیتها از آنها استفاده بعمل آورند.

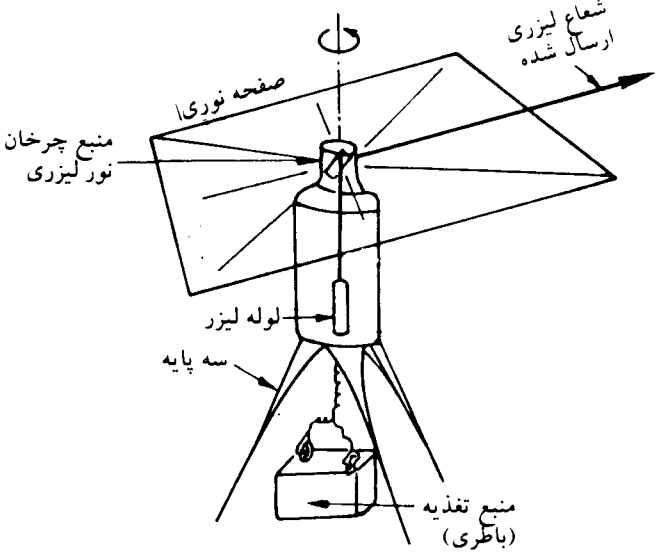
برای تغییر شیب بطور خودکار، برخی سیستمهای لیزری، طوری برنامه‌ریزی می‌شود که بطور خودکار و هوشمند دیرک را متناسب با پیشروی دستگاه بالا یا پایین برده و ارتفاع آن را تنظیم کند. بطور مثال، چنانچه ماشین ۰/۲۵ متر به جلو برود، وگیرنده طبق دستوری که قبلاً برنامه‌ریزی شده به اندازه یک صدم این فاصله از لبه جبهه حفاری فاصله بگیرد، هیدرولیک دستگاه، خود را به نحوی اصلاح می‌کند که مرکز گیرنده در مقابل صفحه نور لیزر قرار گیرد. به این ترتیب، به شیب، یک درصد افزوده می‌شود. چنانچه صفحه نور هم قبلاً با شیب یک درصد تنظیم شده باشد، شیب طولی ترانشه دودرصد خواهد بود.

۳-۵ ماشینها و ابزارهای کمکی

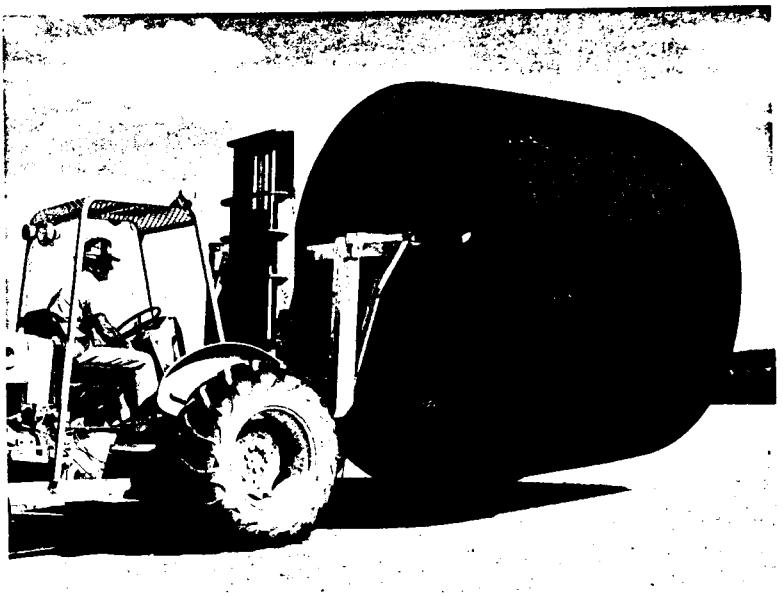
چنانچه فاصله کارخانه سازنده لوله تا محل اجرای عملیات زیاد باشد، حمل و نقل لوله‌های زهکشی نیز بعنوان یک عامل مؤثر در عملیات اهمیت می‌یابد. در حال حاضر برای انتقال لوله‌های خرطومی پلاستیکی، قرقره‌های بزرگی ساخته شده که هریک از آنها می‌تواند تا ۳۰۰۰ متر لوله را جابجا کند(شکل ۵-۱۶).

برای حمل و نقل لوله‌های زهکشی باید دقتهای خاص اعمال گردد. برای حفاظت لوله‌های پی‌وی‌سی در مقابل اشعه ماوراء بنفش خورشید نیز باید مراقبتهای ویژه انجام شود. برای انتقال لوله‌های خرطومی از انبار کارگاه به محل نصب، تریلرهایی مخصوص حمل قرقره‌های بزرگ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

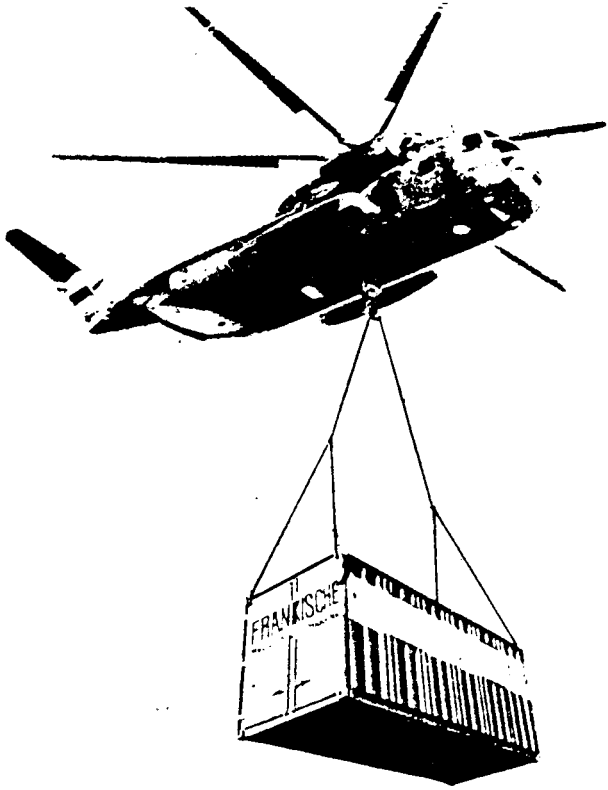
هزینه حمل و نقل لوله‌ها از آنچنان اهمیتی برخوردار است که در بعضی شرایط



شکل ۵-۱۵ صفحه مجازی نور مرجع که بوسیله لیزر چرخان ایجاد می‌شود .



شکل ۵-۱۶ کلاف بزرگ لوله زهکشی که بوسیله ماشین جابجا می‌شود .

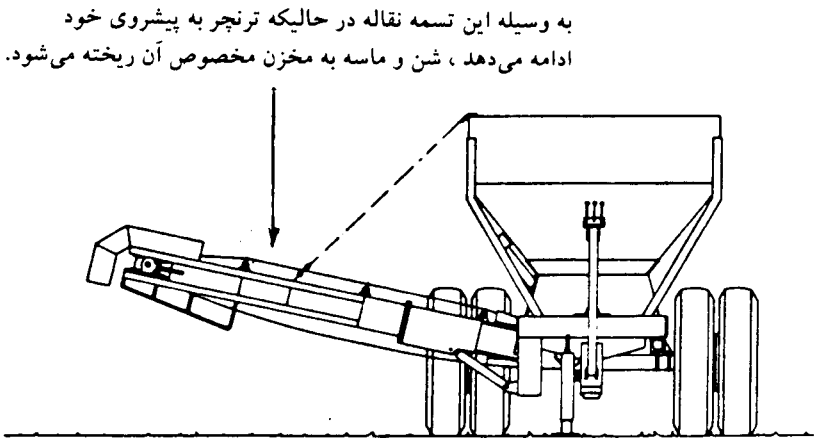


شکل ۵-۱۷ جابجائی یک کارخانه سیار لوله سازی

می‌تواند نصب یک کارخانه سیار تولید لوله را در محل پروژه از نظر اقتصادی کاملاً توجیه کند. ماشین‌آلات چنین کارخانه‌ای می‌تواند در یک کانتینر مستقر شده و لوله آماده نصب را در محل کار تولید کند (شکل ۵-۱۷).

هنگامی که از ماسه و یا شن بعنوان پوشش پیرامون لوله استفاده شود، بهره‌گیری از مخزن مخصوص حمل شن و تغذیه آن به ماشین زهکشی[1] بصورت دنباله‌بند تراکتور ضرورت پیدا می‌کند. مخازن حمل شن در انواع گوناگونی ساخته می‌شود (شکل ۵-۱۸).

1- Gravel trailer



شکل ۵-۱۸ مخزن مخصوص تغذیه شن و ماسه به ماشین زهکشی

ظرفیت مخازن حمل شن بطور معمول حدود پنج تن است و مصالح شن و ماسه را از طریق یک تسمه نقاله به مخزن شن ماشین زهکشی منتقل می‌کند.

برای ریشه‌کنی و پاک‌کردن زمین از بقایای گیاهی و همچنین واربختن خاک به داخل ترانشه‌های زهکشی نیز می‌توان از بولدوزر استفاده نمود.

نقشه‌برداری دقیق توپوگرافی لازمه طراحی خوب زهکشی است. تاکئومترهای الکترونیکی ثبات اتوماتیک[1]، پیشرفته‌ترین وسیله‌ای است که برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد. با به کارگیری چنین دستگاههائی، مختصات و اطلاعات نقشه‌برداری شده، می تواند همزمان با برداشت، پردازش شده و به نقشه توپوگرافی تبدیل شود.

وسایط نقلیه به ویژه وانت نیز یکی دیگر از ماشینهای کمکی زهکشی است.

1- Automatic recording electronic tachometer

۴-۵ ماشینهای نگهداری

عملیات نگهداری زهکشهای زیرزمینی عمدتاً شامل بازسازی و اصلاح عملکرد زهکشهایی است که به علل زیر، به خوبی کار نمی‌کند:

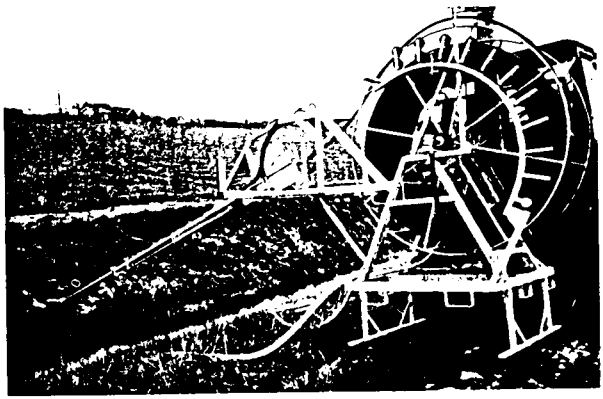
- تجمع رسوب در لوله‌ها (لای و ماسه)؛
- گرفتگی در اثر رسوبات شیمیایی (زنگ آهن)[1] ؛
- گرفتگی لوله بوسیله ریشه گیاهان.

برای تمیزکردن لوله‌ها، دو روش وجود دارد، خراشیدن لوله‌ها یا استفاده از فشار جت آب.

خراشیدن لوله‌ها برای تمیزکردن رسوبات لای و ماسه به کمک یک شیلنگ پی‌وی سی سخت (یا چیزی مشابه آن) که به انتهای آن وسیله‌ای خراشنده متصل است، انجام می‌گیرد. شیلنگ به داخل زهکش رانده می‌شود تا داخل آن را به هم زده و رسوبات را از داخل لوله به خارج انتقال دهد.

شستشو با فشار جت آب به کمک یک ماشین مخصوص صورت می‌گیرد. این ماشین آب را با فشار از طریق یک شیلنگ مسلح (برای تحمل فشار زیاد) که به سرشیلنگ مخصوص متصل است به داخل زهکش پمپ می‌کند(شکل ۵-۱۹). رسوبات داخل لوله بوسیله فشار جت آب، سست و رها شده و همراه با آب تزریق شده به خارج انتقال می‌یابد. دو نوع از این سیستمها وجود دارد که با فشار زیاد و یا با فشار کم کار می‌کند . نوع فشار قوی، دارای فشاری معادل ۸۰ تا ۱۲۰ آتمسفر است، در حالیکه نوع فشار ضعیف آن در فشاری نزدیکِ ۲۰ آتمسفر کار می‌کند. دبی دستگاه، حدوداً بین ۵۰ تا ۱۵۰ لیتر در دقیقه (۰/۸ تا ۲/۵ لیتر در ثانیه) متغیر است. هر دو سیستم می‌تواند زهکشهایی بطول تا ۳۵۰ متر را تمیز کند. فشار در سرشیلنگ به میزان قابل ملاحظه‌ای از آنچه گفته شد کمتر است. میزان افت بار به نوع شیلنگ بستگی دارد (قطر داخلی ۱۴ تا ۲۰ میلیمتر). قطر

۱- در شرایط خاکهای سرشار از ترکیبات آهن.



شکل ۵-۱۹- دستگاه تمیزکننده زهکش که با فشار زیاد کار می‌کند.

سرشیلنگ بین ۲۵ تا ۴۰ میلیمتر است. سرشیلنگ دارای یک سوراخ به سمت جلو و ۳ تا ۶ سوراخ به سمت عقب است که هریک از آنها زاویه‌ای بین ۱۵ تا ۴۵ درجه با محور طولی شیلنگ می‌سازد. با کمک فشار آب، حتی رسوبات سخت شده لای را می‌توان شستشو کرد. انتقال ماسه کاری بسیار دشوار است. دستگاههای با فشار کم، معمولاً برای این کار مناسب نیست. در خاکهای ماسه‌ای، دستگاههای با فشار زیاد از طریق به جرکت‌درآوردن ماسه[1]، می تواند اثر معکوس و مخرّب از خود به جای گذارد. آب مورد نیاز برای تمیزکردن لوله‌ها را می‌توان بوسیله تانکر آب و یا مستقیماً از طریق کانالها و جویهای روباز تأمین نمود.

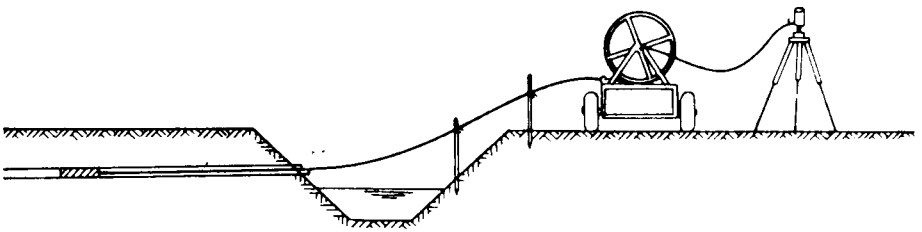
رسوبات آهن را می‌توان به آسانی با هریک از روشهای شستشو از بین برد، حال آنکه رفع گرفتگی لوله‌ها از ریشه گیاهان، عموماً دشوار است. از آنجاکه این نوع گرفتگی عمدتاً در خاکهای ماسه‌ای اتفاق می‌افتد، استفاده از دستگاههای با فشار زیاد می‌تواند نه تنها موجب بازسازی لوله نشود، بلکه خساراتی را نیز به آن وارد آورد. راه حل مناسب این

1- Quicksand condition

است که وسائل برنده‌ای به شیلنگ بسته شود تا ضمن پیشروی در داخل لوله ریشه‌ها را خرد کرده و همراه آب به بیرون انتقال دهد.

۵-۵ ابزارهای بازرسی زهکشها

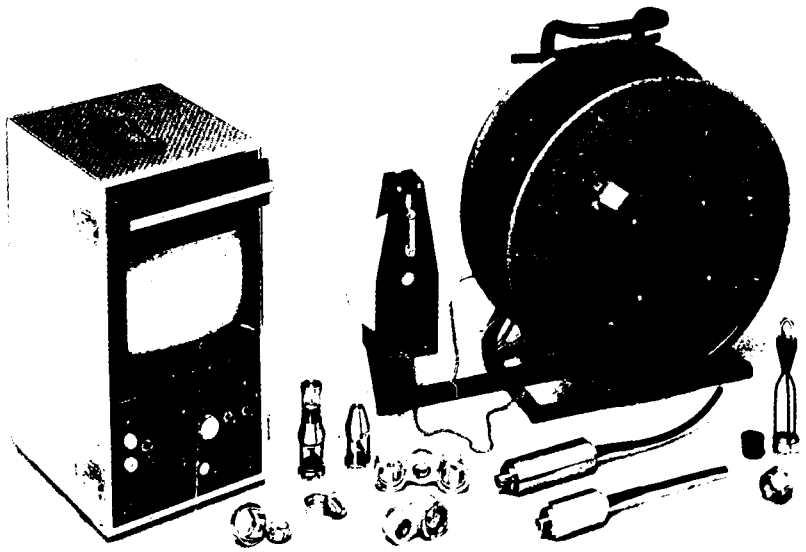
اخیراً وسائلی توسط کالینز و شافر[1] ساخته شده است که می‌تواند تغییرات عمق استقرار لوله‌های زهکشی را اندازه‌گیری کرده و محل گرفتگی را در لوله‌ها پیدا کند (شکل ۵-۲۰).



شکل ۵-۲۰- وسائل ابداعی کالینز و شافر برای کنترل عمق زهکش و تشخیص محل گرفتگی

دستگاهی که به کمک آن امکان بازرسی لوله‌ها از طریق یک مونیتور فراهم می‌شود، See - Look نامیده می‌شود. با کمک این دستگاه، بازرسی از زهکشها با دید مستقیم امکان‌پذیر است. در صورت نیاز می‌توان نوار ویدئویی و یا عکس رنگی نیز از داخل زهکش تهیه کرد (شکل ۵-۲۱).

1- Collins and Schaffer



شکل ۵-۲۱ مجموعه ابزار برای مشاهده درون لوله

منابع مورد استفاده :

Centre de formation du drainage (Drainage training cennter), 1980;
Use of rotating laser in drainage (French);
France.

Collins H.J., 1988;
Requirements on effective drainage systems;
International Commission on Irrigation and Drainage;
15th European regional conference on agricultural water management;
Horizon 2000;
Proceedings, Volume 3;
Dubrovnik, Yugoslavia.

Smedema J.S. and D. Rycroft, 1983;
Land drainage;
Batsford Academic and Educational Ltd;
London, United Kingdom.

Westland G.F., 1985;
Subsurface drainage Construction Equipment;
German Program for International Seminars;
Seminar "Drainage";
Lisbon, Portugal.

فصل ششم

شیوه‌های احداث شبکه زهکشی زیرزمینی

احداث شبکه زهکشی زیر زمینی مزرعه، مجموعه عملیات زیر را در بر می‌گیرد.

- بررسیهای صحرائی زهکشی و مطالعه پستی و بلندی و عوارض زمین
- مطالعه و طراحی شبکه زهکشی
- انجام مناقصه و انتخاب پیمانکار
- تهیه مصالح مورد نیاز
- کنترل کیفیت مصالح
- انبار کردن و حفاظت مصالح
- توزیع مصالح درنقاط کار
- نقشه‌برداری و کارگذاری نقاط نشانه اصلی و کمکی
- احداث زهکش های جمع کننده
- ساخت سازه‌های پیش ساخته (مانند چاهک بازدید، مجرای دسترسی و سازه‌های تقاطعی)
- پخش خاک ناشی از حفر زهکش‌های روباز
- کارگذاری لوله‌های زهکش عمقی و پوشش آن با مصالح مناسب
- نظارت بر عملیات اجرائی
- تعبیه لوله خروجی زهکش عمقی در محل اتصال به زهکش روباز و یا به زهکش جمع کننده لوله‌ای
- تعبیه تاسیسات دسترسی به لوله جهت لایروبی داخل آن، در صورت نیاز
- کنترل عمق گارگذاری خطوط لوله مزرعه و زهکشهای جمع کننده
- حفاظت نقاط اتصال در لوله‌های زیرزمینی
- پاکسازی محل کار، شامل تخلیه مصالح اضافی لوله‌های شکسته و معیوب
- تهیه نقشه موقعیت و مشخصات دقیق شبکه زهکشی احداث شده
- کنترل دوباره لوله‌های زهکشی مزارع همزمان با شستشوی داخل آنها

عملیات احداث سیستم زهکشی زیرزمینی باید همواره در شرایط مناسبی اجرا شود. زمانی که خاک بیش از اندازه مرطوب و یا خشک باشد، ممکن است باعث کندی کار شده و یا در حین اجرا صدمات و خساراتی ببار آورد. همچنین پایداری و بارپذیری خاک باید طوری باشد که شرایط مطمئنی را برای اجرای زهکش‌ها تامین نماید. دراین بخش جنبه‌های مختلف اجرای زهکش‌های زیرزمینی مورد بحث قرار خواهدگرفت.

۶-۱ استانداردهای اجرائی

با توجه به اینکه عملیات احداث شبکه‌های زهکشی بطور روز افزون به سمت ماشینی شدن پیش می‌رود، تهیه استانداردهای اجرائی نیز ضرورت یافته است. جدول شماره ۶-۱ نمونه‌هایی از استانداردهای تدوین شده در کشورهای مختلف را نشان می‌دهد. در جمهوری فدرال آلمان، استاندارد شماره (DIN 1185 Drainage), دستورالعمل‌های مربوط به کنترل سطح آب زیرزمینی به وسیله زهکش‌های لوله‌ای و کانال‌های روباز و همچنین اصلاح خاک را توضیح می‌دهد. در استاندارد شماره DIN 1185 Part 3 و نیز استانداردهای شماره 4033 و 18300 - DIN ، دستورالعمل‌های جمهوری فدرال آلمان برای اجرای شبکه زهکشی، تجهیزات متداول، رواداری‌ها، شیوه و مراحل اجرائی زهکش‌های زیرزمینی با ماشین ترنچر یا ترنچلس و همچنین درباره سازه‌های شبکه زهکشی مانند اتصالات، چاهک بازدید و دسترسی، تاسیسات دهانه خروجی زهکشی‌های زیرزمینی وبالاخره در مورد زهکش‌های روباز و روشهای اصلاح خاک تشریح شده است (پیوست‌شماره۳).

۶-۲ کارگذاری زهکش‌های زیرزمینی، جمع کننده‌ها و زهکش های اصلی

مراحل اجرای زهکش‌های زیرزمینی به شرح زیر است:

- حفر ترانشه‌های تاعمق لازم و با شیب مناسب
- کارگذاری لوله درداخل ترانشه و درصورت نیاز پوشش آن با مصالح مناسب

- واریختن خاک در مسیر ترانشه

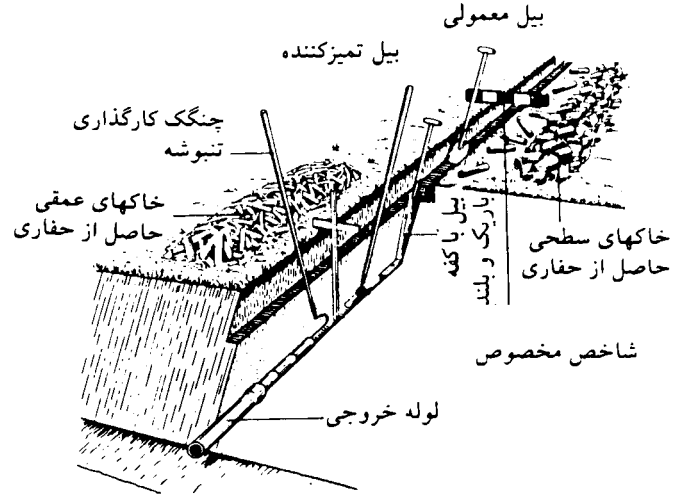
زهکش زیرزمینی با استفاده‌ازلوله پلاستیک‌خرطومی	لهستان PN-78 gig1 -14	فرانسه CPC 1074	آلمان DIN-1185	چکسلواکی‌سابق ON 75 4203 ON 73 6895 CSN 73 6931	کانادا AGDEX-555	بلژیک DRBF 34.7
حداقل قطراسمی(mm)	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۱۰۰	۵۰
ضخامت خاک رویلوله(cm)						
حداقل	۶۰	۸۰	۸۰	۷۰	۹۰	۶۰
توصیه‌شده	۸۰-۱۱۰	۸۰-۱۲۵	۸۰-۱۲۰	۸۰-۱۳۰	۱۰۰-۱۵۰	۸۰-۱۰۰
شیب خط لوله ٪						
حداقل	۰/۳		۰/۱۵	۰/۱	۰/۱	
توصیه شده	۰/۶		۰/۳-۳/۰	۱-۲		۰/۱
حداکثر	۱۰		۸	۱۰	۲	
حدوده رواداری در رقوم کارگذاری و یا شیب مسیر	۲± سانتی متر	برای‌شیب‌کمتراز ۰/۰۰۵ حدوده ۱/۰ ± برای‌شیب‌بیش‌از ۰/۰۰۵ حدوده۱/۵±	۲ سانتی‌متردر رقوم‌کارگذاری یا ۰/۲ درصد در شیب مسیر	۲سانتی‌متربرای رقوم‌کارگذاری ویا ۰/۲ درصد درشیب مسیر	۱/۵سانتی‌متر برای رقوم و یا ۲۰ درصد در شیب مسیر	۲سانتی متر
مجموع مقاطع لوله cm^2/m	۱۲	۲۰	۸	۱۳		۲۰
رواداری درفواصل زهکش	۰/۵-۰/۹m	۱۰٪ فاصله وحداکثر ۱/۰متر	۰/۵m			٪۱۰

جدول ۶-۱ خلاصه بعضی استانداردهای موجود برای احداث شبکه زهکش‌های زیرزمینی

الف - اجرای کار با دست

گرچه امروزه اجرای شبکه زهکش‌های زیرزمینی در مساحت گسترده به ندرت با دست صورت می‌پذیرد؛ ولی توضیح مختصری از مراحل مختلف آن، به ویژه برای بکارگیری در کارهای کوچک می‌تواند مفید باشد.

حفاری ترانشه‌ها معمولاً ازپائین دست شروع شده وبه سمت بالا دست ادامه می‌یابد تا

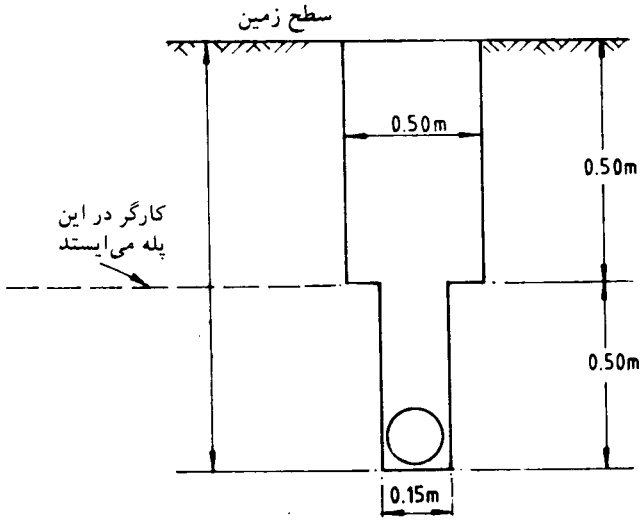


شکل ۶-۱ کارگذاری زهکش زیرزمینی با لوله سفالی و به روش دستی

جریان آب زیرزمینی به سادگی تخلیه شده و اجرای عملیات در محیط نسبتاً خشک انجام گیرد. در شکل ۶-۱، مراحل متوالی انجام کار و ابزار مورد نیاز، نشان داده شده است.

عمق و شیب کف با کمک شاخص‌های مخصوص و باتطبیق دادن آنها با نشانه‌هائی که از قبل توسط گروه نقشه‌برداری تعبیه شده، مشخص می‌گردد. چیدن لوله‌های سفالی از قسمت خروجی (پایین دست)آغاز شده و به سمت بالادست ادامه می‌یابد. عرض ترانشه معمولاً بین ۰/۳ تا ۰/۶ متر متغیراست. حدود ۰/۵ - ۰/۶ متر پائینِ گودِ ترانشه را می‌توان با کمک بیل کفه بلند و با عرض کم‌تر حفر نمود (شکل ۶-۲).

کف ترانشه بعد از حفاری بابیل دستی، به وسیله ویژه (کج بیل) تمیز و هموار شده و سپس مراحل لوله گذاری، پوشش لوله و واریختن خاک به درون ترانشه انجام می‌گیرد. در این روش، بسته به نوع خاک،سرعت کارگذاری زهکش معمولاً بین ۲۰ تا ۵۰ متر در روز متغیراست.



شکل شماره ۶-۲ حفر ترانشه‌بصورت دستی

ب - اجرای زهکش‌های زیرزمینی با ماشین

اجرای زهکش زیرزمینی بوسیله ماشین مستلزم عملیات زیر است

- پیاده کردن راستای مسیر و تنظیم و نشانه‌گذاری ارتفاع کارگذاری
- حفر ترانشه و کارگذاری لوله

احداث زهکشهای زیرزمینی توسط ماشین، از حدود ۴۰ سال قبل آغاز شد. در مراحل اولیه فقط ترانشه بوسیله ماشین حفر می‌شد ولی آماده سازی بستر ترانشه ، کارگذاری و سرِهم کردن لوله‌ها با دست انجام می‌گرفت. اکنون باافزایش کاربرد لوله‌های پلاستیکی خرطومی، عملیات حفرِ ترانشه، کارگذاری لوله و مصالح پوشش آن، بصورت یک سلسله عملیات پی در پی توسط ماشین انجام می‌گیرد.

۶-۲-۱ انتخاب تجهیزات

لوله‌های سفالی، هنوز هم در بعضی از کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا کاربرد لوله‌های پلاستیکی به امکان تولید و یا تامین آن وابسته است که در همه موارد وجود ندارد.

برای کارگذای لوله سفالی معمولاً از ماشین ترنچر نوع زنجیری استفاده می‌شود، ولی در کارگذاری لوله پلاستیکی خرطومی، امکان انتخاب هر یک از دو نوع ماشین زهکشی، ترنچر یا ترنچلس، وجود دارد. انتخاب ماشین مناسب و تجهیزات آن به عواملی چون، ماهیت و منشاء و نوع مسائل زهکشی، شرایط فیزیکی خاک، عوامل تکنیکی و مشخصات فنی کار بستگی دارد (شکل ۶ -۳). مشخصات فنی کار در موارد زیر برروی انتخاب ماشین اثر می‌گذارد:

- عمق زهکش

ماشین زهکشی ترنچلس برای کارگذاری لوله زهکشی تا عمق حدود ۲ متر بکار می‌رود. چنانچه عمق کارگذاری بیشتری موردنظر باشد، می‌باید ابتدا مسیر اجرای زهکش راتا عمق مناسب و به وسایل دیگری خاکبرداری نمود تا امکان کار با ماشین زهکشی ترنچلس فراهم گردد. ولی با ماشین زهکشی ترنچر، عمق کارگذاری لوله زهکش تا ۳ متر و حتی در شرایط ویژه تا ۳/۵ متر و بیشتر نیز می‌تواند برسد.

- مشخصات خاک

ماشین ترنچر برای هر نوع خاکی بجز خاکهای سنگریزه‌دار، خاکهای دارای لایه‌ی سخت[1] و یا لایه های سنگی، خاکهای خیلی سنگین و خشک و نیز خاکهای باتلاقی، مناسب است. در موارد اخیر استفاده از ماشینهای ترنچلس توصیه می‌گردد.

- نوع لوله زهکش

در هر نوع ماشین زهکشی (ترنچر یا ترنچلس)، کارگذاری لوله خرطومی پی - وی - سی یا پلی اتیلن، امکان پذیر است، ولی برای کارگذاری لوله‌های صاف (سوراخدار یابدون سوراخ)، باید از ماشین ترنچر نوع زنجیری استفاده کرد.

1- Hard pan

- قطر لوله

ماشین‌های زهکشی ترنچلس، لوله‌هائی با قطر ۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر راکارگذاری می‌کند و با انواع ویژه خیش‌ها، حتی لوله خرطومی تاحداکثر قطر ۳۰۰ میلیمتر رانیز می‌توان کارگذاری نمود. درماشین‌های ترنچر، محدودیت قطر لوله به حداکثر عرض حفاری ترنچر (حداکثر عرض قابل تنظیم تیغه‌ها) وابسته است، که معمولاً تا ۰/۳۵ متر بوده و کاربرد لوله، تا قطر ۳۰۰میلیمتر را ممکن می‌سازد. اخیراً ترنچرهای بزرگتری ساخته شده که لوله‌هائی با قطر حدود ۴۰۰ میلیمتر راکارگذاری می‌کند.

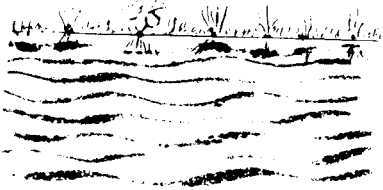
- پوشش لوله

در استفاده از مصالح پوششی در اطراف لوله، امکان کاربری هر دو سیستم (ترنچر یا ترنچلس) یکسان است. در سالهای اخیر، استفاده از ورقهای پوشش مصنوعی ساخته شده از مواد پلی پروپیلن (با تراکم ۹۰ تا ۱۵۰ گرم درمتر مربع) بصورت لفاف دور لوله رواج یافته است. هرگاه از ماشین‌های ترنچلس استفاده شود، بکاربری این نوع مصالح پوشش مناسب‌تر بوده و اجرای عملیات را آسان تر می‌کند.

- مصالح پوشش شن و ماسه

برای کاربرد مصالح پوششی شن و ماسه، بصورت همزمان باکارگذاری لوله، روشهای متعددی به شرح زیر را می‌توان به کاربست :

- حمل شن و ماسه باکامیون و کارگذاری آن در ترانشه باز
- استفاده از تریلر ویژه حمل شن و ماسه و انتقال مصالح توسط تسمه نقاله به ماشین زهکشی ترنچر یا ترنچلس. خیش‌های ماشین‌های زهکشی ترنچلس توانائی پوشش اطراف لوله به ضخامت ۵ تا ۶ سانتی متر را دارد. ماشین‌های ترنچر می‌توانند ضخامت پوشش بیشتری را نیز اجراکنند.

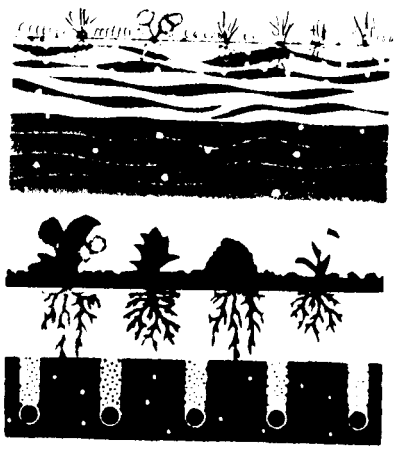


شرایط ماندابی :

در زمینهای باتلاقی، ایجاد سیستم زهکشی از طریق کنترل آب زیرزمینی، از هدر رفتن زمین زراعی جلوگیری خواهدکرد. تثبیت وضعیت آب زیرزمینی توسط زهکش زیرزمینی، برای ایجاد محیط مساعدرشد گیاه ضروری است.

شوری خاک:

در مناطق خشک، افزایش شوری خاک مشکل اصلی توسعه شبکه‌های آبیاری است. با ایجاد شبکه زهکشی زیرزمینی همراه با آبشوئی، می‌توان شوری راکنترل کرد.



نفوذناپذیری لایه‌های زیرین خاک:

لایه غیرقابل نفوذ مانع از حرکت آب به سمت پائین بوده و زهکشی طبیعی زمین را محدود می‌کند. در چنین حالتی، سست کردن وافزایش خلل و خرج خاک تا عمق نصب زهکش و کارگذاری لوله زهکش می‌تواند موازنه آب زیرزمینی را بهبود بخشد.

شکل ۶-۳ ماهیت مسایل و نقش سیستم زهکشی

۶-۲-۲ کارگذاری زهکشهای مزرعه

کارگذاری زهکش‌های مزرعه از انتهای پائین دست آن شروع می‌شود. در صورتی که زهکش جمع کننده، کانال روباز باشد، در دهانه تخلیه زهکش زیرزمینی، یک قطعه لوله P.V.C صاف یا لوله آزبست تعبیه می‌شود تا دهانه خروجی لوله خرطومی را حفاظت

شکل ۶-۴: خیش ماشین زهکشی ترنچلس، در حال لوله‌گذاری و نصب همزمان ورقه پوششی در اطراف لوله

نماید. تخلیه زهکش مزرعه به جمع کننده لوله‌ای بوسیله اتصال مخصوص صورت می‌گیرد که همراه آن می‌توان دهانه‌ای نیز برای شستشوی لوله زهکش تعبیه نمود (شکل ۴-۱۰). اتصال زهکش مزرعه به جمع کننده بایستی با دقت انجام شده و بوسیله مصالح پوششی مناسب حفاظت گردد.

روش کارگذاری زهکش زیرزمینی با ماشین ترنچلس (بدون حفر ترانشه)، که در پی جستجوی راه حل برای جلوگیری از تخریب زهکشهای لانه موشی ابداع گردید، برای اولین بار درحدود سال ۱۹۶۵ بکارگرفته شد و با تولید لوله های پلاستیکی خرطومی، مورد توجه ویژه قرارگرفت. مسئله به این شکل مطرح شد که چرا برای نصب لوله‌های زهکش، ترانشه‌ای حفر شود و پس از لوله گذاری، دوباره خاکریزی گردد؟ در حالی که می‌توان بدون حفر ترانشه، توسط خیش ویژه ماشین ترنچلس، این عمل را انجام داد. علاوه بر این، نکات دیگری به شرح زیر نیز قابل توجه است:

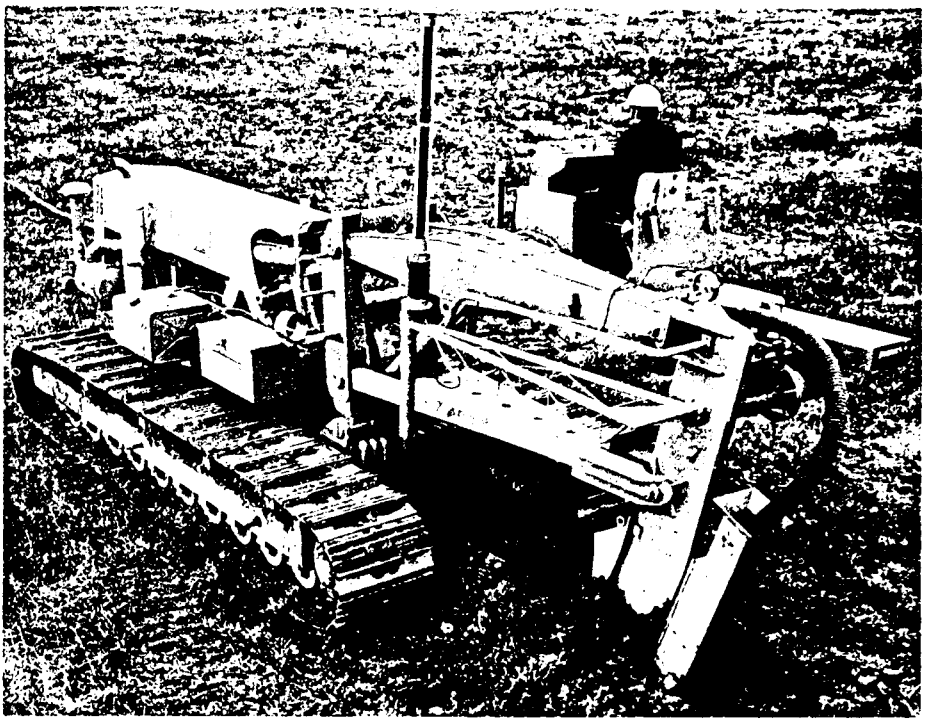
- حفر ترانشه بر ساختمان طبیعی خاک و نیروی کاپیلاریته اثر می‌گذارد.
- سرعت زیاد تیغه‌های زنجیر حفاری باعث اختلاط افق‌های مختلف خاک شده و در بعضی موارد آبگذری خاکهای رسی و سنگین را کاهش می‌دهد.
- خاک واریخته شده به ترانشه که ساختمان آن تخریب شده، در مقابل شستشوی ذرات ریز و لای گرفتگی خلل و فرج ریز خاک حساس است. در چنین خاکی ممکن است پس از نشست، نفوذپذیری کم شده و قابلیت نفوذ آب کاهش یابد.
- استفاده از ماشین ترنچلس، تخریب مزرعه در اثر کارگذاری زهکشی را به حداقل می‌رساند.
- سرعت اجرای کار در روش ترنچلس بیشتر از روش ترنچر است.
- شیوه ترنچلس جهت خاکهای مرطوب، باتلاقی و سنگریزه‌دار مناسبتر است.
- هزینه نگهداری و تعمیر ماشین‌های ترنچلس کمتر از ماشینهای ترنچر است. زیرا استهلاک قسمتهای گردنده و تیغه‌های برشی درماشین ترنچر بسیار بیشتر از خیش ماشین ترنچلس می‌باشد.
- خاک طرفین و بالای لوله زهکش دراثر حرکت خیش ماشین ترنچلس و کارگذاری لوله، کم وبیش سست و متخلخل می‌گردد.

با همه موارد فوق، در بکارگیری ماشین ترنچلس معایبی نیز به شرح زیر وجود دارد:

- بدلیل عدم امکان رویت عملیات در زیر خاک، کنترل صحت کارگذاری لوله مشکل است. هر چند امروزه با کمک دستگاههای کنترل لیزر، امکان خطای کارگذاری بسیار کم شده است.

- انتخاب نوع و شکل خیش و تیغه ماشین ترنچلس برای سازگاری با خاک، نیازبه تجربه اجرائی و سابقه موثر کار با این نوع ماشین دارد. این ضرورت ایجاب می‌کند که افراد مجرب و با کیفیت کاری خوب بکار گمارده شوند.
- استفاده از ماشین ترنچلس جهت کارگذاری لوله زهکش در خاکهای رسی سخت مناسب نیست.

پژوهش‌ها و تلاش‌های اولیه‌ای که در آلمان برای توسعه شیوه‌ها و فنون زهکشی ترنچلس انجام شد، نشان داد که در این روش شکل خیش وتیغه ماشین نقشی موثرتر از



شکل شماره ۶-۵ : ماشین ترنچلس با تیغه گاوه‌ای در حال کار

نیروی کِشنده آن ایفا می‌کند. بدین جهت از سال ۱۹۶۰ تلاشهای پی‌گیر و متمرکزی برای ابداع تیغه‌ها و خیش‌های مناسب آغاز شد.

نکته اساسی قابل توجه در سیستم خیش‌های ویژه ماشین‌های ترنچلس، تعلیق فشارهای وارد آمده به مجموعه خیش و ماشین دراثر تغییرات شرایط خاک و ناهمواریهای سطح زمین است. در واقع، شناوری سیستم اتصال خیش به تراکتور (ماشین کِشنده) برای حفظ تعادل خیش و قائم نگهداشتن آن درخاک از ویژگیهای ضروری این سیستم است. بست‌های غلطکی ویژه درمحل اتصال خیش به تراکتور سبب می‌گردد تا تاثیر تغییرات جنس خاک در حرکت تراکتور به حداقل برسد و تراکتور بتواند در وضعیت متعادل به حرکت خود ادامه دهد. برای این منظور لازم است که شکل خیش‌ها به گونه ای باشد که فشارهای مختلفی که به آن وارد می‌شود متقارن و متعادل باشد (حالت شناوری). با این سیستم، یکنواختی، تعادل و دقت موردنیاز برای کشیدن خیش تامین شده و اثرات ناشی از ناهمواریهای سطح زمین به تیغه خیش منتقل نمی‌گردد.

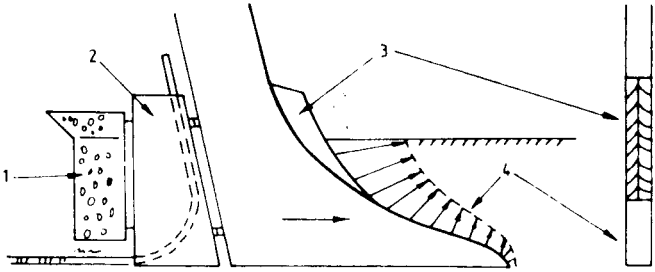
برپایه اصول فوق، خیش‌های ویژه ماشین‌های ترنچلس، عموماً به شکل گاوه‌ای "L" و یا دلتائی (V) طراحی و ساخته می‌شود. (شکل‌های ۶-۶ و ۶-۷)

ازآنجا که در عمل، یک نوع معین خیش نمی‌تواند درهمه حالت‌ها و شرایط (همانندخاکهای مختلف، شرایط اقلیمی گوناگون و مشخصات فنی متفاوت) مناسب و کارآ باشد، انواع مختلف خیش ساخته شده است که هر یک برای شرایط فیزیکی معینی کارآئی بهتری دارد.

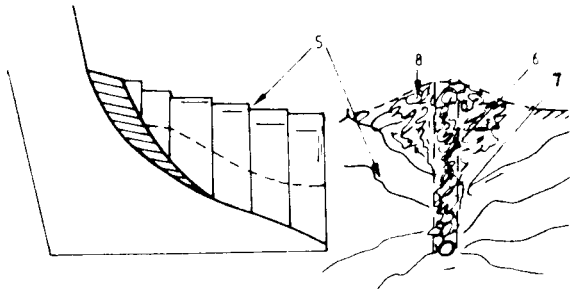
خیش گاوه‌ای، متداول ترین ابزار برای خاکهای پایدار، ماسه‌ای و سنگریزه‌ای است. این نوع خیش نیز خود گونه‌های متفاوتی دارد که هر یک برای حالت ویژه‌ای مناسب است، از جمله:

- خیش با پاشنه بلند مناسب برای خاکهای سنگریزه‌ای، سخت و خشک (شکل ۶-۸)
- خیش با قیف ویژه برای ریزش شن و ماسه فیلتر همراه باکارگذاری لوله (شکل ۶-۹)
- خیش با دو تیغه که در عین حال تیغه پائینی لرزان است تاخاک را سست نموده و قدرت موردنیاز برای ماشین راکاهش دهد. (شکل ۶-۱۰)
- خیش با دو تیغه برای خاکهای سنگین (شکل ۶-۱۱)

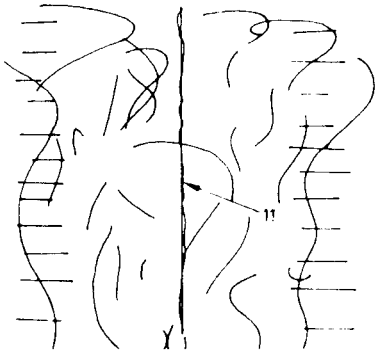
- خیش بادو تیغه برای خاکهای سنگین همراه با قیف ویژه برای ریزش شن وماسه (شکل ۶-۱۲)
- خیش برای کارگذاری لوله تاعمق ۳ متری درخاکهای آلی (۶-۱۳)



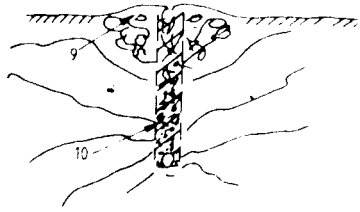
۱-مخزن شن و ماسه
۲-مجرای عبور لوله
۳-تیغه ۷ شکل برای برش خاک
۴-نوک خیش که خاک رابسمت بالا می راند.
۵-توده خاک ترک خورده که نفوذ پذیری خوب دارد.



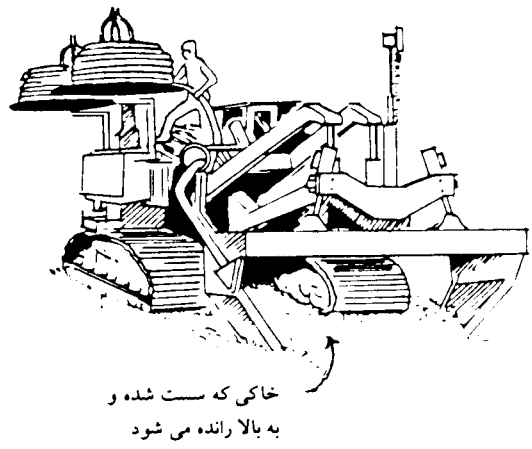
۶-خاک سست شده
۷-خاک متراکم نمی شود.
۸-خاک زیرین که به بالا آورده می‌شود.



۹-سطح زمین پس از عبور ماشین
۱۰-کارگذاری شن و ماسه فیلتر در پیرامون لوله
۱۱-مسیر حفاری که به‌زحمت دیده می شود.

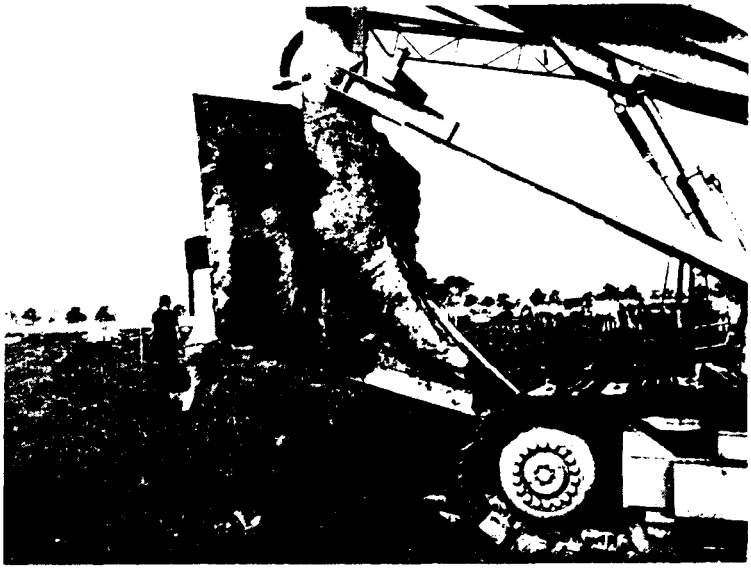


شکل ۶-۶ خیش گاوه‌ای و چگونگی اثر آن بر خاک پیرامون



شکل ۶-۷ خیش دلتائی

خیش گاوه‌ای‌در هنگام کار، خاکِ روی تیغه راکمی به سمت بالا جابجا می‌کند. این پدیده باعث ایجاد درز و ترک درخاکهای مجاور شده و قابلیت زهکشی آنها را بهبود می‌بخشد. با این خیش‌ها می‌توان همزمان باکارگذاری لوله، مصالح پوششی (اعم از شن و ماسه یا پوشش مصنوعی) را نیز کارگذاری نمود (شکل ۶-۷).

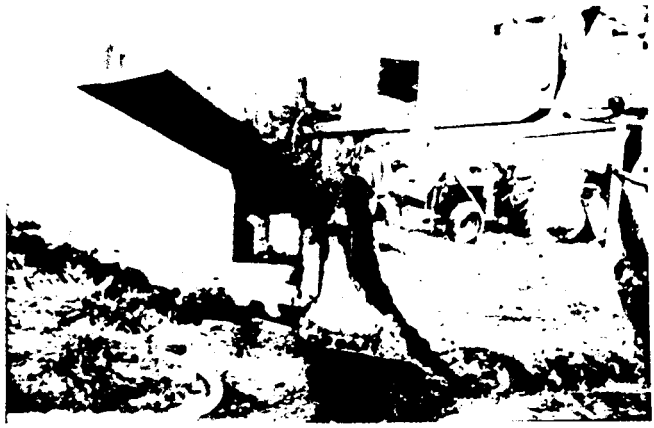


شکل ۶-۸ خیش گاوه‌ای با تیغه (پاشنه) دراز مناسب برای خاکهای سخت و سنگریزه ای

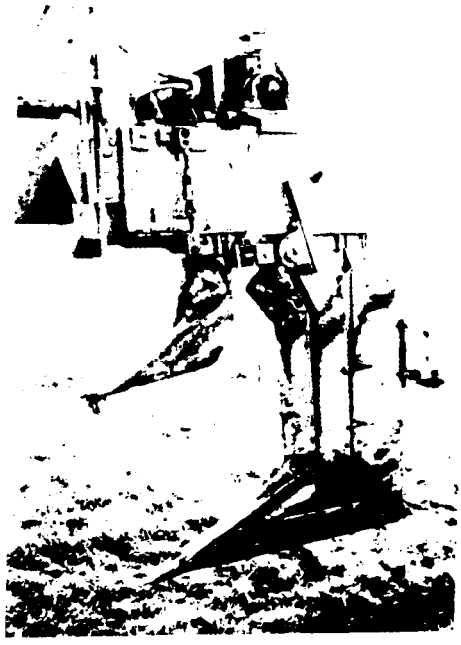
خیش دلتائی برای خاکهای یکنواخت که ساختمان حساس و شکننده دارد مناسب است (شکل ۶-۱۴). این نوع خیش در ضمن کار فشار زیادی برخاک وارد نمی‌سازد و فشردگی بوجود نمی‌آورد. همچنین تیغه خیش در موقع پیشروی، توده خاک را کمی به سمت بالا جابجا می‌کند که اینکار باعث سست شدن خاک می‌شود. با خیش دلتائی همانند خیش گاوه‌ای می‌توان همزمان با لوله گذاری، مصالح پوشش پیرامون لوله را نصب نمود.

شکل خیش و زاویه آن با مسیر حرکت عاملی است که مقدار نیروهای افقی و عمودی را مشخص می‌سازد. شکل خیش در مقدار نیروی کششی موثر است و زاویه خیش با مسیر حرکت بر مقدار فشار (عمودی) وارده بر زمین اثر می‌گذارد.

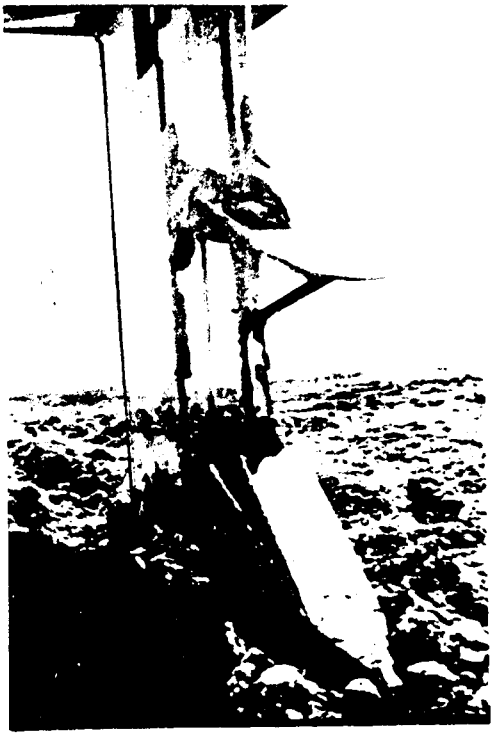
در سال ۱۹۷۴، در دانشگاه گوتینگن، بررسیهای دقیقی بر روی عملکرد چند نوع خیش بعمل آمد. نتایج بدست آمده نشان داد که حدود مناسب زاویه خیش بامسیر حرکت



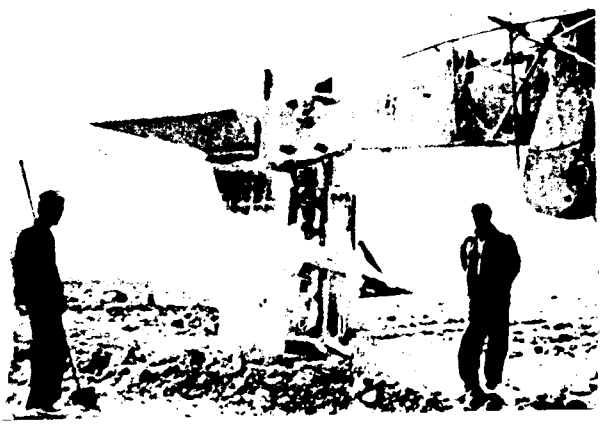
شکل ۶-۹ خیش گاوه‌ای با مخزن مخصوص برای نصب پوشش شنی



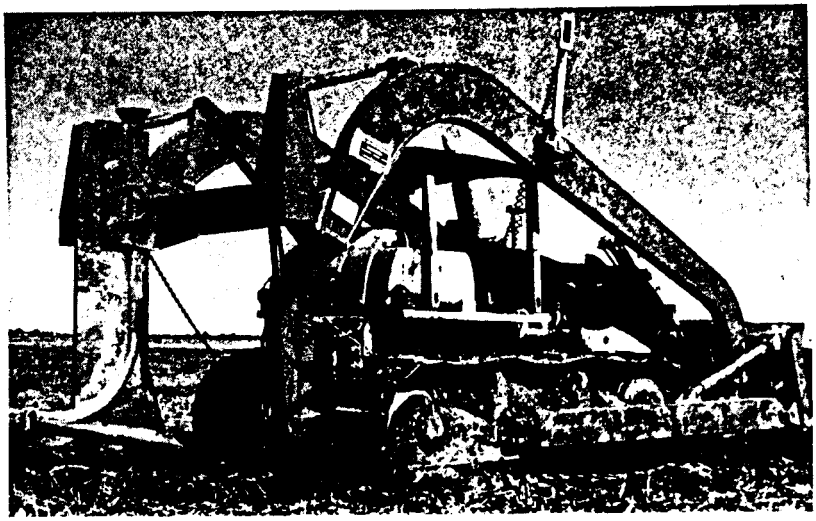
شکل ۶-۱۰ خیش گاوه ای با تیغه لرزنده



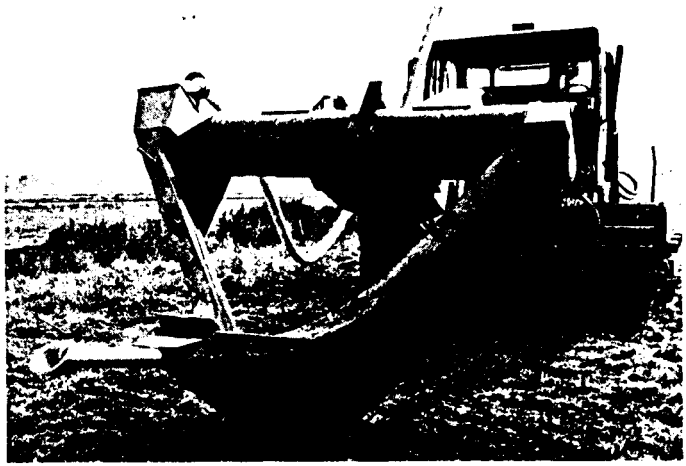
شکل ۶-۱۱ خیش دو تیغه مناسب برای خاکهای سنگین



شکل ۶-۱۲ خیش دو تیغه مناسب برای خاکهای سنگین و خشک



شکل ۶-۱۳ خیش گاوه‌ای



شکل ۶-۱۴ خیش دلتائی

برحسب عمق کارگذاری لوله متفاوت بوده وبین ۴۰ تا ۶۰ درجه تغییر می‌کند. از ۷ مورد خیش آزمایش شده، ۵ موردآن از نوع گاوه‌ای (D_7, D_1,D_2,D_3,D_4)، یک مورد آن دلتائی (D_5) و یک مورد دیگر خیش با شکل Y(D_6) بوده است (جدول ۶-۲ و شکل ۶-۱۵).

جدول ۶-۲، طبقه بندی خیش‌ها

نوع خیش		نیروی افقی(کششی) Kg/cm^2	نیروی عمودی(فشاری) Kg/cm^2
خیش گاوه‌ای	D_7	۰/۷۴	۱/۹۲
خیش گاوه‌ای	D_2	۰/۷۹	۱/۵۴
خیش گاوه‌ای	D_4	۰/۸۴	۱/۸۵
خیش گاوه‌ای	D_1	۰/۸۸	۱/۹۴
خیش گاوه‌ای	D_3	۱/۱۰	۱/۵۷
خیش دلتائی	D_5	۰/۸۰	۳/۲۵
خیش Y	D_6	۰/۷۴	۱/۹۲

خیش گاوه‌ای تیپ D_7 ازنقطه نظر نیروی کششی بهترین کارآئی را بدست می‌دهد و ازطرف سازندگان بعنوان تیپ استاندارد شناخته می‌شود. خیش تیپ D_2 بدلایل عملی حذف شده و خیش تیپ D_4 برای خاکهائی که ساختمان پایدار دارد کارآئی خوبی دارد. خیش‌های دلتائی درمقایسه با خیش‌های گاوه‌ای تیپ D_7 و D_2 کارآئی کمتری دارد، ولی خیش تیپ D_6 (به شکل Y)، در بین انواع خیش‌های آزمایش شده بهترین عملکرد را بدست داده است.

خیش Y آخرین پدیده درخیش‌های زهکشی است. این نوع خیش به ویژه درخاکهائی که ساختمان‌شکننده دارد و یا در شرایطی که لوله زهکش درعمق بیشتری نصب می‌گردد بکار برده می‌شود. (شکل ۶-۱۵)

در فرانسه بررسیهائی برای مقایسه عملکرد انواع مختلف ماشین‌های زهکشی تحت شرایط گوناگون صورت گرفته و حالت‌های زیر مورد ملاحظه قرار گرفته است.

A : زمین با شیب تند و منظم بدون سنگریزه
B : زمین با شیب تند و منظم ولی سنگریزه‌دار
C : زمین با شیب معمولی و منظم بدون سنگریزه
D : زمین با شیب منظم ولی سنگریزه دار
E : زمین با شیب نامنظم بدون سنگریزه
F : زمین با شیب نامنظم ولی سنگریزه دار

نتایج بررسیها به شرح جدول ۶-۳ بدست آمده است.

جدول ۳-۶ کارآئی ماشینهای مختلف زهکشی در شرایط گوناگون

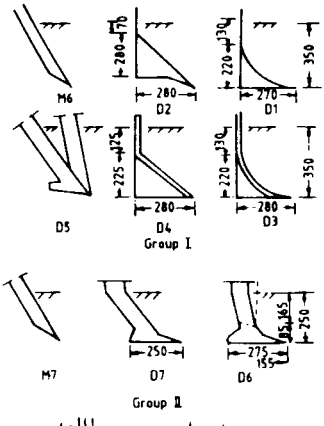
نوع ماشین زهکشی	A	B	C	D	E	F	جمع امتیاز
ترنچر	××××	××	××××	×	××××	×	۱۶
ترنچر با Clipper	××××	×××	××××	××	××××	××	۱۹
ترنچلس سبک	××××	××	××××	××	××××	××	۱۸
ترنچلس سنگین	××××	×××	××××	×××	××××	×××	۲۱
خیش باتراکتور معمولی	××××	××	×××	×	××	×	۱۳

در جدول بالا علائم طبقه بندی عملکرد ماشین‌ها به شرح زیر است:

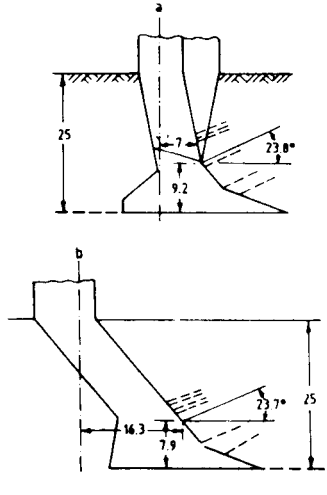
×××× = خیلی خوب ××× = خوب ×× = قابل قبول × = نامطلوب

نصب زهکش در زیر سطح آب زیرزمینی

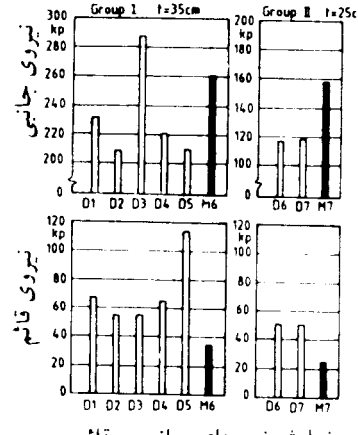
ماشین‌های جدید زهکشی (ترنچر) می‌توانند لوله‌های زهکش را در زیر سطح آب نصب کنند. ولی در این شرایط، این احتمال وجود دارد که در اثر بهم خوردن خاک اشباع



اندازه خیش‌های مورد مطالعه



محل اثر نیروها بر روی
خیش مدل D_7, D_6
(اندازه‌ها بر حسب سانتیمتر)



نمایش نیروهای جانبی و قائم
برای خیش‌های مدل D_7 ، D_1
M_7, M_6

شکل ۶-۱۵- انواع خیش‌های ماشین ترنچلس

پیرامون لوله، نفوذپذیری آن کاهش یافته و افت بار ورود جریان به لوله[1] افزایش یابد. استفاده از مصالح پوششی مناسب می‌تواند این خطر را کاهش دهد. در شرایطی که عملیات نصب در زیر تراز آب زیرزمینی انجام می‌گیرد، مصالح شن و ماسه به خاطر وزن بیشتر، بر سایر مصالح سبکتر برتری دارد. در این شرایط پوششهای مصنوعی و سنتتیک به علت سبکی، شناور باقی می‌ماند و بدین سبب در بیشتر موارد در موقعیت مناسب و مطلوب نصب نمی‌شود.

نصب زهکش در خاکهای روان (ماسهٔ ریز و سیلت) در زیر تراز آب همواره با مشکلات زیاد همراه است. استفاده از جعبهٔ محافظ[2] تا اندازهٔ زیادی سختی‌های کار را آسان می‌کند. وجود این جعبه در پشت ترنچر، ترانشه را پس از حفاری به اندازهٔ کافی باز نگه می‌دارد تا لوله و مصالح پوششی در موقعیت دلخواه نصب و مستقر شود.

مسایل فوق در مورد اجرای زهکشهای لوله‌ای جمع‌کننده، به ویژه هر جا که به ماسهٔ روان برخورد شود بیشتر خودنمایی خواهد کرد . در چنین شرایطی اغلب لازم می‌آید تا سطح آب زیرزمینی آن قدر پایین انداخته شود تا ترانشه خشک شده و خاک بتواند پایدارتر باقی بماند. برای پائین انداختن آب شیوه‌های گوناگونی بکار برده می‌شود. یکی از راهها، حفر چاهکهای کم‌عمق و متعدد در امتداد خط زهکش و تخلیهٔ آب از آنهاست. روش دیگر، پمپاژ مستقیم آب از ترانشه است. و بالاخره روش دیگری که می‌تواند در بعضی شرایط بکار برده شود، نصب یک خط لولهٔ زهکش در زیر لولهٔ جمع‌کننده است. بدین ترتیب که ابتدا در عمق پایین‌تر از محل نصب لولهٔ جمع‌کننده، یک رشته لولهٔ زهکش مشبک نصب می‌شود تا آب زیرزمینی را جمع‌آوری و به محل تخلیه هدایت نماید، و پس از پایین افتادن آب زیرزمینی ترانشهٔ اصلی حفر و لولهٔ جمع‌کننده نصب می‌گردد. در سالهای اخیر ماشین‌های ویژه‌ای ساخته شده است که می‌تواند لوله‌های زهکش را در عمق ۵ متری از سطح زمین کارگذاری نماید. بررسی برای یافتن راه‌های بهتر و ساده‌تر برای نصب لوله‌های زهکش در زیر تراز آب زیرزمینی کماکان ادامه دارد.

1- Entrance loss

2- Guard plate (Trencher box)

۶-۲-۳ اجرا و کارگذاری زهکشهای جمع‌کننده و اصلی (زهکش‌های لوله‌ای و یا روباز)

با در نظر گرفتن جنبه‌های اجرایی احداث زهکش‌های اصلی، در شرایطی که خصوصیات فیزیکی منطقه طرح (از قبیل پایداری خاک، شیب زمین، عوارض سطحی و...) مناسب بوده و مشکلات متداول دوره نگهداری (همانند علفهای آبزی، نی، رسوب‌گذاری و...) شدید و دست و پاگیر نباشد، ارزانترین شیوه برای ایجاد سیستم زهکشهای اصلی، احداث زهکشهای روباز است. این زهکشها با ماشین‌های کانال‌کنی و ترجیحاً با ماشین‌های مجهز به سیستم کنترل لیزری احداث می‌شود. یک راننده (اپراتور) مجرب نیز می‌تواند بدون تجهیزات کنترل لیزری، مقاطع و شیب کانال را به شکل مطلوب اجرا نماید.

در برخی شرایط، به دلایل متعدد فنی و اقتصادی، استفاده از لوله‌های زیرزمینی برای احداث شبکهٔ زهکشهای جمع‌کننده و یا اصلی توجیه‌پذیر بوده و توصیه می‌شود. در این موارد برای لوله‌های تا قطر حدود ۴۰۰ میلیمتر، می‌توان از لوله‌های پی وی سی (جدار صاف یا خرطومی) استفاده نمود. برای قطرهای بزرگتر، لوله‌های بتنی و یا آزبست بکار برده می‌شود.

تدارک امکانات برای تخلیهٔ زه‌آبهای زیرزمینی و مهیا نمودن زمین برای اجرای کار از اولین اقدامات ضروری برای احیاء و بهسازی اراضی است . از همین رو در برنامه ریزی برای انجام کار بدترین و سخت ترین شرایط موجود در محدوده کار نیز باید در نظر گرفته شود و پیش بینی های لازم برای اجرای کار در آن شرایط به عمل آید. در زمینهای باتلاقی و زه‌دار، اگر تخلیهٔ زه‌آب‌ها به وسیلهٔ پمپاژ از چاه و یا دیگر روشهای متداول ممکن نباشد، لاجرم باید از ماشین‌های زهکشی با ظرفیت زیاد که برای کار در این شرایط مناسب باشد استفاده نمود.

اگر احداث زهکشهای اصلی به صورت زیر زمینی مورد نظر باشد، برای صرفه جوئی در هزینه‌ها، در هر جا که امکان‌پذیر باشد آبراهه‌ها و کانالهای روباز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در هر حال مراحل مختلف کار برای احداث زهکش اصلی زیرزمینی نیز مشتمل

بر حفر ترانشه، نصب لوله، پر کردن اطراف لوله و سپس واریختن خاک به ترانشه است که هر مرحله باید بلافاصله پس از مرحلهٔ پیشین به انجام برسد. برای نصب لوله‌های سنگین (لوله‌های بتنی و آزبست)، ماشین‌های ویژهٔ کارگذاری لوله بکار برده می‌شود (شکل ۶-۱۶). در شرایطی که قطر لوله‌های زهکشی از حدود ۴۰ سانتی‌متر و عمق نصب لوله‌ها از حدود ۳/۵ متری تجاوز نکند استفاده از ترنچرهای زنجیری بزرگ قابل توصیه می‌باشد.

شکل ۶-۱۶ اجرای زهکش اصلی به صورت لوله زیرزمینی

استفاده از لوله‌های زیرزمینی برای احداث زهکش‌های جمع‌کننده به صورت فزاینده‌ای رو به افزایش است. زیرا نگهداری این سیستمها آسانتر و ارزانتر از زهکشهای روباز است و زمین را نیز اشغال نمی‌کند.

لوله‌های بتنی و یا آزبستی، تا قطر حدود ۴۰ سانتیمتر را می‌توان به وسیلهٔ کارگر نصب نمود. ترانشهٔ زهکش با ترنچر و یا دیگر ماشین‌های حفاری حفر می‌گردد. نصب لوله‌ها از پایین‌دست شروع شده و به سمت بالادست ادامه می‌یابد. سرعت نصب لوله با دست برحسب عمق نصب، شرایط خاک و قطر لوله در حدود ۱۰-۵ متر در روز به ازاء هر نفر کارگر است. ترنچرهای زنجیری در شرایط خاکهای سنگین و پایدار در هر روز حدود ۳۰۰ متر ترانشه حفر و لوله نصب می‌کند. شکل ۶-۱۷، نصب زهکش‌های جمع‌کننده را به کمک ماشین نشان می‌دهد.

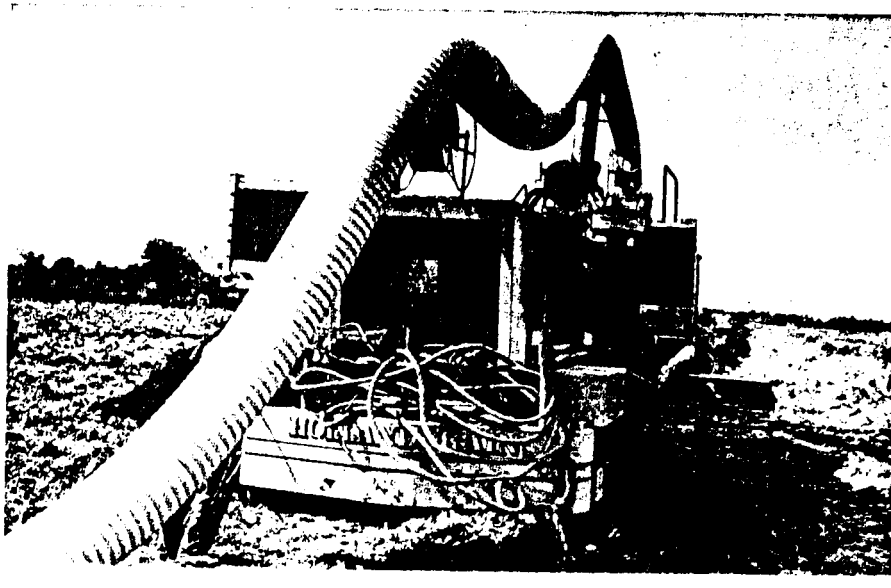
۶-۳ هدایت ماشین‌آلات و تجهیزات حفاری و نصب لولهٔ زهکش

۶-۳-۱ پیاده کردن مسیرها

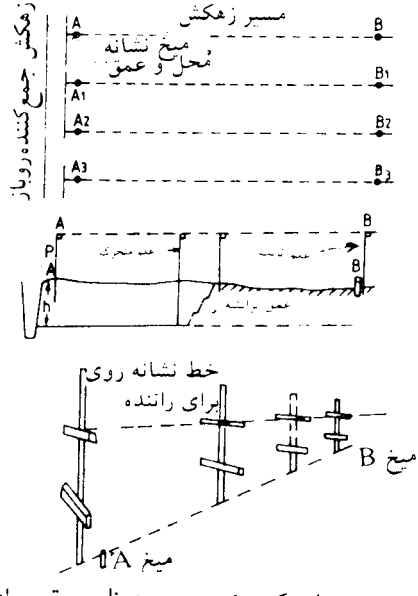
اصول روش پیاده کردن مسیر برای احداث زهکش‌های زیرزمینی در شکل ۶-۱۸ نشان داده شده است. ابتدا و انتهای هر خط زهکش با یک میخ چوبی علامت‌گذاری می‌شود.

این میخ‌ها در رقوم معینی بالاتر از کف مورد نظر برای ترانشه کار گذاشته می‌شود. بدین ترتیب که مثلاً" اگر طول زهکش ۲۰۰ متر و شیب آن ۰/۱٪ است، رقوم نوک میخ بالادست به اندازهٔ ۲۰ سانتی‌متر بالاتر از رقوم نوک میخ پایین‌دست مستقر می‌گردد. علاوه بر این در بین دو میخ ابتدایی و انتهایی شاخص‌ها یا عَلَم‌های ویژهٔ متعددی در فواصل مناسب و در رقوم‌های معین نصب می‌شود.

بر روی این عَلَم‌ها، رقوم‌ها به صورت علایم مشخصی نشان داده می‌شود که در موقع کار با ماشین، برای نشانه‌روی و تعیین عمق حفاری (و نصب لوله) مورد استفادهٔ راننده قرار می‌گیرد. این شیوهٔ کار در هر دو روش نصب ماشینی و دستی به صورت مشابهی بکار برده می‌شود.



شکل ۶-۱۷ نصب لوله زهکش جمع کننده(به قطر ۵۰ سانتیمتر) با ماشین

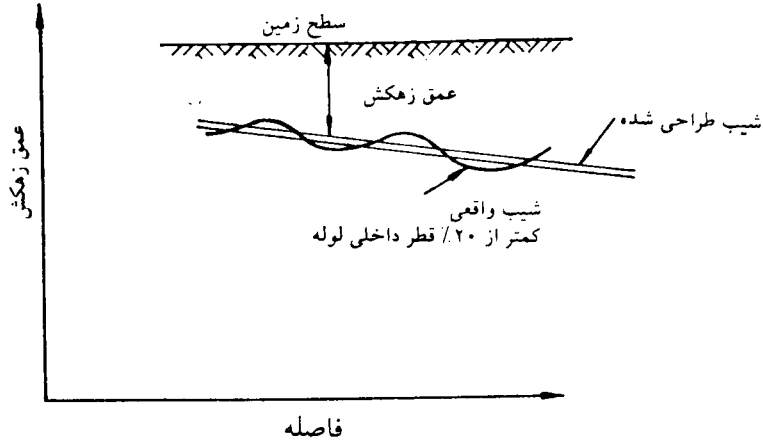


شکل ۶-۱۸ پیاده کردن مسیر و تنظیم رقومهای ارتفاعی

۶-۳-۲ کنترل عمق و شیب نصب لوله

عمق نصب و شیب لوله‌های زهکش در شرایطی که ماشین‌ها فاقد تجهیزات کنترل لیزری است به وسیلهٔ راننده تنظیم می‌شود. برای این منظور، بر روی قسمت حفاری ماشین ابزار نشانه‌روی مخصوصی کارگذاری می‌شود که به کمک آنها و با نشانه روی بر روی علایم نصب شده بر روی زمین، مسیر حفاری و عمق نصب کنترل می‌شود. در حال حاضر استفاده از لوازم کنترل لیزری به صورت روزافزونی در ماشین‌های زهکشی متداول می‌شود.

استانداردهای تدوین شده در زمینهٔ دقت نصب در کشورهای مختلف متفاوت است. ولی در عین حال این توافق عمومی وجود دارد که رقوم نصب زهکش نباید به اندازهٔ بیش از نصف قطر لوله از رقوم طراحی شده انحراف پیدا کند. حداکثر مجاز انحراف شیب نصب نیز از ۲۰٪ قطر داخلی لوله برای هر ۱۰۰ متر تجاوز نمی‌کند (شکل ۶-۱۹).



شکل ۶-۱۹ کنترل عمق و شیب نصب لوله های زهکش

هدایت ماشین‌آلات به کمک لیزر

در روش‌های جدید عملیات نصب زهکشها از تجهیزات لیزری استفاده می‌شود. در این سیستم یک مرکز فرستنده در محل مناسب در مزرعه، نور لیزر را می‌تاباند. منبع نور چرخان است و ضمن چرخش، یک صفحهٔ نوری با شیب معین به وجود می‌آورد که

سرتاسر محوطهٔ کار را پوشش می‌دهد. یک گیرنده بر روی ماشین حفاری (ترنچر یا ترنچلس) به طور پیوسته این صفحهٔ نوری را ردیابی می‌کند و در همین حال علایم لازم را به سیستم هیدرولیک ماشین (که عمق حفاری را کنترل می‌کند) گسیل می‌دارد و بدین ترتیب عمق حفاری و نصب لوله و همچنین شیب آن کنترل می‌شود. شیب صفحهٔ نوری مرجع را می‌توان با دقت ۵ میلیمتر در ۱۰۰ متر (۰/۰۰۵ درصد) تنظیم نمود. سرعت چرخش منبع نور لیزر در حدود ۵ دور در ثانیه است و بدین ترتیب در سیستم کنترل و هدایت لیزری، عمق نصب در هر ثانیه ۵ مرتبه کنترل می‌شود. سیستم هدایت لیزری شامل اجزاء زیر است :

- یک فرستندهٔ لیزری سیّار با قدرت کم که بر روی سه پایه سوار شده و نور چرخان آن صفحهٔ نوری مرجع را به وجود می‌آورد.
- یک گیرنده (ردیاب) الکترونیکی که بر روی ماشین (بر روی قسمت حفاری) نصب شده و از یکطرف بطور پیوسته، یا بصورت خودکار و یا با ارسال علایم ویژه برای اپراتور ماشین، خود را با صفحه نوری مرجع منطبق می‌سازد و از طرف دیگر با ارسال علایم‌ویژه به سیستم هیدرولیک ماشین (که عمق کار خیش و یا زنجیر حفاری را تنظیم می‌کند) عمق حفاری و نصب لوله را کنترل می‌نماید.

سیستم‌های هدایت لیزری از نظر شیوهٔ عمل سه گونه‌اند :

- سیستم‌های فرستندهٔ خطی، که یک رشته نور لیزر را فقط در امتداد حرکت و با شیب معین می‌تاباند.
- سیستم‌های فرستندهٔ قطاعی که در آن نور تابش یافته از فرستنده یک صفحهٔ نیم‌دایره با شیب معین می‌سازد.
- سیستم‌های فرستندهٔ صفحه‌ای (دایره‌ای)، که به وسیلهٔ چرخش کامل منبع نور یک صفحهٔ دایره‌ای را به وجود می‌آورد. یکی از محورهای این صفحه به موازات شیب زهکش و محور دیگر آن برحسب شرایط به صورت افقی (وقتی که هدف هدایت ماشین برای اجرای چند خط زهکش باشد) تنظیم می‌گردد.

در شرایط حاضر، استفاده از سیستم‌های فرستندهٔ صفحه‌ای برای هدایت عملیات زهکشی بیشتر متداول است. این سیستم در هر ایستگاه، صفحهٔ نوری مرجع را در وسعت

نسبتاً زیاد (حدود ۴۰ هکتار) می‌گستراند.

دستگاههای گیرندهٔ لیزری (ردیاب‌ها)، عموماً به صورت یک رشته سلولهای فتوالکتریک است که بر روی یک محور قائم نصب شده‌است. این سلولها با یک مرکز کنترل‌کنندهٔ هوشمند مرتبط است. این مرکز هوشمند برحسب علایمی که از سلولها دریافت می‌کند سیستم هیدرولیک ماشین را (که عمق حفاری را تنظیم می‌کند) طوری کنترل می‌نماید که گیرنده (که بر روی قسمت حفاری ماشین سوار شده است) به طور پیوسته در امتداد صفحهٔ نوری مرجع قرار گیرد و بدین ترتیب قسمت حفاری ماشین به طور پیوسته در امتداد شیب معین تحت کنترل خواهد بود.

بعضی گیرنده‌های جدیدتر لیزری مجهز به وسایلی است که می‌تواند بدون تغییر شیب صفحهٔ نوری مرجع، شیب حفاری را تغییر دهد. این سیستم مجهز به وسایلی است که در حالی که شیب صفحهٔ نوری تابانده شده از فرستنده بدون تغییر باقی می‌ماند، متناسب با طول مسیر طی شده از نقطهٔ آغاز عملیات، ارتفاع محور گیرنده را به آهستگی تغییر داده و به گونه‌ای مستقر می‌کند که شیب مورد نظر را به وجود آورد.

در یک نشریهٔ فرانسوی با عنوان « استفاده از لیزر چرخان برای پروژه‌های زهکشی، *CNFPED, 1980* » نحوهٔ بکارگیری این سیستم به خوبی تشریح شده است. خلاصه‌ای از این نشریه در پیوست ۴ این کتاب تدوین و ارائه شده است.

در ارزیابی یک سیستم کنترل و هدایت خودکار، پنج نکتهٔ اساسی زیر مورد توجه قرار می‌گیرد :

- دقت فرستندهٔ لیزری
- دقت گیرنده
- ضرورت انجام آزمایش سیستم لیزر سوار شده بر ماشین (آزمایش عملکرد مجموعهٔ ماشین و دستگاه لیزر)
- دقت و کارآئی سیستم لیزر برای استقرار دستگاههای حفاری در موقعیت مورد نظر
- سهولت کار با دستگاه

نحوهٔ ارتباط سیستم‌های الکترونیک دستگاه لیزر با سیستم هیدرولیک ماشین حفاری نیز از نکات قابل ملاحظه است و می‌تواند تا حدود زیادی مسایل موجود در بکارگیری این

مجموعه را کاهش دهد.

۶-۳-۳ بررسی لوله‌های نصب شده

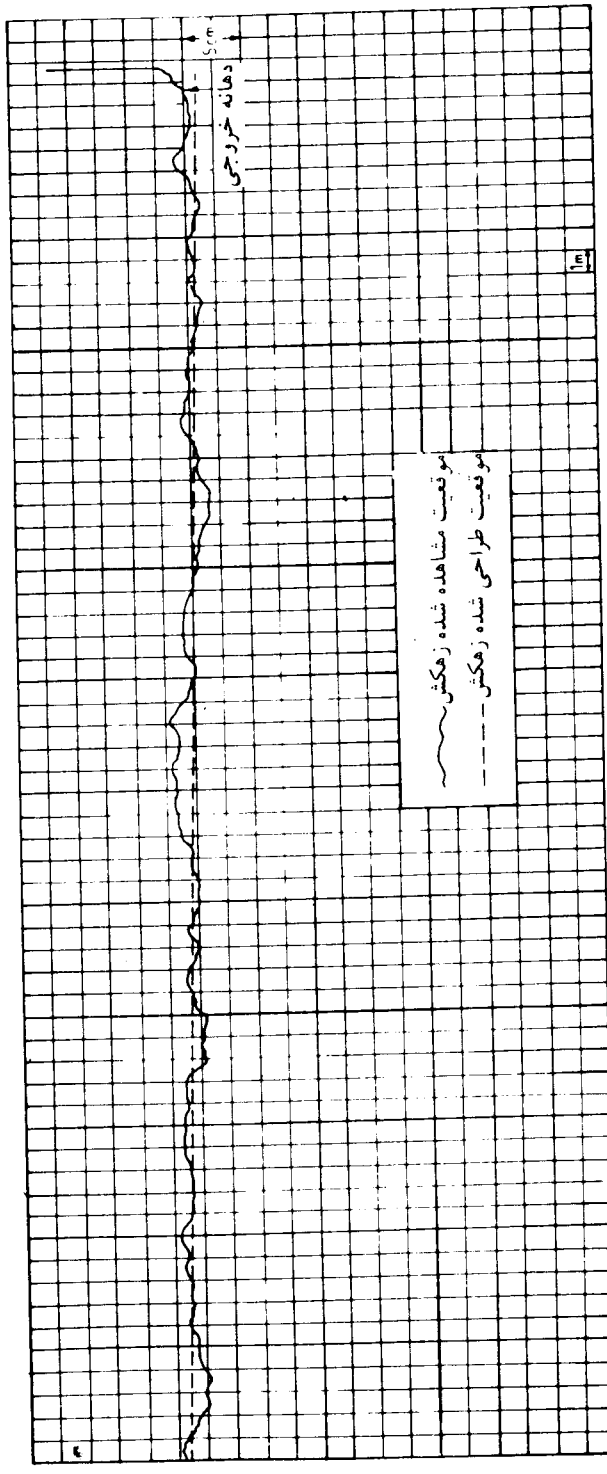
استفاده از ماشینهای زهکشی (اعم از ترنچر و یا ترنچلس) ایجاب می‌کند که شیب نصب لوله‌های زهکشی برای در حدود ۵ درصد از طول لوله‌های نصب شده بازرسی گردد. روشهای زیر می‌تواند برای این منظور بکار برده شود:

- بازگشایی بخشهایی از ترانشه و بازرسی عمق و شیب کارگذاری لوله با استفاده از دوربین نقشه‌برداری
- ردیابی لوله (بدون بازگشایی ترانشه) در فواصل مناسب به روشهایی از قبیل میل‌زنی و سپس بازرسی شیب و عمق نصب لوله با کمک دوربین نقشه‌برداری
- شیوهٔ کالینز و شافر [1]

استفاده از دو روش اول دارای اشکالات اساسی است زیرا به طور کلی بازگشایی ترانشه می‌تواند به لوله‌های نصب شده صدمه وارد کند و ردیابی لوله به وسیله میل زنی و بازرسی شیب عمومی نصب نیز ضمن اینکه خودبه‌خود کار ساده‌ای نیست نمی‌تواند انحرافات احتمالی موجود بین دو نقطهٔ مورد بازرسی را مشخص نماید.

کالینز و شافر (۱۹۸۸) روش جدیدی را ابداع نمودند که اساس آن بر مبنای ترازهای آبی قدیمی استوار است. یک سر لوله‌ی تراز به منبع آب که سطح تراز مبنا را مشخص می‌کند متصل است و در انتهای دیگر لوله یک کلاهک اندازه‌گیری (گیرندهٔ الکترونیک) نصب شده که در داخل لولهٔ زهکش به جلو لغزانده می‌شود. برحسب تغییر موقعیت کلاهک، اختلاف فشاری بین کلاهک و منبع به وجود می‌آید که این اختلاف فشار به علایم الکترونیکی تبدیل و سپس به صورت شمارشی و یا نموداری نمایش داده می‌شود. در شکل ۶-۲۰ نمونه‌ای از نتایج حاصل از بازرسی یک خط زهکش نشان داده شده است. در این مورد، شیب طراحی شده ۰/۰۴ درصد بوده است.

1- Collins and Schaffer



شکل ۶-۲۰ نتایج مشاهدات و اندازه‌گیری با دستگاه کالیبر و شافر

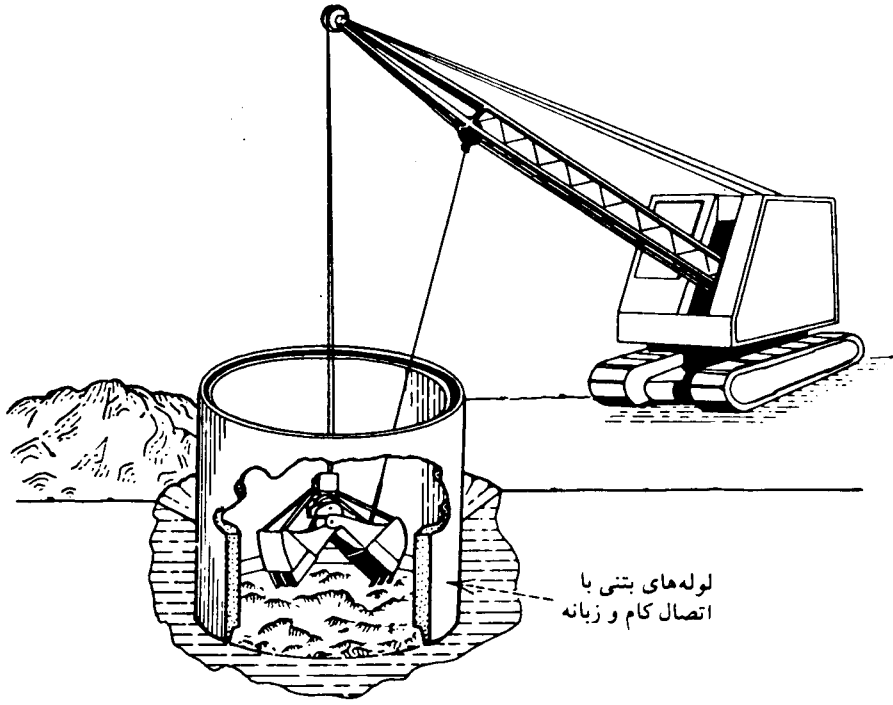
۶-۴ احداث سازه‌ها

احداث تأسیسات مورد نیاز برای نگهداری و همچنین اتصالات بین لوله‌های زهکش‌های مزرعه و زهکش‌های جمع‌کننده معمولاً" به صورت دستی انجام می‌گیرد. در بیشتر موارد گودبرداری برای اجرای عملیات ساختمانی به وسیلهٔ بیل مکانیکی صورت می‌پذیرد. در شرایطی که گود حفاری شده به آب زیرزمینی برخورد کند ممکن است برای تخلیهٔ آب به موتور پمپ نیز احتیاج باشد. در هر صورت اتصال خطوط زهکشی به یکدیگر حتماً" باید به صورت اساسی و قابل اطمینان انجام پذیرد تا در عملکرد و نگهداری سیستم زهکشی در آینده اختلال به وجود نیاید.

اگر تأسیسات نگهداری و یامحل اتصال لوله‌های زهکش به صورت مدفون (زیرزمینی) احداث می شود، لازم است ضمن واریختن خاک به گود سازه، یک علامت برای ردیابی در محل سازه قرار داده شود تا در موقع ضروری بتوان محل سازه را به سادگی پیدا کرد. احداث آدم روهای[1] زیر زمینی (مدفون) برای بازرسی خطوط زهکشی نیز در اصل با همین تمهید ات صورت می‌گیرد.

برای احداث حوضچهٔ پمپاژ در محل اتصال زهکش‌های جمع‌کننده و تخلیه‌کنندهٔ اصلی می‌توان پس از گودبرداری، عملیات ساختمانی را به صورت درجا انجام داد. روش دیگر این است که حوضچه را به صورت قطعات پیش‌ساخته آماده نمود و در محل نصب قرار داد و سپس از درونِ آن اقدام به خاکبرداری و گودبرداری نمود تا به عمق مورد نظر برسد (شکل ۶-۲۱). در این صورت لازم است پس از استقرار قطعات بتنی در موقعیت مورد نظر، کف سازه را با مصالح مناسب (شن و ماسه، مخلوط، بتن) طوری حفاظت نمود که حتی‌الامکان از نشست‌های بعدی جلوگیری شود.

1- *Man - hole*



شکل ۶ - ۲۱ شیوه حفر چاهک پمپاژ زهکشی همزمان با نصب لوله جدار بتنی

منابع مورد استفاده :

Busser J.W. and J Scholten, 1978;
Drainage maintenance in the Netherlands;
Proc. Intern. Drainage Workshop, ILRI Publication 25;
Wageningen, The Netherlands.

Centre de formation du drainage (Drainage training center), 1980;
Use of rotating laser in drainage (French);
France.

Collins, H.J., 1988;
Requirements on effective drainage systems;
International Commission on Irrigation and Drainage;
15th European regional conference on agriculltural water management
Horizon 2000;
Proceedings, Volume 3;
Dubrovnik, Yugoslavia.

Demian, T.F.,1974;
Study on simple drainage tools, especially for trenchless machines (German);
Fedral Rep. of Germany.

Egglsmann, R., 1981;
Surface drainage Instructions (German);
Fedral Rep. od Germany.

Grass, L.B., A.J. Mackenzie and L.S. Willardson, 1975;
Inspecting and cleaning subsurface drain systems;
Washington D.C., USA.

International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1974;
Drainage Principles and Applications;
Wageningen; The Netherlands

Karge, H. and H.J. Collins, 1984;
Experience with trenchless pipe drains seen in the view of appliers (German);
Fedral Republic of Germany.

Ollier, Ch. and M. Poiree, 1981;
Agricultural drainage(French);
France.

Merlin, S. and J.J. Herve, 1978;
Economy of drainage projects (French);
Tenth Congress on Irrigation and Drainage, Athens;
Question 34.2;
International Commission on Irrigation and Drainage;
New Delhi, India.

Syndicate National des Enterprises de Drainage (SNED),1979-1983;
Technical Specifications for drainage work No. 100-01,-02,-04,-05, 010-01(French);
France.

Fachnormenausschuss Wasserwesen(FNW) im Deutschen Normenausschuss, 1973, Din 1185, Part 1,2,3,4,5;
Control of subsurface water management by draining with pipe, open ditch drainage and amelioration of the subsoil (German);
Fedral Rep. of Germany.

International Commission on Irrigation and Drainage;
Tenth Congress on Irrigation and Drainage, Athens, 1978;
Question 34, Latest subsurface draiange techinques and drainage construction methods;
New Delhi, India.

Kuntze, H.;
Disposals in drain pipes (Germany);
Grune Reihe des KWK, Heft 32;
Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin;
Fedral Republic of Germany.

Ministere de l'Agriculture et du Development Rural;
Techincal specification for supply and installation of field and collector drains and auxillary structures,(French);
France.

Minstere de l'Agriculture de Belgique, 1978;
DRBF No. 34.7
Technical specification for agricultural drainage work (French);
Belgium.

Ministere de l'Agriculture ,1978;
Agdex 555;
Subsoil drainage;
Quebec, Canada.

Netherlands Normalisatie Institute, 1976;
KOMO Norm;
Corrugated unplasticized PVC pipes for subsoil drainage (Dutch);
The Hague, The Netherlands.

Summers, J.B., 1975;
Agricultural return flow management in a large irrigated area;
American Society of Agricultural Engineers;
USA.

Winger, R.J. 1978;
Construction and maintenance techniques for subsurface pipe drainage systems in irrigated lands;
Proc. Inten. Drainage Workshop, ILRI pub.25;
Wageningen, The Netherlands.

Westland G.F., 1985;
Subsurface drainage Construction Equipment;
German Program for International Seminars;
Seminar "Drainage";
Lisbon, Portugal.

فصل هفتم

مدیریت اجرا و نگهداری سیستم زهکشی

یک سیستم زهکشی که خوب اجرا نشده باشد، هرچند طراحی آن بی نقص باشد، نمی‌تواند به شکل دلخواه عمل نماید. بهمین ترتیب پس از اینکه سیستم زهکشی زیرزمینی کارگذاری گردید، یک سازمان مؤثر و کارا برای پیگیری و نظارت بر چگونگی عملکرد سیستم و همچنین نگهداری آن مورد احتیاج خواهد بود. برنامه‌ریزی و سازماندهی برای احداث سیستم‌های زهکشی زیرزمینی و همچنین نگهداری آن در دوره بهره‌برداری به طور خلاصه در این فصل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

۷-۱ برنامه‌ریزی و سازماندهی تشکیلات برای اجرا و نظارت

زمان احداث

زهکش‌های زیرزمینی ترجیحاً باید در فصول خشک احداث شود تا زمین تحمّل لازم برای عبور ماشین‌آلات سنگین را داشته باشد. توصیه می‌شود در زمانی که زمین مرطوب است عملیات اجرایی متوقف شود. اثرات تراکم خاک ناشی از عبور ماشین‌آلات سنگین در اراضی مرطوب را نباید دست‌کم گرفت. ماشین‌های چرخ لاستیکی بیشترین آسیب‌ها را به خاک و زمین وارد می‌آورد. استفاده از ماشین‌های چرخ زنجیری موجب کاهش فشار وارد بر خاک ($0.2 - 0.3\ kg/cm^2$) و پخش یکنواخت‌تر آن می‌شود.

در برنامه‌ریزی پروژه‌های زهکشی زیرزمینی، پاره‌ای عوامل باید مورد توجه قرار گیرد که بشرح زیر به آنها اشاره می‌گردد :

- مساحت زمینهایی که به زهکشی نیاز دارد
- منشاء تغذیه آب زیرزمینی و وسعت منطقه‌ای که در زه‌دار شدن زمینها اثر می‌گذارد

- روش‌های زهکشی و تخلیهٔ آبهای زیرزمینی
- تشکیلات برای مدیریت و بهره‌برداری از تأسیسات
- تجزیه و تحلیل مالی
- تجزیه وتحلیل اقتصادی
- منابع مالی برای اجرای پروژه

اجرای مناسب کار نیازمند تدارک انواع ماشین‌آلات مورد نیاز و بهره‌گیری مؤثر از نیروهای کار و ماشین‌آلات می‌باشد. باید تلاش شود تا با استفاده از کمترین نیروی کار و با حداقل هزینه، وسایل و تجهیزات و مصالح به اهداف مورد نظر دست یافت. در بکارگیری هریک از عوامل فوق باید جنبه‌های اقتصادی، کارآیی و بهره‌وری مورد توجه قرار گیرد و بر همین اساس نیز باید نسبت به انتخاب شیوهٔ انجام کار، سازماندهی تشکیلات مورد نیاز و استانداردهای مورد استفاده تصمیم‌گیری نمود.

در برنامه‌ریزی برای انجام کار، باید پیشاپیش از مراحل مختلف انجام و عوامل مؤثر در روند پیشرفت کار شناخت کافی وجود داشته و سیاستهای اجرایی و استانداردهای موردنظر تدوین شده باشد. بطور نمونه، برخی از اطلاعات پایه مورد نیاز و کارهایی که تدوین‌کننده برنامه باید نسبت به ماهیت و چگونگی انجام آنها شناخت کافی داشته باشد بقرار زیر می‌باشد:

مراحل اجرای کار: مراحل مختلف عملیات در کارگذاری لوله های زهکشی بشرح زیر است :

- ریسه کردن لوله‌های زهکش
- بارگیری لوله‌های زهکش به ماشین
- فرو بردن تجهیزات حفاری در زمین
- کارگذاری لوله‌های خروجی زهکشها
- نصب لوله‌های زهکشی :
  - راندن ماشین زهکشی
  - بارگذاریهای مجدد لوله در ماشین
  - جابجایی عَلَم‌های نشانه‌روی

- کنترل عمق نصب لوله‌ها
- بیرون کشیدن تجهیزات حفاری ماشین از زمین
- جابجایی ماشین و استقرار مجدد در خط بعدی

مراحل نصب لوله‌های زهکشی در Ijsselmeer polder هلند در پیوست شمارهٔ ۵ شرح داده شده و در پیوست شمارهٔ ۶ نیز مثالی از مراحل انجام یک پروژه زهکشی در فرانسه آورده شده است. مورد اول مربوط به زهکش جمع‌کنندهٔ روباز و مثال دوم در مورد زهکش جمع‌کنندهٔ لوله‌ای می‌باشد.

رواداریها: تغییرات قابل قبول در کیفیت مصالح و یا کارگذاری زهکشها، بطور مثال تغییرات مجاز در ضخامت پوشش پیرامون لوله و یا تغییرات قابل قبول در عمق و یا شیب کارگذاری لوله‌های زهکشی

بهره‌وری نیروهای کار: وفق دادن نیروهای کار ماشینی و کارگری و شرایط کار آنها

معیارهای بازدهی کار: مقدار تولید و یا کار انجام شده در یک زمان معین و یا زمان موردنیاز(ساعت، دقیقه، ثانیه) برای انجام یک کار معین

برای به دست آوردن تصویری روشن‌تر از فاکتورهای مختلف و ارتباط آنها با فعالیت‌های اجرایی و تشکیلاتی برای انجام یک کار معین، ۵ عامل مهم زیر مورد بحث قرار می گیرد:

- شرایط و ضرورتهای کار
- عوامل مؤثر بر زمان انجام کار
- دوره‌های زمانی که می‌توان کارهای اجرایی را انجام داد
- فرصت‌های زمانی برای انجام کار در فصول کاری و در فصول غیرکاری
- برنامهٔ زمان‌بندی روزانه

شرایط و ضرورتهای کار: اولین گام در تدوین برنامه، شناخت ابعاد و اندازه‌های کار است. پارامترهای زیر باید بطور کامل مشخص باشد:

- مساحت‌ها؛

- طول‌ها؛
- وزن‌ها؛
- حجم‌ها و غیره

همچنین شرایطی که کارها تحت آن شرایط انجام می‌شود نیز باید به طور روشن شناخته شده باشد. بطور مثال پارامترهای زیر باید تعریف شده باشد:

- ابعاد مزرعه ؛
- نوع زهکش‌های زیرزمینی، یا روباز، یا کانالهای آبیاری ؛
- پوشش گیاهی و شرایط سطحی زمین

علاوه بر اینها لازمست انواع وسایل و ماشین‌آلات موجود برای اجرای کار نیز معین شود.

عوامل مؤثر بر زمان انجام کار: بطور معمول همه ساعات شبانه‌روز، ساعات کار نیست. علاوه بر این حتی در ساعات کار نیز ممکن است حوادثی اتفاق افتد که باعث توقف و یا تأخیر در اجرای کار شود.

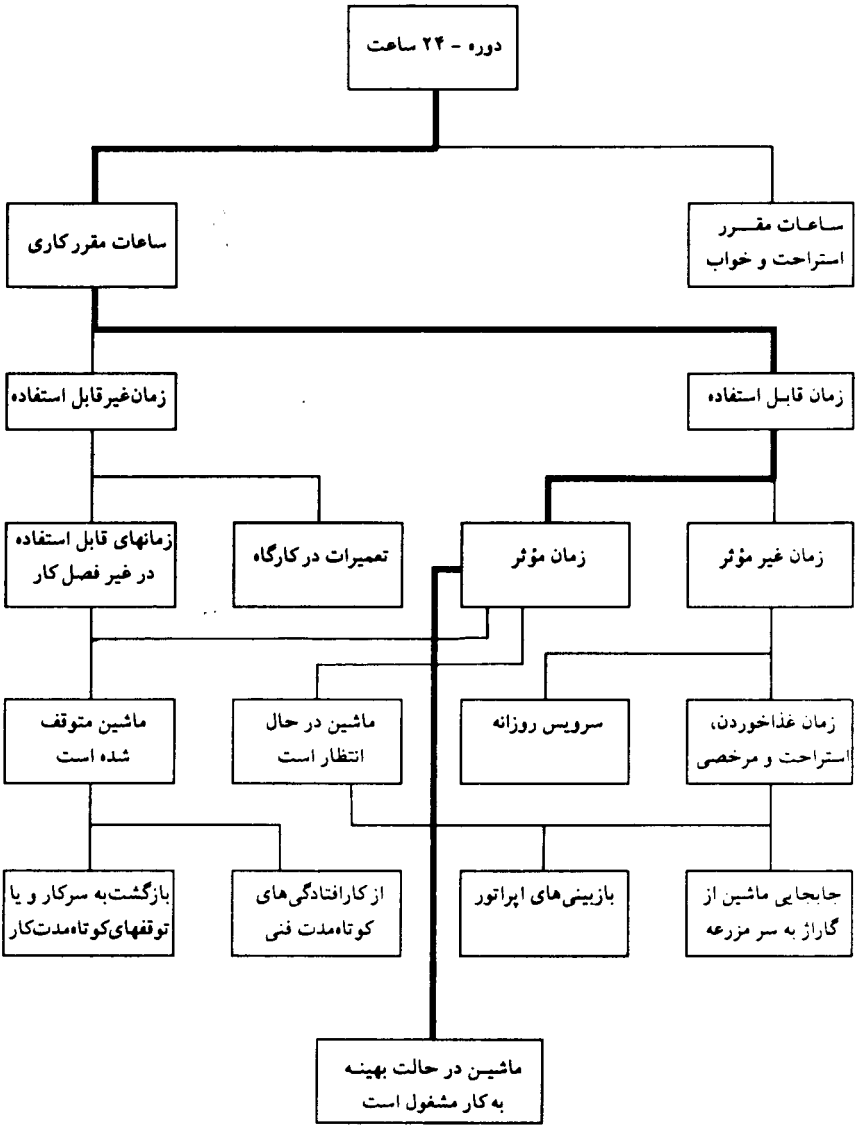
یک ماشین فقط در زمانی که کار مؤثر انجام می‌دهد تولید و بازدهی دارد. بقیهٔ ساعات روز برای آن ماشین ساعات غیرمؤثر می‌باشد. اگر بتوان ساعات غیرمؤثر را به ساعات مؤثر و فعال تبدیل نمود می‌توان بازدهی عملیات را افزایش داد.

دورهٔ زمانی که در آن امکان انجام کار وجود دارد : برای حصول بازدهی مطلوب، لازمست دوره‌های زمانی‌ای که در آن امکان انجام کار وجود دارد (فصول کاری) به دقت شناسایی شده و کلیهٔ امکانات مورد توجه قرار گیرد.

ساعات کار در فصول کاری و فصول غیرکاری : یکی از رخدادهای مؤثر بر روی دوره‌های کاری، وضعیت هوا است. بارندگی و اثرات ناشی از آن مانند مرطوب‌شدن خاک ممکن است مانع اجرای کار گردد. از این نقطه نظر لازمست اطلاعات کافی در زمینهٔ ساعات کار در فصول کاری و غیرکاری جمع‌آوری گردد.

برنامهٔ کار روزانه: برای اینکه کارهای زهکشی در یک دورهٔ زمانی معین به انجام برسد، لازمست برنامهٔ زمان‌بندی دقیقی برای انجام آن کار تنظیم شود. این بدان معنی است

یک دورهٔ زمانی ۲۴ ساعته به شکل زیر قابل تقسیم است :



شکل ۷-۱ ارتباط عوامل مؤثر در زمان کار

که‌زمانهای لازم برای رخدادهایی که بطور معمول در حین انجام کار پیش می‌آید (شکل ۷-۱) نیز مشخص گردد تا بتوان برنامه‌ریزی‌ها و سازمان‌دهی‌های لازم را به منظور بهره‌گیری بهتر از ماشین‌آلات و نیروی کار به عمل آورد.

برای آماده‌سازی و اجرای یک پروژهٔ زهکشی می‌توان از روش برنامه‌ریزی شبکه‌ای[1] استفاده کرد. اصول اساسی کار در این روش به قرار زیر است :

- تفکیک فعالیت‌های مختلف در کل پروژه ؛
- مشخص کردن ارتباط زیرفعالیت‌ها به صورت یک شبکه (پیوست شمارهٔ ۷) ؛
- پی‌گیری و بررسی کلیهٔ زیرفعالیت‌هایی که بحرانی بوده و برای پیشرفت کار محدودیت ایجاد می‌کنند.

هدف از این بررسی‌ها و برنامه‌ریزی‌ها شناخت فعالیت‌ها و ارتباط‌های موجود بین آنها است. در واقع برای ایجاد شبکهٔ ارتباط‌ها باید مشخص نمود که :

- قبل از انجام یک فعالیت معین چه باید کرد ؛
- بعد از انجام یک فعالیت مشخص چه باید کرد ؛
- همزمان با انجام یک فعالیت مشخص چه کار دیگری را می‌توان، یا باید، انجام داد.

شبکهٔ ارائه شده در پیوست شمارهٔ ۷ مجموعه فعالیت‌هایی را نشان می‌دهد که برای احداث زهکش زیرزمینی در یک قطعه زمین باید انجام گیرد. چگونگی ارتباط بین این فعالیت‌ها نیز در همین شبکه مشخص شده است.

زمان مورد نیاز برای اینکه کارگر و یا ماشین بتواند کار معینی را انجام دهد باید بررسی و تعیین شود. براساس نتایج به دست آمده از این بررسیها می‌توان کار قابل اجرا در واحد زمان یا زمان لازم برای انجام کار را محاسبه نمود. از همین طریق می‌توان بازدهی کار ماشین‌آلات و یا نیروی کارگر را نیز تعیین کرد. زمانهای اندازه‌گیری شده تا حدود زیادی تحت تأثیر رخدادهایی است که کم و بیش متغیر بوده و بیشتر آنها غیرقابل پیش‌بینی است. بنابراین در این نوع بررسیها لازمست کلیهٔ رخدادها به تفصیل تشریح گردد و سپس مورد ارزیابی و تصمیم‌گیری قرار گیرد. نتایج بررسی پارامترهای زمانی می‌تواند در موارد زیر به کار گرفته شود :

- مقایسهٔ روش‌های مختلف انجام کار (انتخاب وسایل و ماشین آلات)

1- Network Planning

- ارزیابی راندمان و بازدهی کار
- برنامه‌ریزی
- ارتباط کارهای مختلف با یکدیگر (پیوستگی کارها)
- محاسبات
- بودجه
- غیره

نمونه‌ای از فرمهایی که می‌تواند برای اندازه گیری زمان و رکوردگیری انجام عملیات کارگذاری لوله‌های زهکشی بکار برده شود، به شرح زیر مورد بحث قرار می‌گیرد.

برگه‌های اندازه‌گیری :تمام فعالیت‌های مرتبط با کار و زمان‌های انجام هریک از آنها در جدولی مطابق شکل ۷-۲ ثبت می‌شود.

برگه‌های محاسبه :ارقام هر ستون از برگه‌های اندازه‌گیری در یک جدول مطابق شکل (۷-۳- الف) جمع‌بندی می‌گردد و سپس با استفاده از این جدول، فعالیت‌های مختلف و زمانهای مربوط به هریک از آنها در جدولی دیگر (شکل ۷-۳- ب) آورده شده و زمان متوسط محاسبه می‌گردد. همزمان با آن، اطلاعات مرتبط با ماشین‌آلات و وسایل مورد نیاز نیز در جدولی مطابق شکل ۷-۳- پ تنظیم می‌شود.

برگ تجزیه و تحلیل : در این برگ (شکل ۷-۴)، فعالیت‌ها و رخدادهای حین کار و زمانهای متوسط مربوط به هر یک از آنها به گونه‌ای منظم می‌شود که بتوان روابط بین آنها را مورد بررسی قرار داد. کلیهٔ اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری زمان انجام هریک از فعالیت‌ها در برگ جداگانه (شکل ۷-۵) ثبت می‌گردد. زمان‌های متوسط انجام هر فعالیت، زمان اجرا نامیده می‌شود و بر اساس آنها می‌توان زمان انجام مجموعهٔ یک کار را محاسبه نمود. به طور مثال نحوهٔ تقسیم و تجزیهٔ زمان در یک روز کاری ۹ ساعته (۵۴۰ دقیقه) برای انجام عملیات زهکشی در شکل ۷-۶ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که زمان کار مؤثر ۳۰۸ دقیقه یا ۵۷٪ زمان کل می‌باشد. در شکل ۷-۷ چگونگی تفکیک این زمان به اجزاء مختلف فعالیت‌ها نشان داده شده است. بطوریکه ملاحظه می‌شود از ۳۰۸ دقیقه زمان کار مؤثر فوق‌الذکر تنها ۱۵۵ دقیقه صرف عملیات نصب لوله‌های زهکشی شده است.

در ابتدای کار برای برنامه‌ریزی می‌توان از معیارهای موجود و میانگین زمانهای انجام کارها و بازدهی ماشین‌آلات استفاده کرد ولی لازم است در طول کار با اطلاعات حاصل از بررسیهاو اندازه گیریهای مستقیم در آنها تجدید نظر نمود (شکل ۷-۸).

برگ اندازه‌گیری زمان عملیات

شکل شماره ۷-۲ واحد زمان : صدم دقیقه

کارگذاری لوله‌های زهکشی										
عملیات	زمان کل	کارگذاری لوله	پایین بردن تیغه	بالا کشیدن تیغه	برگشت به سرخط	بارگذاری لوله	اتصال لوله‌ها	سرخط‌گیری	بارکردن کلاف	تدارک لوازم	جابجایی علمهای نشانه روی
پایین بردن تیغه یا زنجیر حفاری	۴۲		۴۲								
کارگذاری لولهٔ خط ۱	۳۲	۳۲									
بارگذاری و اتصال لولهٔ زهکش به لولهٔ خروجی	۱۱۹					۱۱۹					
ادامهٔ کارگذاری لوله‌ها	۶۷۷	۶۷۷									
اتصال لولهٔ ۸۰ میلیمتری به ۶۰ میلیمتری	۱۰						۱۰				
ادامهٔ کارگذاری لوله‌ها	۴۰۲	۴۰۲									
بالا بردن تیغه یا زنجیر حفاری	۲۰			۲۰							
برگشت به سرخط	۳۷۳				۳۷۳						
سوختگیری مجدد	۵۷۹							۵۷۹			
ادامهٔ برگشت به سرخط ۲	۷۱				۷۱						
پایین بردن تیغه یا زنجیر حفاری	۳۰		۳۰								
کارگذاری لوله خط ۲	۵۳	۵۳									
بارگذاری و اتصال لولهٔ زهکش به لولهٔ خروجی	۹۷					۹۷					
ادامهٔ کارگذاری لوله‌ها	۶۴۳	۶۴۳									
اتصال لوله‌های ۸۰ میلیمتری به ۶۰ میلیمتری	۳۶						۳۶				
ادامهٔ کارگذاری لوله‌ها	۱۲۸	۱۲۸									
بارکردن کلافهای لوله	۳۰								۳۰		
ادامهٔ کارگذاری لوله	۳۰۰	۳۰۰									
بالا بردن تیغه یا زنجیر حفاری	۱۳			۱۳							
برگشت به سرخط	۲۷۴				۲۷۴						
تدارک لوازم	۳۱									۳۱	
ادامهٔ برگشت به سرخط	۱۶۵				۱۶۵						
پایین بردن تیغه یا زنجیر حفاری	۳۵		۳۵								
کارگذاری لوله خط ۳	۲۸	۲۸									
بارگذاری لوله	۶۰					۶۰					
ادامهٔ کارگذاری لوله‌ها	۲۲	۲۲									
اتصال لولهٔ زهکش به لولهٔ خروجی	۱۸۳					۱۸۳					
ادامهٔ کارگذاری لوله‌ها	۶۱۷	۶۱۷									
اتصال لوله‌های ۸۰ میلیمتری به ۶۰ میلیمتری	۳۷۰						۳۷۰				
جابجایی علم‌های نشانه‌روی	۱۲										۱۲
ادامهٔ کارگذاری لوله‌ها	۶۱	۶۱									
بالا بردن تیغهٔ حفاری	۱۷			۱۷							
برگشت به سرخط	۳۸۸				۳۸۸						
جمع	۵۹۱۸	۲۹۶۳	۱۰۷	۵۰	۱۲۷۱	۴۵۹	۴۱۶	۵۷۹	۳۰	۳۱	۱۲
تعداد عملیات		۳	۳	۳	۳	۳	۳	۱	۱	۱	۱

شماره برگ							
زمان عملیات							
۱	۵۹۱۸						
۲	۱۱۴۱۰						
جمع	۱۷۳۲۸						
تعداد عملیات							
۱							
۲							
جمع							
بارگذاری لوله	۲۹۶۳	۴۳۲۴	۷۲۸۷	۳	۳	۷	
پایین بردن تیغهٔ حفاری	۱۰۷	۱۵۴	۲۶۱	۳	۳	۷	
بالا بردن تیغهٔ حفاری	۵۰	۶۹	۱۱۹	۳	۳	۷	
بارگیری به سرعت	۱۲۷۱	۱۵۹۸	۲۸۶۹	۳	۳	۷	
بارگذاری و انتقال لوله زهکش به لولهٔ حفر شده	۴۵۹	۵۷۵	۱۰۳۴	۳	۳	۷	
انتقال لوله‌های ۷۰ به ۹۰ میلیمتری	۳۱۶	۱۸	۳۳۴	۳	۱	۴	
بازکردن تیغ کفشهای لوله	۳۰	۳۵	۶۵	۱	۱	۲	
تعاری لوازم	۳۱	-	۳۱	۱	۱	۱	
جابجایی عاملهای نشانه روی	۱۲	-	۱۲	۱	۱	۱	
کارهای شخصی	-	۸۵۰	۸۵۰	۱	۱	۱	
جابجایی دستگاه لیزر	-	۱۱۵۵	۱۱۵۵	۱	۱	۱	
استراحت	-	۲۶۳۲	۲۶۳۲	۱	۱	۱	
سرخدمتی	۵۷۹	-	۵۷۹	۱	۱	۱	

شکل ۷-۳-الف برگ محاسبهٔ زمان اجرای عملیات

نوع فعالیت : کارگذاری لوله	بخش : اصلاح اراضی	مشاهدات شمارهٔ : ۱۸ - ۸۸ شمارهٔ برگ : ۱ و ۲
نوع ماشین : ماشین زهکشی تیپ D_{20}	زمان از : تا :	بررسی‌کننده : ..... تاریخ : .....

شرح	زمان صدم دقیقه	فراوانی	میانگین	مقدار کار متر	زمان برای هر ۱۰۰ متر	متر در هر ساعت
۱ - ماشین درسرعت‌مطلوب‌درحال‌کاراست						
کارگذاری لوله‌ها	۷۲۸۷	۷	۱۰۴۱	۱۴۷۰	۴۹۶	۱۲۱۰
۲ - ماشین بصورت درجا در حال کار است						
پائین‌بردن تیغه حفاری	۲۶۱	۷	۳۷			
بالابردن تیغه حفاری	۱۱۹	۷	۱۶			
برگشت به سرخط	۲۸۶۹	۷	۴۱۱			
بارگذاری و اتصال به لوله خارجی	۱۰۳۴	۷	۱۴۹			
اتصال لوله‌های ۸۰ میلیمتر به ۶۰ میلیمتر	۴۳۴	۴	۱۰۹			
بازکردن کلافهای لوله	۶۵	۲	۳۲			
تدارک لوازم	۳۱	۱	۳۱			
جابجایی علمهای نشانه روی	۱۲	۱	۳۱			
کارهای شخصی	۸۵۰	۱	۸۵۰			
جابجایی لیزر	۱۱۵۵		۱۱۵۵*			
زیر جمع ۲	۶۸۳۰					
جمع ۲ + ۱	۱۴۱۱۷					
۳- ماشین در حال انتظار است						
- استراحت بعد از نهار روزانه	۲۶۳۲	۱	۲۶۳۲			
جمع ۳ + ۲ + ۱	۱۶۷۳۹					
۴- زمان غیرمؤثر						
سوختگیری	۵۷۹					
جمع کل	۱۷۳۲۸					

*این جابجایی برای حدود ۴۰خط زهکش است بنابراین جابجایی دستگاه لیزر بازاء هر خط زهکش حدود ۰/۲۹ دقیقه زمان می‌گیرد.

شکل شماره ۷-۳- ب برگ تجزیه و تحلیل زمانهای اندازه‌گیری شده

شرح جزئیات

ماشین : درین تای، ماشین زهکشی تیپ D_{20} ، K_{20} ۱۶۰ ، ترنچر زنجیری

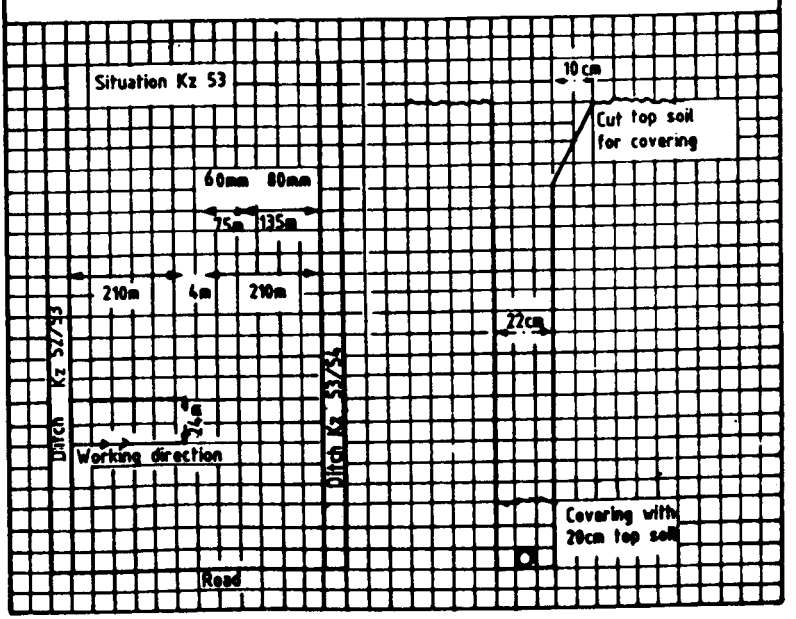
موضوع و شرایط کار : قطعهٔ $Kz\ 53$ به ابعاد ۴۲۴ × ۱۲۰۰ متر ، زمین خشک ، خاک رس ترک‌خورد، شکافدار پوشیده از علف ، زهکش جمع‌کنندهٔ روباز، فواصل زهکش ها ۲۴ متر ، عمق زهکش ۱/۳۰ سانتی‌متر

آب و هوا : نیمه‌ابری ، باد ضعیف شرقی، دمای هوا ۲۰ درجه سانتیگراد

فعالیت : کارگذاری لوله‌های زهکشی از نوع پلاستیکی خرطومی از هر دو طرف قطعه به فاصلهٔ ۲۴ متر ، زهکش‌های جمع‌کننده به صورت روباز در دو طرف قطعه ، هر خط زهکش متشکل از دو قطعهٔ ۲۱۰ متری که هر قطعه به یک زهکش جمع‌کننده تخلیه می‌شود ، هر قطعه نیز خود شامل ۱۳۵ متر لوله به قطر ۸۰ میلیمتر و ۷۵ متر با قطر ۶۰ میلیمتر، لوله‌های پلاستیکی در ابتدای هر خط ریسه شده است. (به شکل ۷-۳- پ توجه شود).

شیب خطوط زهکش زیرزمینی ۴ سانتی‌متر در ۱۰۰ متر ، کل شیب ۸/۴ سانتیمتر در ۲۱۰ متر طول، عمق زهکش در ۲۰ متری جمع‌کنندهٔ ۱/۳۸ و در انتهای بالادست خط ۱/۲۶ متر ، پوشش لوله‌ها ۲۰ سانتیمتر از خاک نباتی سطحی که در طول ترانشه برداشت می‌شود. با توجه به اینکه ممکن است قطعات ریشهٔ نباتی در خاک وجود داشته باشد که مانع انجام کار شود یک کارگر برای جمع‌آوری آنها در طول خط لازمست.

سایر ملاحظات : نیروی کار شامل ۲ اپراتور ، یک نفر برای نصب لوله‌های خروجی و اصلاح شیب زهکش جمع‌کننده، ۳ نفر کارگر برای بارگذاری لوله‌ها و اتصال لوله‌های ۸۰ میلیمتری به ۶۰ میلیمتری، یکی از این ۳ نفر سرپرست گروه می‌باشد، کنترل عمق حفاری با لیزر انجام می‌شود که دامنهٔ برد آن ۵۰۰ متر است و با توجه به طول ۱۲۰۰ متری مزرعه لازمست در طول اجرا جابجایی صورت گیرد.



شکل شماره ۷-۳- پ نمونه فرم دستور کار

فاکتورهای ثابت:

شراط پروژه:

- شبکه زهکشی تخلیه کننده از قبل وجود ندارد.
- شبکه زهکشی تخلیه کننده از قبل وجود دارد:
  - زهکشهای تخلیه کننده زیر زمینی است.
  - زهکشهای تخلیه کننده رو باز است.

فاکتورهای متغیر:

۱ - **انواع ماشین‌های زهکشی و تیپ آنها** : ترنچر زنجیری، ترنچر گردونه‌ای

۲ - **انواع خاکها** : - به نقشهٔ خاکها مراجعه شود.
- شرایط خاک روئی : خشک، مرطوب، آبدار، ماسهٔ روان

۳ - **نوع لوله‌ها و قطر آنها**

۴ - **پوشش دور لوله** :

۵ - **واریختن خاک در ترانشه** : با اسکریپر، کج‌بیل، بولدوزر

۶ - **نوع پوشش گیاهی و طول ترانشه** : مرتع علفی، نی‌زار، زیرکشت ، آیش، ....

۷ - **تعداد پرسنل و ماشین‌آلات** : اجاره‌ای، شخصی، اداری ....

شکل ۷-۴ عوامل ثابت و متغیر برای کارگذاری لوله‌های زهکشی

موضوع : کارگذاری لوله‌های زهکش

تأسیسات :	**نقطهٔ شروع :**
	خاتمه : **زمانی که ماشین تیغهٔ حفاری را بالا می‌کشد.**
عوامل ثابت : **زهکش‌های زیرزمینی به زهکش روباز تخلیه می‌شود.**	

شرح کار : کارگذاری لوله‌ها از زهکش روباز موجود با استفاده از ماشین زهکشی

شکل ۷-۵ نمونه‌ای از تشریح جزئیات برای هر یک از فعالیت‌ها

شکل ۷-۶ نمونه‌ای ازنحوهٔ تفکیک زمان برای کارهای مختلف و درصد آنها در طول روز

اجزاء کار	درصد	دقیقه در روز
زمان غیر قابل استفاده :		
شرایط بد جوی	۶	۳۰
تعمیرات در کارگاه	۱۳	۷۰
جمع	۱۹	۱۰۰
زمان قابل استفاده :		
الف :(غیر مؤثر)		
- سرویس روزانه	۱۱	۶۰
- جابجایی از یک محل به محل دیگر	۲	۱۲
- وقت غذا	۱۱	۶۰
زیر جمع	۲۴	۱۳۲
ب : زمان مؤثر	۵۷	۳۰۸
جمع	۸۱	۴۴۰
جمع کل	۱۰۰	۵۴۰ = ۹ساعت

شکل ۷-۷ نمونه‌ای از محاسبات زمان مؤثر بکار رفته در عملیات در طی یک روز کار

موضوع	درصد	زمان (دقیقه)	حاصل‌کار (متر در ساعت)
۱- ماشین با سرعت مطلوب در حال کار است	۵۰	۱۵۵	
جمع ۱	۵۰	۱۵۵	۱۲۲۰
۲- ماشین بدون کارگذاری لوله بصورت درجا کار می‌کند			
- استقرار در سر زمین شامل تنظیم موقعیت تیغهٔ حفاری	۲۳	۷۰	
- بارگذاری لوله بر روی ماشین و اتصال آن به لولهٔ خروجی	۱۱	۳۴	
- جابجایی لیزر	۱	۳	
- استراحت	۶	۱۸	
جمع ۲	۴۱	۱۲۵	
جمع ۲ + ۱	۹۱	۲۸۰	۶۷۷
۳- ماشین در حال انتظار			
- زمان برای صرف غذا	۵	۱۵	
- سازماندهی و تدارکات	۴	۱۳	
جمع	۹	۲۸	
جمع ۳ + ۲ + ۱	۱۰۰	۳۰۸	۶۱۴

نوع کار : زهکشی اراضی زراعی

روش :کارگذاری لوله‌های پلاستیکی از دو طرف یک قطعه به فواصل ۲۴ متر از یکدیگر. زهکش‌های زیرزمینی به زهکش رویاز موجود تخلیه می‌شود.

طول زهکش : ۲۱۰ متر

نوع ماشین : درین تای تیپ D_{20}

نوع مصالح : لوله‌های پلاستیکی، هر خط شامل ۱۳۵ متر لوله با قطر ۸۰ میلیمتر و ۷۵ متر با قطر ۶۰ میلیمتر

نوع مصالح پوششی : ۲۰ سانتی‌متر خاک رویی

تعداد کارگر : ۶ نفر

عوامل ساخت	دقیقه در کیلومتر زهکش
۱- کارگذاری لوله	۴۹/۶
۲- دور زدن و برگشت به عقب	۲۲/۰
- کارگذاری لولهٔ خروجی و اتصال لولهٔ زهکش	۱۰/۴
- بارگذاری لوله‌ها بر روی ماشین	۲/۱
- جابجایی لیزر	۱/۴
جمع ۲ + ۱	۸۵/۵
۳- توقفهای مقطعی ۱۵٪ از مجموع (۲ + ۱)	۱۲/۸
جمع ۳ + ۲ + ۱	۹۸/۳
۴- تلفات زمان ناشی از تشکیلات ۱۰٪ از مجموع (۳ + ۲ + ۱)	۹/۸
جمع ۴ + ۳ + ۲ + ۱	۱۰۸/۱
۵- کارهای شخصی پرسنلی ۵٪ از مجموع (۴ + ۳ + ۲ + ۱)	۵/۴
جمع ۵ + ۴ + ۳ + ۲ + ۱	۱۱۳/۵
ساعت کار در کیلومتر زهکش	۱/۸۹
متر زهکش در ساعت	۵۲۹

شکل ۷-۸ نمونه ای از معیارهای زمانی حاصل شده از اندازه‌گیریها

پیوستگی و ارتباط بین کارهای مختلف

در اجرای یک پروژه کارهای مختلفی وجود دارد که با یکدیگر مرتبط بوده و باید بین آنها پیوستگی برقرار شود. ایجاد این ارتباطها و تعیین تعداد و انواع ماشین‌آلات و تجهیزات مورد نیاز براساس عوامل زیر صورت می‌گیرد.

- حجم کارها
- زمان انجام کارها
- بازدهی‌ها و معیارهای انجام کار

حل مسایل و مشکلات

برای حل مسایل و مشکلات فنی و سازمانی باید کارها را بصورت صحیح مرحله‌بندی، برنامه‌ریزی و اجرا نمود. مراحل اساسی کار به قرار زیر است.

- **تشخیص و تعریف مسئله** : مسایلی واقعی و مشکلات اساسی موجود باید شناسایی شده و به شکلی آشکار و واضح تعریف شود. طرح مسایل و مشکلات معمولاً از طریق عوامل و مسئولان ذیربط صورت می‌گیرد.
- **بررسی مسایل و مشکلات** : در بررسی مسایل و مشکلات، مذاکرات و همفکریهای مستقیم بین مدیریت و عوامل اجرایی صورت می‌گیرد و اطلاعات مرتبط با مسایل جمع‌آوری شده و در صورت نیاز مشاهدات و بازرسی‌های میدانی بعمل می‌آید.
- **طرح راه‌حلهای موجود** : گزینه‌ها و راه‌حلهای موجود برای حل مسایل و مشکلات مطرح و پیشنهاد می‌شود.
- **انتخاب راه حل مناسب** : از بین گزینه‌های مختلف موجود برای حل مسئله مورد بحث مناسب‌ترین راه حل با درنظرگرفتن هزینه‌ها، امکانات سازمانی، منافع حاصل از اقدامات و گاه دیگر ملاحظات انتخاب می‌شود.
- **ابلاغ و اجرای گزینه** : مدیریت، گزینه انتخاب شده را برای اجرا ابلاغ می‌نماید.
- **پیگیری نتایج حاصل از اقدامات** : روش اجرای کار و نتایج حاصل از آن باید مورد

بررسی قرار گرفته و ارزیابی شود.

- **انجام اصلاحات ضروری** : پس از انجام ارزیابیها، ممکن است این نتیجه حاصل شود که راه‌حلهای انتخاب شده و روشهای اجرای آن باید مورد تجدیدنظر قرار گیرد. در این صورت با هماهنگی با مدیریت می‌توان اصلاحات و تجدیدنظرهای لازم را بعمل آورد.

سازمانی که مسئولیت مدیریت و نظارت بر پروژه را بعهده دارد باید موجه بوده و مورد پذیرش کشاورزان باشد. این مدیریت باید به نظرات کشاورزان توجه نموده و تلاش نماید نیازمندیهای آنها را تشخیص داده و طبقه‌بندی کند و برحسب اولویت برای تامین آنها اقدام نماید. بهتر است هیئت مدیره سازمان با رأی بهره‌برداران و به گونه‌ای انتخاب شود که بتواند از حمایت گسترده آنها برخوردار گردد.

هیئت مدیره سازمان ترجیحاً باید اختیارات لازم برای وضع عوارض بر اراضی و انتخاب و انتصاب مدیر اجرایی را داشته باشد. مدیر اجرایی مسئولیت انجام عملیات روزمره در کلیه زمینه‌های بهره‌برداری و نگهداری و اجرای دستورالعملها و ابلاغیه‌های هیئت مدیره را بعهده دارد. عوامل نظارت پروژه که بوسیله مدیر اجرایی به کار گمارده می‌شوند عملکرد سیستم زهکشی را تحت نظر داشته و اطلاعات مورد نیاز از چگونگی جمع‌آوری و تخلیه زه‌آبهای کشاورزی در محدوده پروژه را گردآوری و به مدیر اجرایی گزارش می‌کند.

۷-۲ نظارت، بازرسی و پیگیری کارها(رفتارسنجی)

برای نظارت، بازرسی و رفتارسنجی یک سیستم زهکشی باید لوازم گوناگونی تدارک شود. قبل از هر چیز نقشه دقیقی از منطقه پروژه که شبکه زهکشی زیرزمینی، چاهکهای بازدید و دیگر نقاط اندازه‌گیری و مشاهده‌ای را نشان بدهد مورد نیاز است.

۷-۲-۱ عواملی که بطور معمول سبب عملکرد نامطلوب سیستم زهکشی‌می شود

عواملی که بطور معمول باعث می‌شود تا یک سیستم زهکشی نتواند بطور مطلوب عمل کند بقرار زیر است :

- **گسستگی لوله ها:** پاره‌شدن خطوط زهکشی زیرزمینی مزارع که در اثر ضعیف‌بودن اتصالات و یا بی‌دقتی در موقع نصب بوجود می‌آید.
- **آسیب‌دیدن لوله‌ها :** در موقع نصب زهکشهای زیرزمینی، ممکن است رویدادهایی از قبیل تکانهای شدید ماشین، ریزش ناگهانی دیواره‌های ترانشه، کشیده‌شدن لوله‌های پلاستیکی باعث آسیب‌رساندن به لوله‌ها شود. همچنین بعد از احداث شبکه زهکشی، نشست نامتعادل خاک، اجرای شخم عمیق و حوادثی از این قبیل می‌تواند به لوله‌ها صدمه بزنند. ضعیف بودن لوله‌های پلاستیک زهکشی و یا بیش از حد کشیده‌شدن آنها در موقع نصب می‌تواند احتمال وقوع این عوارض را تقویت نماید.
- **صدمه‌دیدن دهانه‌های خروجی :** با وجود اینکه بازدید و بازسازی دهانه‌های خروجی زهکشها کار سختی نیست، اما در موارد زیادی، عملکرد نامطلوب سیستم زهکشی بعلت صدماتی است که به دهانه‌های خروجی وارد می‌شود.
- **گرفتگی مقطع لوله زهکشی بوسیله نهشته‌های خاک :** دانه‌های ریز خاک می‌تواند از درز بین و یا سوراخهای پیرامون لوله‌های زهکشی بدرون لوله وارد شود. در خاکهای ناپایدار (خاکهای سیلتی) انتقال این مواد به درون لوله بسیار عادی و محتمل است. علاوه بر این نصب لوله‌های زهکشی در زیر سطح آب می‌تواند امکان عبور ذرات خاک به درون لوله‌ها را افزایش دهد.

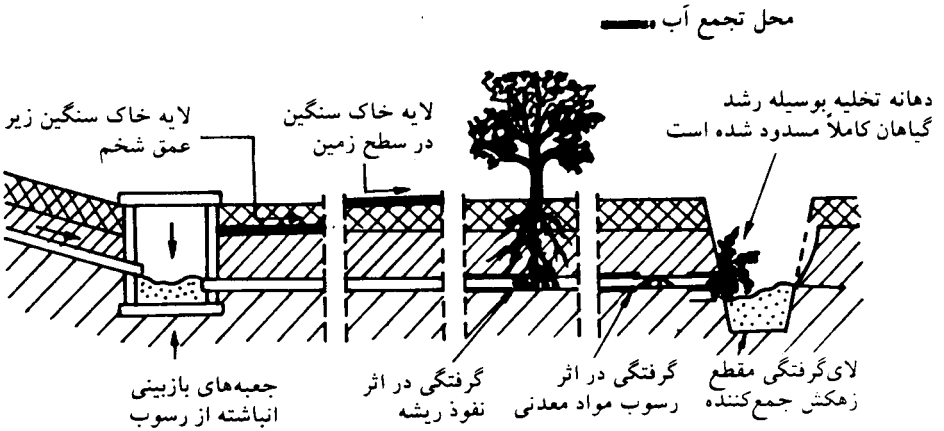
در زمان کارگذاری زهکش زیرزمینی، ساختمان خاک در ترانشه و در مجاورت محل کارگذاری لوله بهم ریخته و دانه‌های گسسته خاک پراکنده می‌شود و می‌تواند با جریان آب بدرون لوله منتقل گردد. روند انباشته‌شدن دانه‌های خاک در درون لوله به شرایط پیرامونی لوله زهکش بستگی دارد. در خاکهای پایدار و در شرایطی که در

زمان کارگذاری لوله‌های زهکش دقت کافی بعمل آمده باشد، حتی بعد از سی سال مقدار رسوبات انباشته شده در درون لوله‌ها از چند میلیمتر بیشتر نیست. برعکس در بعضی شرایط به فاصله کوتاهی پس از کارگذاری، بیش از نیمی از مقطع لوله از رسوب پر می‌گردد. اگر لوله زهکش در شرایطی کار گذاشته می‌شود که احتمال ورود دانه‌های خاک به درون لوله زیاد است، باید پیرامون لوله را با مواد پوششی حفاظت نمود.

- **گرفتگی لوله‌های زهکش بوسیله ریشه گیاهان** : ریشه بعضی انواع درختان و درختچه‌ها از محل درزها و منافذ لوله‌ها نفوذ نموده و باعث گرفتگی آن می‌شود. هرگاه خطوط زهکش زیرزمینی ردیفی از این درختان را قطع کند بهتر است در محل تقاطع با ریشه درختان، از لوله‌های بدون سوراخ استفاده شود. در شرایطی که خطوط زهکش با مقطع پر از آب کار کند، امکان رشد ریشه در درون لوله کاهش می‌یابد. تزریق ادواری سولفات مس نیز می‌تواند از رشد ریشه جلوگیری کند (Winger 1978).
- **گرفتگی لوله بوسیله مواد شیمیایی** : گرفتگی لوله بوسیله نهشته‌های شیمیایی نیز در بعضی مناطق یک مشکل جدی است. متداول‌ترین نوع گرفتگی بوسیله مواد شیمیایی، رسوب زنگ آهن است که با اکسیدشدن آهن دو ظرفیتی در آب زیرزمینی و در مجاورت فعالیت بیوشیمیایی باکتریهای آهن صورت می‌گیرد. برحسب اینکه آهن دو ظرفیتی از چه منبعی تأمین شود، مشکل رسوبات زنگ آهن می‌تواند موقتی و یا دائمی باشد. اگر آب زیرزمینی از یک منبع غنی از آهن عبور کند مسئله زنگ آهن یک مشکل دائمی خواهد بود. سه حالت زیر را می‌توان مورد بررسی قرار داد (Kuntze 1978).
  - اگر قبل از اینکه آب زیرزمینی به زهکش مزرعه برسد، زنگ آهن در خاک رسوب کند، می‌توان خاک را شخم عمیق زد و یا با آهک آبشویی نمود.
  - اگر جریان بعد از عبور از زهکش زیرزمینی مزرعه زنگ آهن را در زهکش جمع‌کننده رسوب دهد، می‌توان با مستغرق نگهداشتن زهکش و یا با نصب فیلترهای مخصوص (ضدزنگ آهن) اقدام نمود.

- اگر زنگ آهن در لوله زهکش مزرعه رسوب نماید، می‌توان با شستشوی مکرر لوله، مسئله را حل نمود. در این موارد نصب فیلترهای ضخیم و یا گشادکردن منافذ و سوراخهای لوله (تا حداقل ۱/۲ میلیمتر) قابل توصیه می‌باشد.

در شکل ۷-۹ چند مورد از مسایل شایع در زهکشهای زیرزمینی نشان داده شده است. در جدول شماره ۷-۱ نیز اینگونه مسایل و راه‌حلهای هریک با تفصیل بیشتری درج گردیده است.



شکل ۷-۹ چند مورد از علل بد عملکردن زهکشهای زیر زمینی

۷-۲-۲ بررسی عملکرد زهکشهای زیرزمینی

بارها مشاهده شده است که در زمینهای زراعی که به زهکش زیرزمینی نیز مجهزند، هنوز آب زیرزمینی بالا است. برای توصیه راه حل برای رفع مشکل این زمینها ناگزیر باید علل خوب عمل‌نکردن سیستم زهکشی معلوم شود. روش زیر برای بررسی دقیق عملکرد زهکشها توصیه می‌شود.

جدول ۷-۱ کارکرد نامطلوب زهکشهای زیرزمینی مزرعه، علل ایجاد و روش‌های پیشگیری و رفع اشکال

ماهیت مشکل	علل ایجاد مشکل	راه حل‌ها برای :	
		رفع مشکل	پیشگیری
نفوذپذیری کم	سله‌بستن سطح خاک در اثر بهم‌خوردگی و متراکم‌شدن	سله‌شکنی	استفاده از کودهای آلی و برقرارکردن چرخش زراعی مناسب توجه : گله‌ها فقط در صورتی برای چرا وارد زمین شوند که خاک به اندازه کافی خشک باشد.
	متراکم‌شدن خاک سطحی (بین ۵۰-۲۰سانتیمتر) به علت عبور ماشین‌آلات	اجرای شخم عمیق در شرایطی که خاک خشک باشد.	استفاده از ماشین‌آلات برای عملیات زراعی فقط در شرایطی انجام گیرد که خاک به اندازه کافی خشک بوده و تحمل عبور ماشینها را داشته باشد.
عدم ارتباط هیدرولیکی بین خاک وترانشه‌یا ترانشه وزهکش	تراکم زیاد خاک واریز شده به ترانشه		
	تخریب ساختمان خاک در ترانشه	اجرای شخم عمیق، همچنین اگر خاک زیرین ترانشه هنوز نفوذپذیر باشد اضافه‌کردن گچ به خاک مفید خواهد بود. در غیر اینصورت شبکه زهکشی باید بازسازی شود.	- عملیات اجرایی برای احداث زهکشها در خاک خشک و یا در خاک با رطوبت مناسب انجام گیرد. - واریختن خاک در ترانشه بلافاصله پس از کارگذاری

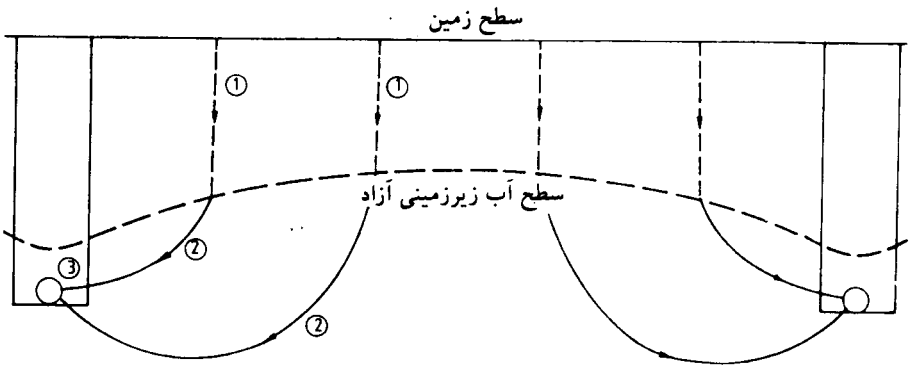
ماهیت مشکل	علل ایجاد مشکل	راه حل‌ها برای :	
		رفع مشکل	پیشگیری
	تراکم خاکها در اثر کار با ترنچلس	تعمیروبازسازی زهکشها	- کارگذاری لوله در شرایط خاک خشک - واریختن مصالح نفوذپذیر در ترانشه
	متراکم‌شدن دیواره ترانشه		تعویض دوره‌ای تیغه‌های حفاری ترنچر
	موازی‌بودن جهت شخم با زهکش	تغییر جهت شخم	طراحی سیستم زهکشی با توجه به جهت کشت و کار
کافی‌نبودن آب ورودی‌به‌زهکش	زهکشها بدون سوراخ هستند و یا تعداد واندازه منافذ نامناسب است که ناشی از بی توجهی در ساخت لوله‌ها می‌تواند باشد.	تعمیروبازسازی زهکشها	- استفاده از مواد و مصالح با کیفیت خوب و قابل اطمینان - کنترل مصالح قبل از اجرا و در حین اجرا - کارگذاری زهکشها و سپس واریختن خاک در ترانشه در شرایط رطوبتی مناسب - بررسی امکانات رسوب زنگ‌آهن - طراحی مناسب (سیستم منفرد) - بکاربری گچ به خاک
	پوشش پیرامون لوله با مصالح نامناسب که نفوذپذیری کم دارد.	تعمیر و بازسازی شبکه	- استفاده از مواد با کیفیت خوب و قابل اطمینان - کنترل مصالح قبل از اجرا و در حین اجرا
	مسدودشدن پوشش پیرامون لوله		- انتخاب مصالح مناسب و یا تغییر شرایط اجرای کار

ماهیت مشکل	علل ایجاد مشکل	راه حل‌ها برای :	
		رفع مشکل	پیشگیری
کافی نبودن سرعت جریان در زهکش	- گرفتگی تخلیه‌گاه زهکش - کف زهکش جمع‌کننده خیلی بالادست - خراب‌شدن تخلیه‌گاه زهکش	بهسازی و یا بازسازی زهکش جمع‌کننده و تخلیه‌گاهها	- طراحی مناسب - نگهداری اصولی (جلوگیری از رشد درختان در اطراف زهکش) - اجرای مطمئن تخلیه‌گاههای زهکش‌ها
	- گرفتگی در طول مسیر زهکشها - رسوب‌گرفتگی آدم‌روها	تمیزکردن و لایروبی	- نگهداری و بازدید منظم ساختمانهای اتصال زهکشها
	شکستگی لوله‌ها و اتصالات	تعمیر خرابیها	- نظارت دقیق بر کارگذاری
	گرفتگی دراثرانباشته‌شدن مواد معدنی، شیمیایی و آلی	تمیزکردن منظم بااستفاده از جتِ آب، در غیر این صورت بازسازی شبکه	- بررسی اولیه برای شناسایی مسایل ناشی از زنگ آهن - بکاربردن مصالح مناسب برای پوشش
	گرفتگی به علت ریشه درختان	تراشیدن ریشه‌ها	- حذف درختان نامناسب (تبریزی - بید و ...) - استفاده از زهکشهای روباز
	شیب معکوس	تعمیر و بازسازی زهکش	- نظارت دقیق در مرحله اجرا

مراحل مختلف جریان آب از سطح زمین تا ورود به لوله زهکش را می‌توان به چهار مرحله زیر تقسیم نمود.

- نفوذ عمودی از سطح خاک به لایه اشباع
- جریان آب زیرزمینی تا لوله زهکش
- عبور آب از جدار و ورود به درون لوله
- جریان آب در داخل لوله زهکش تا ورود به زهکش جمع‌کننده

در هریک از مراحل فوق، مقاومتهای متفاوتی در مقابل جریان آب وجود دارد که باعث تلف‌شدن انرژی آب می‌شود.



شکل ۷-۱۰ مراحل مختلف جریان آب به زهکشهای زیر زمینی

بعنوان نمونه اگر یک خط زهکش زیرزمینی در شرایط زیر در نظرگرفته شود:

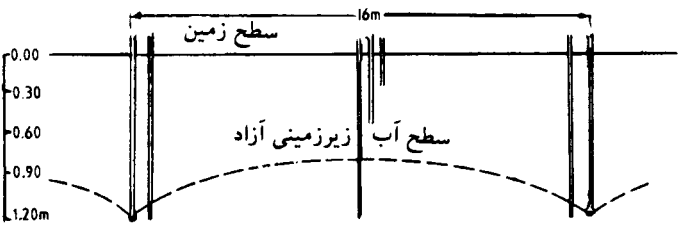
- عمق زهکش ۱/۲ متر — طول زهکش ۱۵۰ متر
- فاصله زهکشها ۱۶ متر — شیب زهکش ۰/۱ متر در ۱۰۰متر
- هدایت هیدرولیکی ۰/۴ متر در روز — جریان زهکشی ۷ میلیمتر در روز
- عمق تا لایه غیرقابل نفوذ ۲ متر زیر لوله زهکش

بر طبق فرمول هوخهات، عمق آب زیرزمینی بین دو خط زهکش در حدود ۰/۴۵ متر بالای زهکش و یا ۰/۷۵ متر زیر سطح زمین قرار می‌گیرد.

اگر زهکشها طبق آنچه که انتظار می‌رود کار کند، قرائت فشارسنج‌ها[1] باید وضعیت آب زیرزمینی را مطابق شکل۷-۱۱ بدست بدهد. در شکل ۷-۱۲، قرائت فشارسنج‌ها وضعیت آب زیرزمینی را در همین زهکش‌ها ولی در شرایطی که به دلایل مختلف خوب کار نمی‌کند نشان می‌دهد. حالات زیر قابل تشخیص است.

الف - در اولین مرحله از مراحل چهارگانه جریان مشکل وجود دارد (شکل ۷-۱۲-الف). سیستم زهکش اشکالی ندارد و خوب کار می‌کند ولی نفوذ آب از سطح به درون خاک دچار مشکل است که احتمالاً می‌تواند از روش نادرست تهیه زمین (شخم و دیسک ...) ناشی شده باشد.

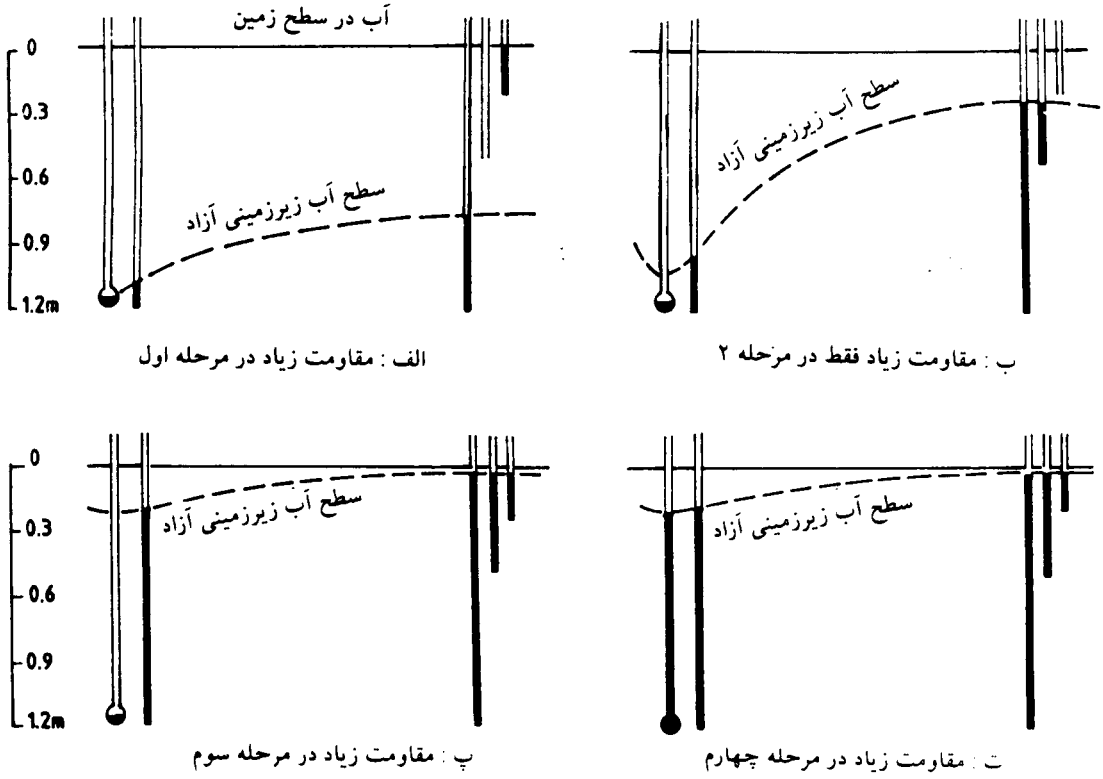
ب - در مرحله‌ی دوم جریان اشکال وجود دارد (شکل ۷-۱۲- ب). آب زیرزمینی بین دو زهکش چنان است که انگار هدایت هیدرولیک خاک بجای ۰/۴ متر در روز، ۰/۱۵ متر در روز است. این وضعیت نشان می‌دهد که فواصل زهکشها زیادتر از اندازه لازم است.



شکل ۷-۱۱

وضعیت سطح آب در پیزومترها وقتی سیستم زهکشی خوب عمل کند

1- Piezometer



الف : مقاومت زیاد در مرحله اول

ب : مقاومت زیاد فقط در مرحله ۲

پ : مقاومت زیاد در مرحله سوم

ت : مقاومت زیاد در مرحله چهارم

شکل ۷-۱۲ وضعیت سطح آب در پیزومترها وقتی سیستم زهکشی خوب عمل نکند

پ - در سومین مرحله‌ی جریان مشکل وجود دارد (شکل ۷-۱۲- پ). در مجاورت زهکش افت بار هیدرولیک زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد یا در واریختن خاک به ترانشه بی‌دقتی شده و یا مصالح پوششی خوب کار نمی‌کند. کم‌بودن سطح منافذ لوله و یا مسدودشدن آنها نیز همین عارضه را بوجود می‌آورد.

ت - در مرحله‌ی چهارم جریان اشکال وجود دارد (شکل ۷-۱۲- ت). وضعیت پیزومترها نشان می‌دهد که لوله‌های زهکش تحت فشار کار می‌کند که می‌تواند به یکی از علل زیر باشد.

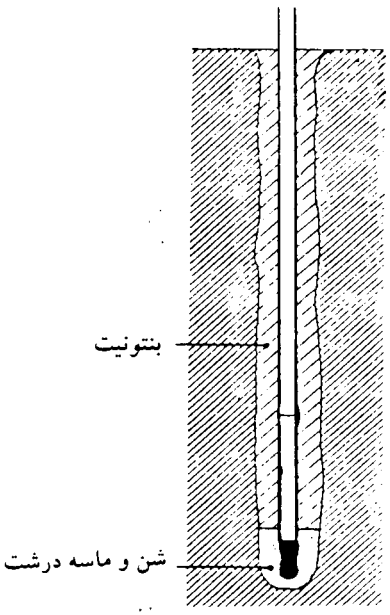
- قطر لوله کوچک انتخاب شده است.
- لوله گرفتگی دارد. این گرفتگی یا از تجمع رسوب و یا از شکستگی و یا پاره‌گی لوله ناشی شده است.

کارگذاری فشارسنج برای اندازه‌گیری بار هیدرولیک در آب زیرزمینی

لوله‌های فشارسنج، لوله‌های باریک پلاستیکی یا فلزی است که فقط از قسمت انتهایی با محیط ارتباط دارد. این ارتباط یا از دهانه انتهایی لوله برقرار می‌شود و یا در طول بسیار کوتاهی (در حدود چند سانتیمتر) انتهای لوله مشبک می‌گردد. بطور معمول قسمت مشبک لوله با یک لفاف توری نایلونی پوشیده می‌شود. لوله فشارسنج مطابق شکل ۷-۱۳ در یک چاهک قرار داده شده و پیرامون قسمت مشبک شن و ماسه فیلتر ریخته می‌شود تا اولاً ارتباط با آب زیرزمینی بخوبی برقرار شود و ثانیاً دانه‌های معلق خاک وارد لوله فشارسنج نشود. بقیه فضای خالی چاهک با مواد رسی و یا پودر بنتونیت پر می‌شود تا نفوذناپذیر گردد.

لوله پیزومتر را می‌توان با روش مشابهی بر روی لوله زهکش نیز کارگذاری نمود. بهتر است همانند شکل ۷-۱۴ ترتیبی داده شود که لوله فشارسنج از یک مقدار معین بیشتر وارد لوله زهکش نشود. سوراخ برای ورود دهانه لوله فشارسنج به لوله زهکش را می‌توان بوسیله مته مخصوص تعبیه نمود. برحسب اینکه جنس لوله زهکش سفال، بتن و یا پلاستیک باشد نوع مته متفاوت است. چنانچه ابزار مناسب در اختیار باشد کلیه مراحل

کارگذاری لوله فشارسنج بیش از چند دقیقه طول نخواهد کشید.

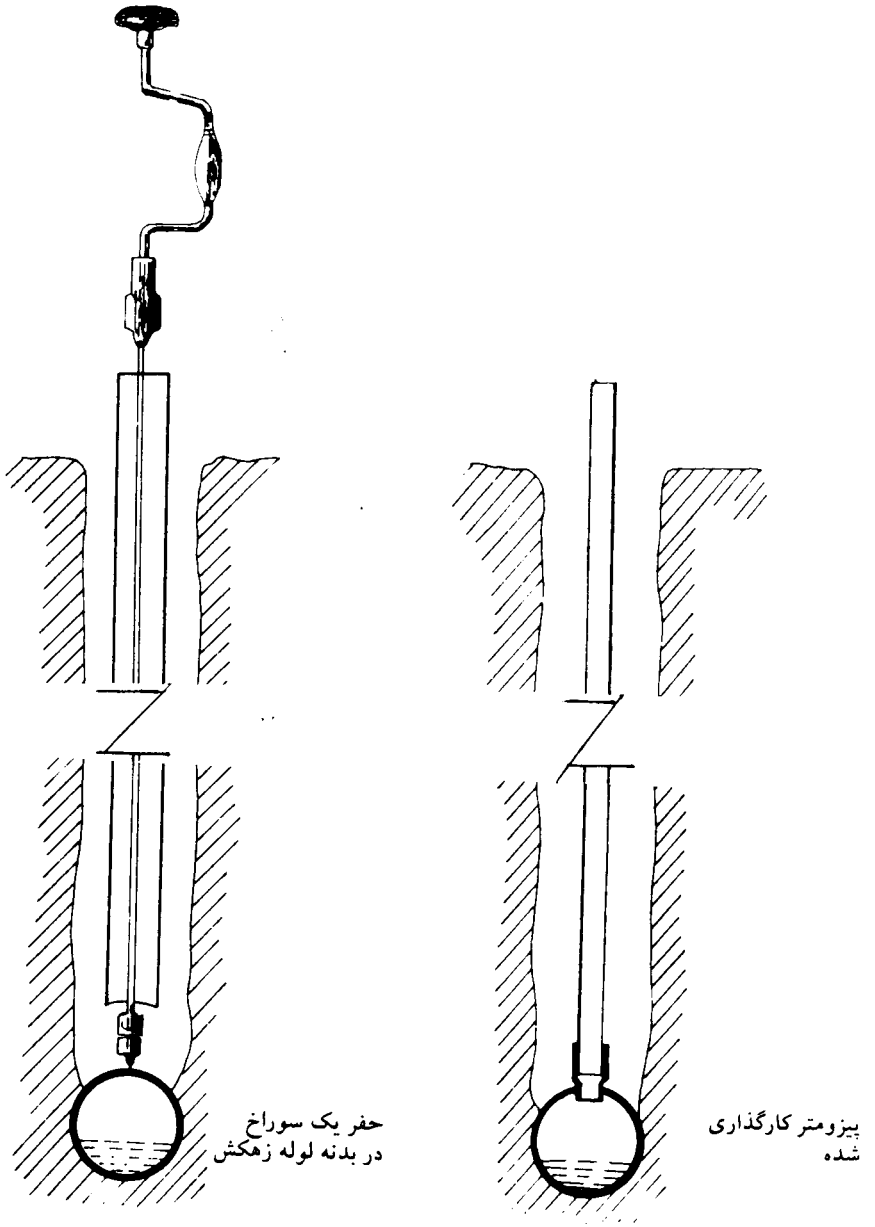


شکل ۷-۱۳ کارگذاری پیزومتر در زمین

چگونگی کارکرد لوله‌های زهکش زیرزمینی را می‌توان براساس آمار مشاهدات تغییرات آب زیرزمینی بررسی نمود. کنوار[1]، کولین[2] و ملوین[3] (۱۹۶۸)، چگونگی کارکرد زهکشهای زیرزمینی را براساس اطلاعاتی که طی ۵ سال از تغییرات آب زیرزمینی و نیز عملکرد محصولات جمع‌آوری کرده بودند ارزیابی نمودند. این اطلاعات برای زهکشهایی که با دو روش مختلف، یکی با ترنچر و دیگری با ترنچلس کارگذاری شده بود با یکدیگر مقایسه شد. در این مقایسه هرچند که تفاوتها در سطح ۹۵٪ معنی‌دار نبود، اما در زهکشهائی که با ترنچر کارگذاری شده بود عمق آب زیرزمینی پائین‌تر و عملکرد محصول بالاتر بوده است.

1- Kenwar

2- Colvin



شکل ۷-۱۴ کارگذاری پیزومتر برای اندازه‌گیری فشار در لوله های زهکش

۳-۷ نگهداری زهکشهای زیرزمینی

زهکشی یکی از اساسی‌ترین اقدامات برای اصلاح و بهسازی خاکهای شور و زهدار است، لیکن سرمایه‌گذاری برای آن زمانی قابل توجیه است که بتواند در مدت طولانی بخوبی کار کند. به همین لحاظ برقراری تشکیلات فعال و مؤثر برای نگهداری شبکه زهکشی بسیار ضروری است، زیرا می‌تواند بطور قابل ملاحظه‌ای دوره کارکرد سیستم زهکشی را افزایش دهد. عملیات نگهداری سیستم زهکشی می‌تواند بوسیله کشاورزان بهره‌بردار و یا تشکیلات ویژه‌ای که بهمین منظور سازماندهی می‌شود انجام گیرد. گاهی کلیه عملیات نگهداری شبکه زهکشی زیرزمینی بصورت قرارداد به یک پیمانکار واگذار می‌گردد.

روشهای نگهداری

لوله‌های زهکش که مقطع آن گرفتگی دارد می‌تواند بوسیله ابزار خراش‌دهنده و یا به وسیله ماشین مخصوص که با استفاده از جت آب کار می‌کند تنقیه و پاک‌سازی شود. با یک ماشین مخصوص شستشوی لوله و با کمک یک یا دو نفر اپراتور و برحسب اینکه شدت گرفتگی چقدر باشد، می‌توان بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ متر لوله را در طول مدت یک ساعت شستشو داد. در هر نقطه که با سیستم جت آب نتوان لوله را شستشو و تنقیه نمود باید خط زهکش را شکافته و نسبت به تعمیر آن اقدام نمود. تجربیات بدست آمده در هلند نشان داده است که :

- دانه‌های نهشته شده با قطر کمتر از ۵۰ میکرون به آسانی با جت آب شسته می‌شود؛
- ذرات ماسه به سختی با جت آب پاک‌سازی می‌گردد. شستشو با جت آب فقط باعث جابجایی نهشته‌های ماسه‌ای می‌شود.
- با شستشوی منظم می‌توان نهشته‌های زنگ آهن را پاک‌سازی کرد. چنانچه این نهشته‌ها سخت و سیمانته شده باشد تقریباً غیرقابل شستشو و پاک‌سازی است.

- در مقایسه بین دستگاههای جت آب با فشار قوی و یا متوسط، بجز در مواردی که نهشته‌ها کمی سخت شده و به فشار زیاد نیاز دارد، سیستم‌های کم فشارتر کارکرد بهتری داشته‌اند.

روشهای شستشوی شیمیایی نیز قابل توجه‌است. بطور مثال استفاده از سولفات مس برای از بین‌بردن ریشه‌های رسوخ کرده در لوله و یا تزریق گاز دی‌اکسید گوگرد برای انحلال زنگ آهن روشهای مؤثری است، هرچند روش اخیر از نظر زیست محیطی می‌تواند پی‌آمدهای نامطلوب داشته باشد.

دوره‌های زمانی بین بازدیدها

- تخلیه‌گاه هر خط زهکش باید حداقل یکبار در هر سال مورد بازدید قرارگیرد، زیرا مشکلات وسایل ایجاد شده برای تخلیه جریانهای زهکشی در تخلیه‌گاه یک پدیده رایج است.
- تعداد دفعات شستشو بستگی به شرایط دارد. در خاکهای سنگین و پایدار، احتمالاً یکبار شستشو در طی ده سال می‌تواند کافی باشد ولی بطور معمول توصیه می‌شود بین هر ۲ تا ۵ سال یکبار شستشو انجام گیرد. در خاکهای ناپایدار ممکن است حتی شستشوی سالانه نیز مورد نیاز باشد.
- در مناطقی که زنگ آهن مسئله‌آفرین است توصیه می‌شود که بطور منظم و مکرر ۱۰ متر آخر لوله را با یک میله و بصورت خشک پاک‌سازی نمود.

منابع مورداستفاده

Favrot, J.C.,1980;
Precautions post-drainage(French);
Drainage No. 19/20 pp. 5-6 et 35-39;
France.

Favrot, J.C. and B.LeSaffre, 1987;
Mal functioning hazards and remedies in a sub-surface drainage system (French)
International Commission on Irrigation and drainage;
Thirteenth Congress, Question 40;
Rabat, Morocco.

Kanwar, R.S., T.S. Colvin and S.W. Melvin, 1986;
Comparison of trenchless drain plow and trench methods of drainage installation;
Transactions of the ASAE;
Volume 29(2), March-April, 1986.

Kuntz, H., 1978;
Verocherungen diagnose and pherapie schriftenreihe des kuraturiums fux wasser and kultur banwesen 32;

Penninkhof, J.,1982;
Introduction to management science;
In: Syllabus course on land reclamation;
IJsselmeer Polders Development Authority;
Lelystad, The Netherlands.

Summers, J.B., 1966;
Water management in the Tulare lake area, California;
Six Congress, Question 19;
International Commission on Irrigation and Drainage
New Delhi, India.

فصل هشتم

تجزیه و تحلیل هزینه - درآمد

معمولاً در تجزیه وتحلیل هزینه - درآمد یک طرح زهکشی زیرزمینی، باید هزینه‌های احداث و نگهداری سیستم زهکشی در مقابل درآمد مورد انتظار در اثر افزایش تولید محصولات کشاورزی را مورد بررسی قرار داد. دراین فصل، ابتدا یک تجزیه و تحلیل عمومی از اجزاء مختلف مؤثر در هزینه‌ها و درآمدها ارائه خواهد گردید و سپس چند مطالعه موردی درپی خواهد آمد.

۸-۱ تجزیه و تحلیل

در تجزیه و تحلیل اقتصادی، نتایج اقتصادی حاصل از اجرای طرح پیش‌بینی و با هزینه‌های برآورد شده برای اجرای آن مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در مطالعات امکان‌پذیری[1]، باید تلاش گردد تا دستاوردهای پروژه با بهترین اطلاعات و فنون موجود پیش‌بینی و برآورد شود. در عین حال باید توجه داشت که در برآورد هزینه‌ها و درآمدهای طرحهای زهکشی، همواره یک عامل عدم قطعیت[2] نیز وجود دارد.

در کارهای عمرانی نظیر احداث تلمبه‌خانه‌ها، احداث خاکریزها، ساختن سازه‌های هیدرولیکی و اجرای کانالها و زهکشهای عمیق، عموماً موارد متعددی از عدم قطعیت، نظیر نداشتن اطلاعات کافی در مورد لایه‌های زیرزمینی، برخوردهای غیر منتظره با لایه‌های سخت یا نرم که نیاز به تدابیر ویژه دارد، و یا مواجه شدن با چشمه‌ها، وجود دارد. همچنین احتمال دارد که شرایط پیش‌بینی نشده از فشارهای پیزومتریک، مشکلات زیادی را برای احداث زهکشهای عمیق پیش بیاورد. تمامی اینگونه مواردِ عدم قطعیت های

1- Feasibility

2- Uncertainty

فیزیکی در هزینه طرح اثر می‌گذارد.

علاوه بر موارد فوق، سایر منابع عدم قطعیت نیز وجود دارد. اجرای طرحهای زهکشی به زمانی چندین ساله نیازمند است. زمان معقول برای اجرای طرحهای بزرگ پنج سال است در حالیکه عموماً بهره‌برداری از طرح بیش از ۲۵-۳۰ سال طول می‌کشد. در چنین مدت زمان نسبتاً طولانی، احتمال تغییرات شدید اجتماعی، بویژه در کشورهای در حال توسعه وجود دارد. ممکن است که اینگونه تغییرات موجب تغییر در اهداف ملی گردد که به نوبه خود، بر اهداف طرح تأثیر بگذارد.

وقایع سیاسی و سایر حوادث، می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر قیمتهای بازار جهانی داشته باشد. در نتیجه، هرگاه تحولی رخ دهد الگوی هزینه‌ها و درآمدهای طرح نیز تغییریافته و به تبع آن تمامی تجزیه و تحلیلهای اقتصادی که قبل از این تغییرات انجام شده باشد، دیگر نمایانگر وضعیت واقعی نخواهد بود.

روشهای متداول بررسی عدم قطعیت

معمولاً تجزیه و تحلیل طرحهای زهکشی براساس یک یا چند شاخص متداول مانند نرخ بازده داخلی، ارزش حال و یا نسبت سود به هزینه صورت می‌گیرد. برای برآورد هزینه‌ها و درآمدها معمولاً از قیمتهای رایج در زمان برآورد استفاده بعمل می‌آید. ارزیابی اثرات تغییر قیمتها می‌تواند از طریق بررسی حساسیت بازدهی اقتصادی طرح نسبت به آن تغییرات [1] انجام شود. متداول‌ترین روشها برای بررسی مسئله عدم قطعیت به صورتهای زیر است:

- با فرض درصدهای معینی افزایش در هزینه‌ها و یا کاهش در درآمدها؛
- با فرض تغییر دوره زمانی تجزیه و تحلیل (مدت اجرا و دوره بهره‌برداری)؛
- با فرض تغییر نرخ تنزیلی که شاخصهای اقتصادی بر اساس آنها محاسبه می‌شود.

در هریک از حالتهای فوق شاخصهای اقتصادی طرح محاسبه شده و نتایج بدست

1- Sensitivity analysis

آمده با شاخصهای اصلی مقایسه می‌گردد.

نتایج حاصله از پیش‌بینی و برآورد شرایط آینده به صورت جریان درآمدها و هزینه‌ها تدوین و تنظیم می‌گردد. این برآوردها در واقع تصویری از شرایط آینده طرح را منعکس می‌سازد. طبیعتاً در برآورد هریک از این مقادیر، عنصری از عدم قطعیت نیز وجود دارد.

هزینه‌ها

اجزای هزینه یک طرح زهکشی زیرزمینی عبارتست از:

- طراحی
- مواد مصرفی
- عملیات ساختمانی و اجرا؛
- کنترل؛
- نظارت؛
- بهره‌برداری، نگهداری و مدیریت.

هزینه های طراحی بطور معمول به صورت درصدی از کل هزینه‌های ساختمانی در محاسبات اقتصادی منظور می‌شود.

هزینه مصالح مصرفی شامل موارد زیر است؛ این هزینه‌ها باید با توجه به مخارج حمل مصالح تا محل کارگاه در محاسبات منظور شود.

- لوله‌های زهکشی؛
- پوشش پیرامون لوله‌های زهکشی؛
- سازه‌ها.

هزینه‌های عملیات ساختمانی و اجرای زهکشها به شدت تابع کارآیی تجهیزات مورد استفاده است. برخی اطلاعات، تعاریف و معیارها در مورد کارآیی ماشینهای مختلف به شرح زیر ارائه می‌شود:

ماشین زهکشی، ترنچلس

عملکرد نظری (m/hour) = حداکثر سرعت کار ماشین
عملکرد واقعی (m/hour) = عملکرد نظری × فاکتورهای عملکرد

ماشین زهکشی، ترنچر زنجیری [۲]

عملکرد نظری (m/hour) = حداکثر سرعت کار ماشین
عملکرد واقعی (m/hour) = عملکرد نظری × فاکتورهای عملکرد

ماشین زهکشی، ترنچر گردونه‌ای [۳]

عملکرد نظری (m^3/hour) = حجم بیل [۴] × تعداد بیل‌هابرروی گردونه × تعداد دور در دقیقه × ضریب پربودن بیل
عملکرد واقعی (m^3/hour) = عملکرد نظری × فاکتورهای عملکرد

دراگلاین [۵]

عملکرد نظری (m^3/hour) = اندازه بیل × فاکتور پربودن بیل × تعداد دفعات حفاری در ساعت
عملکرد واقعی (m^3/hour) = عملکرد نظری × فاکتورهای عملکرد

1- Trenchless Plow
2- Chain type Trencher
3- Bucket Wheel Trencher
4- Bucket
5- Dragline

بک هو یا بیل مکانیکی

عملکرد نظری (m^3/hour) = اندازه بیل × ضریب پربودن بیل × تعداد دفعات حفاری در ساعت

عملکرد واقعی (m^3/hour) = عملکرد نظری × فاکتورهای عملکرد

در صفحات بعد، فاکتورهای عملکرد مورد بحث قرار می‌گیرد. بطور معمول لااقل پنج فاکتور عمده در عملکرد واقعی هر ماشین دخالت دارد. با ترکیب کلیه این عوامل، آشکار می‌شود که عملکرد واقعی هر ماشین، بندرت بیش از ۵۰ درصد ظرفیت نظری آن است.

فرمولهایی که برای محاسبه عملکرد به کار می‌رود از ماشینی به ماشین دیگر متفاوت است. از این‌رو، مقایسه کارآیی نهایی ماشینهای مختلف برای انجام یک کار معین بسیار دشوار است. کارآیی ماشینی که بطور پیوسته حفاری می‌کند، بعلت نوع و نحوه کار، همواره نزدیک به دو برابر ماشینی است که بطور ناپیوسته و دوره‌ای حفاری می‌کند. از این نظر انواع ماشینهای مورد استفاده در زهکشی را می‌توان مطابق جدول ۸-۱ طبقه‌بندی کرد.

جدول ۸-۱ ماشینهای با کار پیوسته و ناپیوسته (دوره‌ای)

پیوسته	ناپیوسته (دوره‌ای)
ماشین زهکشی ترنچلس	دراگلاین
ماشین ترنچر زنجیری	انواع بیلهای مکانیکی
ماشین ترنچر گردونه‌ای	
ماشین ترانشه‌زنی ذوزنقه‌ای	

قدرت ماشینهای مورد استفاده برای زهکشی بین ۵۰ تا ۵۰۰ اسب بخار متفاوت است. از این‌رو، تصمیم‌گیری در مورد ظرفیت ماشین مناسب برای یک کار معین غالباً به هزینه کارگر بستگی دارد. یک ماشین با قدرت ۵۰۰ اسب بخار، تقریباً همانند یک ماشین با

1- Hydraulic excavator

قدرت ۵۰ اسب بخار به کارگر و خدمه نیازمند است. هرچه کارگر گرانتر باشد، استفاده از ماشین بزرگتر، توجیه بیشتری پیدا می‌کند. ظرفیت ماشین معمولاً با توجه به مقدار کار موجود، محدودیت زمانی پیمانکار و همچنین تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای هزینه‌های استفاده از دو ماشین کوچکتر در مقابل یک ماشین بزرگتر معین می‌شود.

فاکتورهای عملکرد که بر کارکرد کلی یک ماشین اثر می‌گذارد را می‌توان به شکل زیر خلاصه کرد:

قابلیت‌های راننده	اثر بر روی ظرفیت نظری کار
عالی	۱/۰
خوب	۰/۹
متوسط	۰/۸
قابل قبول	۰/۷
ضعیف	۰/۶

آب و هوا	اثر برروی ظرفیت کار
روز روشن	۱/۰
شب	۰/۸
بارانی	۰/۸ - ۰/۵
یخ بندان	۰/۸ - ۰/۵

(فرض شده است که هنگامی که کارآیی ماشینها از ۵۰ درصد پایین‌تر بیاید، کار متوقف گردد.)

زمان کار مؤثر	اثر برروی ظرفیت نظری کار
۶۰ دقیقه در ساعت	۱/۰۰
۵۵ دقیقه در ساعت	۰/۹۱
۵۰ دقیقه در ساعت	۰/۸۳

آماده به کاربودن ماشین	اثربرروی ظرفیت‌نظری کار
ماشین نو	۰/۹ - ۰/۹۵
ماشین نیمه عمر	۰/۸۰ - ۰/۸۵
ماشین فرسوده	۰/۶۰ - ۰/۷۵
هر نوع ماشین با نگهداری نامناسب	۰/۶۰ - ۰/۷۵

مدیریت‌کارگاه	اثر برروی ظرفیت نظری کار
خوب تا عالی	۱/۰
متوسط	۰/۸
ضعیف	۰/۶

چرخش‌بازوی بیل‌و دراگلاین‌و عمق خاکبرداری		اثربروی ظرفیت‌نظری کار
چرخش بازو	۹۰درجه	۱/۰۰
	۴۵ درجه	۱/۲۶
	۱۸۰ درجه	۰/۷۱
عمق خاکبرداری	۱۰۰ سانتی‌متر	۱/۰۰
	۵۰ سانتی‌متر	۰/۸۵
	۱۵۰ سانتی‌متر	۰/۸۸

زمان انتظار - بیل‌ها، لودرها، و کامیونها	اثر بر روی ظرفیت نظری کار
بدون انتظار	۱/۰
۱۰٪ انتظار	۰/۹
۲۰٪ انتظار	۰/۸
۳۰٪ انتظار	۰/۷
۴۰٪ انتظار	۰/۶

نوع مصالح حفاری شده	اثر بر روی ظرفیت کار	
	فاکتورحجم‌بارگیری براساس تورم‌خاک	فاکتور پرشدن‌بیل
ماسه[1] خشک	۰/۹	۰/۶۰
ماسه‌خیس	۰/۹	۱/۰۰
لوم‌سیلتی	۰/۸	۱/۰۰
خاک‌توده‌شده‌سست	۰/۸	۱/۰۰
شن[2]	۰/۹	۱/۰۰
رس‌سخت	۰/۸	۰/۷۵
رس‌چسبنده‌خیس	۰/۸	۰/۶۰
موادسیمانی‌شده	۰/۷	۰/۸۵
سنگلاخ‌وریشه	۰/۶	۰/۸۰
سیلت،ماسه‌وشن‌یخ‌زده	۰/۶	۰/۷۰
سنگ‌خوب‌منفجرشده	۰/۶	۰/۷۰
سنگ‌بدمنفجرشده	۰/۵	۰/۵۰

برای برآورد هزینه می‌توان از برگ محاسباتی مانند شکل ۸-۱ استفاده کرد. شکل ۸-۲ اثر متغیرهای مربوط به بهره‌برداری ماشین را بر هزینه تجهیزات نشان می‌دهد.

درآمدها

درآمدهای یک طرح زهکشی به طور معمول شامل تولید محصولات کشاورزی و یا افزایش عملکرد آن است. اوستربان[3] روشی را به منظور تجزیه و تحلیل اثرات زهکشی بر

1- Sand

2- Gravel

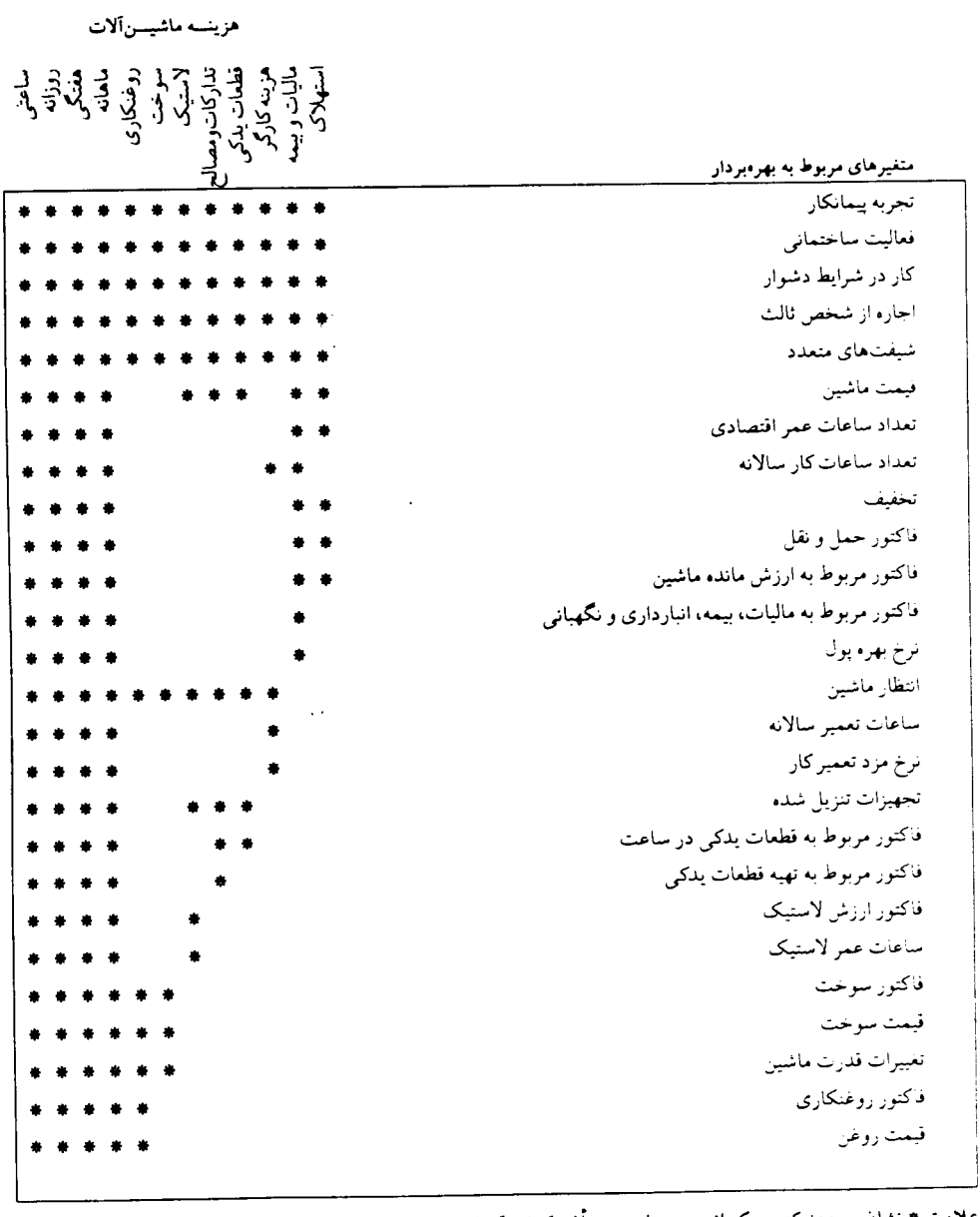
3- Oosterbaan

تاریخ:
نام کارخانه:
مـدل:

گروه فاکتورهای مؤثر:

۱- خرید ماشین	=	(هزینه‌های حمل) + (تخفیف) - (قیمت فروشنده)	= خریـد
۲- استهلاک	=	[(قیمت لاستیکها) - (ارزش مانده) - (هزینه خرید ماشین)] / (عمراقتصادی ماشین برحسب ساعت)	= استهلاک‌درساعت
۳- هزینه‌های سرمایه	=	(هزینه خرید ماشین) × [(مالیات‌وبیمه سالانه) + سود سرمایه] / (ساعات کار سالانه)	= هزینه سرمایه‌درساعت
۴- کارگر برای تعمیر	=	(هزینه کارگر در ساعت) × (تعداد ساعات تعمیر در سال) / (تعداد ساعات کار سالانه)	= کارگر در ساعت
۵- قطعات یدکی	=	(قیمت فروشنده) × (فاکتور ساعتی قطعات یدکی)	= قطعات یدکی در ساعت
۶- تدارکات	=	(هزینه ساعتی قطعات یدکی) × (فاکتور قطعه)	= تدارکات در ساعت
۷- لاستیک	=	(قیمت فروشنده) × (فاکتور مربوط به لاستیک) / (عمر لاستیک برحسب ساعت) یا (قیمت لاستیک) / (عمر لاستیک برحسب ساعت)	= لاستیک در ساعت
۸- سوخت	=	(قدرت موتور برحسب اسب بخار) × (فاکتور سوخت) × (میانگین قیمت هر لیتر سوخت)	= سوخت در ساعت
۹- روغن	=	(هزینه سوخت در هر ساعت) × (فاکتور روغن)	= روغن در ساعت
۱۰- جمع هزینه‌ها به ازای هر ساعت	=	جمع ردیفهای ۲ تا ۹	= جمـع

شکل ۸-۱- برگ محاسبه هزینه‌های ساعتی کار ماشین



علامت * نشان می‌دهد که هریک از هزینه‌ها تحت تأثیر کدام یک از متغیرهای مربوط به بهره‌بردار قرار دارد.

شکل ۸-۲- تأثیر متغیرهای مربوط به بهره‌برداری بر هزینه ماشین‌آلات

کشاورزی ارائه کرده است (اوستربان، ۱۹۸۳). طبق تعاریف این روش زهکشی زیرزمینی مجموعه‌ی کارهائی است که به دانشهای گوناگون از جمله موارد زیر مرتبط است:

- خاکشناسی و کشاورزی (تعادل آب سطحی و زیرزمینی، شرایط آبخوان)؛
- هیدرولیک (جریان آب زیرزمینی یا جریان آب در مجاری روباز)؛
- تکنولوژی (ماشین‌آلات و مواد)؛
- اقتصاد (رابطه درآمد - هزینه و تأمین اعتبار)؛
- جامعه شناسی (تشکلهای زارعین، قوانین، توزیع درآمد)؛
- محیط زیست (حفاظت آب و خاک، کیفیت منابع طبیعی، بوم‌شناسی

هدف اصلی زهکشی، عموماً این است که از طریق افزایش عملکرد، ایجاد شرایط مناسب برای کشت گیاهان پرارزش‌تر، کاهش هزینه‌ها و صعوبت‌های تولید، بازدهی زمینهای زراعی را افزایش دهد. در رسیدن به این هدف، زهکشی هم بصورت مستقیم و هم بطور غیر مستقیم از طریق زنجیره بزرگی از اثرات و پی‌آمدهای گوناگون اثر میگذارد. اثرات مستقیم زهکشی تنها به نوع سیستم زهکشی بستگی دارد، اما اثرات غیرمستقیم آن با عوامل دیگری نظیر آب و هوا، خاک، گیاه و روش کشت مرتبط می‌گردد. اثرات غیرمستقیم می‌تواند به صورت مثبت و یا منفی ارزش‌گذاری شود.

مهمترین اثرات مستقیم نصب و اجرای سیستم زهکشی عبارتست از:

- خارج ساختن آب اضافی زمین بوسیله سیستم زهکشی؛
- پایین بردن سطح سفره آب و یا کاهش درصد رطوبت در سطح خاک و نیز در عمق توسعه ریشه گیاهان زراعی.

میزان پائین بردن سطح آب زیرزمینی بر مقدار افزایش تولید محصول و درآمد اثر می‌گذارد وایجاب می‌کند تا در مورد مقدار مطلوب پایین بردن سطح سفره یا کاهش رطوبت اتخاذ تصمیم شود. چنین تصمیمی، خود بر انتخاب نوع و ظرفیت سیستم زهکشی تأثیر می‌گذارد. ظرفیت تخلیه جریان در سیستم زهکشی، به نتیجه این تصمیم

1- Ecology

وابسته است. بطور کلی ظرفیت مورد نیاز سیستم زهکشی عمدتاً به متغیرهای بیرونی یا طبیعی، نظیر بیلان آب زیر زمینی و هدایت هیدرولیکی لایه‌های آبدار وابسته است، اما در شرایطی که گیاهان زراعی رطوبت مورد نیاز خود را از آب زیرزمینی تامین می کند، میزان پایین بردن سطح سفره، یا بعبارت دیگر ذخیره آب در خاک، نیز باید مورد توجه قرار گیرد. برای بررسی اثرات کمّی گزینه‌های مختلف زهکشی بر کشاورزی، می‌توان گزینه های مختلفی را در نظر گرفته و تولید محصول را در هریک از آن گزینه‌ها برآورد نمود.

پارامترهای مهندسی، همانطور که در جدول ۸-۲ نشان داده شده، به نوع سیستم زهکشی بستگی دارد.

جدول ۸-۲ مثالهایی از پارامترهای مهندسی

نوع زهکشی	پارامترهای مهندسی
زیرزمینی، افقی	عمق و فاصله زهکشها، قطر لوله، مقادیر مورد نیاز لوله و مواد پوششی و غیره
زیرزمینی، چاه	عمق و فاصله چاهها، ظرفیت پمپ
سطحی	طول و شیب مزرعه
جمع‌کننده	مقطع، شیب کانالها

پارامترهای مهندسی معمولاً در اسناد مناقصه قید می‌شوند.

اثر پارامترهای مختلف مهندسی را می‌توان بصورت گام به گام بررسی کرد. بعنوان مثال می‌توان اثرات فاصله خطوط زهکشی در عملکرد آنها را از طریق تغییردادن فواصل خطوط، و اثرات اجرا یا عدم اجرای زهکشی را با مقایسه تولید در شرایطی که زهکشی صورت می‌گیرد با شرایطی که در آن زهکشی انجام نمی‌شود، مورد مطالعه قرار داد. اطلاعات مربوط به‌این بررسیهاتوسط ایروین[1] (۱۹۸۱)، بیلی[2] (۱۹۷۹) و ترافورد[3]

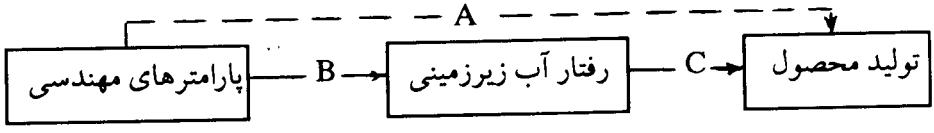
1- Irwin

2- Bailey

3- Trafford

(۱۹۷۲) منتشر گردیده است. مؤلف سوم داده‌های دیگران را مورد بررسی قرار داده و مواردی را که در آن، زهکشی سودی را عاید نکرده نشان داده است.

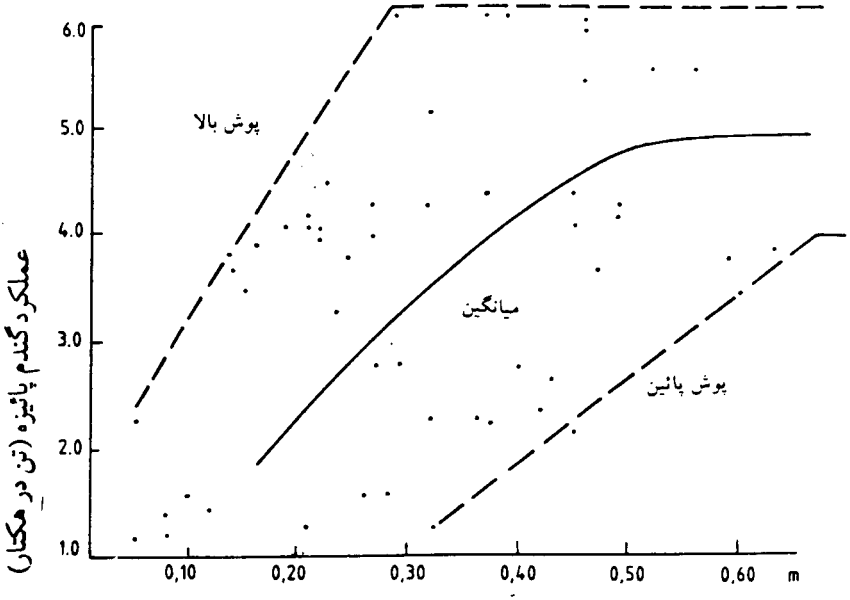
در شکل ۸-۳ چگونگی تغییرات سطح آب زیرزمینی بعنوان یک متغیر واسط بین پارامترهای مهندسی و عملکرد محصول بکار گرفته شده است. بطوریکه ملاحظه می‌شود قابلیت کاربرد نتایج تجربی را می‌توان با واردکردن متغیرها و روابط کمکی و افزودن آنها به متغیرهای مهندسی و تولید افزایش داد. رابطه B که در این شکل نشان دهنده اثر مستقیم زهکشی بر روی تغییرات آب زیرزمینی است، یک رابطه هیدرولیکی است و به صورت فرمولها و روابط مشخص قابل تعریف است. رابطه C نیز ارتباط عملکرد محصول با تغییرات عمق آب زیرزمینی را بیان می‌کند. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که با استفاده از فرمولها، روابط و متغیرهای کمکی (C و B) می‌توان ارتباط بین پارامترهای مهندسی و تولید محصول (A) را به شکل دقیقتر و جامعتری تعریف نمود.



شکل ۸-۳ رابطه بین متغیرهای مهندسی، رفتار سفره آب زیرزمینی و تولید محصول

یکی از معایب اینگونه ارزیابیها این است که بعلت دامنه وسیع تغییرات، متغیرهای طبیعی را نمی‌توان به آسانی ارزیابی کرد.

مثالی از رابطه C که ارتباط بین رفتار آب زیرزمینی و عملکرد محصول را بیان می‌کند در شکل ۸-۴ ارائه شده است. در این شکل، رفتار سفره آب زیرزمینی بوسیله مقدار متوسط تغییرات سطح سفره در فصل زمستان نشان داده شده است. داده‌های شکل ۸-۴ پراکندگی قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. متأسفانه این گونه روابط که انبوهی از اطلاعات را به دست می‌دهد و واقعیت‌ها را به وضوح می‌نمایاند و فاکتورهای جالب توجهی را ارائه می‌کند بندرت انتشار یافته است.

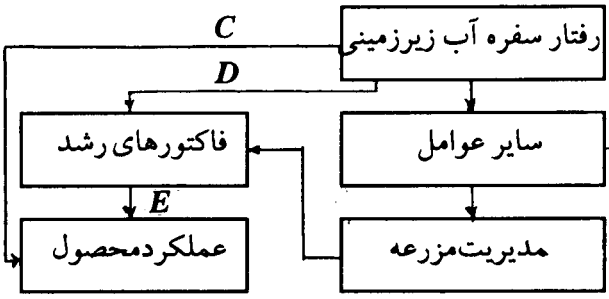


شکل ۸-۴ مثالی برای رابطه C در شکل ۸-۳، اثر عمق آب زیرزمینی بر تولید محصول در یک خاک رس سنگین براساس مشاهدات ۵ ساله (اطلاعات منتشر شده از FDEU انگلستان)

در طرحهای زهکشی، انجام مطالعاتی شبیه آنچه که در شکل ۸-۴ نشان داده شده از آن جهت اهمیت دارد که به کمک آنها می‌توان به یک تشخیص صحیح دست یافت.

رابطه C که برای یک منطقه ویژه بدست می‌آید، قابل انتقال به سایر مناطق نیست. برای جامع‌تر و همگانی‌ترکردن کاربرد آن، رابطه C را می‌توان به متغیرهای دیگری که نشان دهنده اثرات غیر مستقیم زهکشی است، تفکیک و به روابط کوچکتری تبدیل کرد.

نمونه‌ای از این روش در شکل ۸-۵ نشان داده شده است.

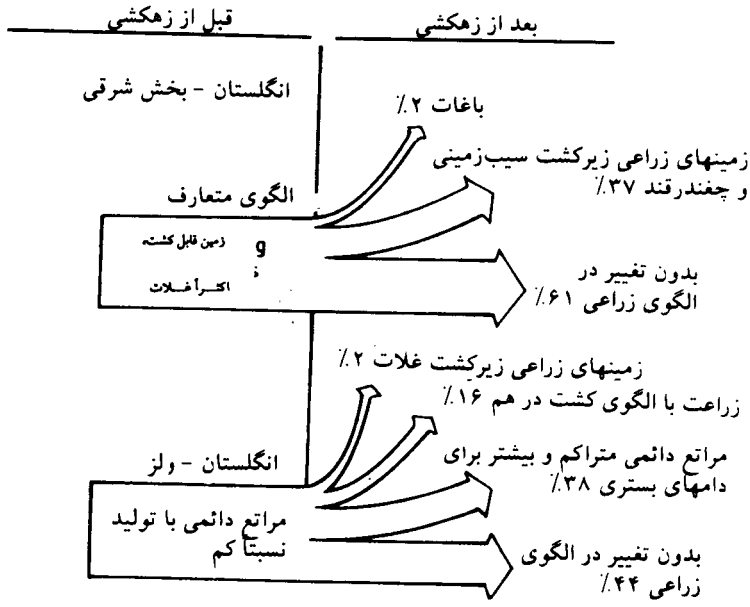


شکل ۸-۵ رابطه C در شکل ۸-۳که به روابط E, D و غیره شکسته شده است.

پس از بدست آوردن داده‌های تجربی کافی از طریق اندازه‌گیری و مشاهده پدیده‌ها و پیگیری نتایج و پس از مشخص ساختن دقیق روابط و توابع تولید،[1] می‌توان مدلهایی را ساخت که به کمک آنها بتوان تولید و عملکرد را پیشاپیش تخمین زد. توجه شود که مدلهای ساخته شده برای هر منطقه، تنها می‌تواند برای همان منطقه معتبر باشد.

مثالی از یک رابطه تجربی بین زهکشی و تغییر الگوی کشت در شکل ۸-۶ نشان داده شده است. این مثال از این‌رو آورده شده است که نشان داده شود که تغییرات الگوی کشت در انگلستان، نمی‌تواند بطور مستقیم در جایی دیگر بکار برده شود.

1- Production function



شکل ۸-۶ تغییر الگوی کشت در اثر زهکشی (ترافورد، ۱۹۷۲)

۸-۲ مثالهای تجربی

بمنظور ارائه مثالهای عملی از تجزیه و تحلیل "درآمد - هزینه‌ی" طرحهای زهکشی زیرزمینی، چند نمونه از تجربیات موجود مربوط به کشورهای مصر، فرانسه و هلند ذکر می‌گردد. این نمونه‌ها از نشریات و منابع موجود گرفته شده‌است و برای شرح بیشتر می‌توان به منابع مربوطه مراجعه کرد.

۸-۲-۱- مصر

القمری[1] (القمری، ۱۹۷۸)، تجزیه و تحلیلی از درآمد و هزینه طرحهای زهکشی مبتنی

1- Elghamry

بر روش «آمار ساخته شده[1]» بعمل آورده است که در این قسمت خلاصه‌ای از آن شرح داده می‌شود.

در مصر، یک برنامه عظیم زهکشی اراضی کشاورزی در حال اجراست. هدف اصلی این برنامه، بهینه‌سازی درآمد حاصل از کشاورزی از طریق احداث سیستم زهکشهای اصلی و فرعی و زهکشهای مزرعه می‌باشد. حدود دومیلیون هکتار از اراضی به این گونه شبکه‌ها مجهز خواهد شد.

سرمایه‌گذاری در این چنین برنامه‌ای نیازمند مطالعه دقیق فنی، اقتصادی و مالی است بنحوی که موجّه بودن هر بخش از طرح و در عین حال کل برنامه جامع را مشخص کند. در چنین سرمایه‌گذاریهایی، یقیناً مقداری خطر (ریسک) نیز وجود دارد. در این بررسی کوشش شده است تا حساسیت تجزیه و تحلیلهای اقتصادی در مقابل تغییرات احتمالی پارامترهای فیزیکی یا اقتصادی و یا مالی محاسبه گردد.

در مصر، طرحهای زهکشی معمولاً مشتمل بر ایستگاههای پمپاژ زهکشی، سیستم زهکشهای اصلی و بالاخره زهکشهای مزرعه است. سیستم زهکشهای اصلی خود شامل زهکشهای درجه یک و دو و سیستم زهکشی داخل مزرعه شامل زهکشهای مزرعه و جمع‌کننده‌هاست. شبکه زهکشهای مزرعه، اغلب بصورت زیرزمینی است. بطور معمول در هر طرح زهکشی، اجزای اضافی زیر نیز تدارک می‌شود :

- امکانات برای نگهداری و تعمیر تجهیزات فنی و ارائه آموزشهای مربوطه ؛
- تسهیلات حمل و نقل و دیگر امکانات برای خدمات ترویجی ؛
- تجهیزات نگهداری نظیر تجهیزات نگهداری زهکشهای زیرزمینی، دستگاههای خاکبرداری، دراگلاین‌ها، وسایل کنترل علفهای هرز و یا سموم علف‌کش ؛
- مشاوره و خدمات کارشناسان و تکنسینهای خارجی در مواقع لزوم.

طرحهای زهکشی، بویژه در مصر، نیازمند سرمایه‌گذاری گسترده دولت است و ایجاب می‌نماید تا در طراحی و تجزیه و تحلیل‌های طرح، " ریسک " را به حداقل رساند. به این منظور روشی بکار گرفته شده تا براساس پدیده‌های محتملی که بالقوه می توانند در

1- Stochastic

آینده اتفاق افتد، بازاء هریک از درجات مختلف موفقیت و یا شکست، یک احتمال وقوع برآورد شود. بدین ترتیب هر پدیده‌ای دارای یک تابع احتمالات[1] مشخص و یا تابع چگالی احتمال[2] معینی است. این روش، تابع احتمالات را برای شاخصهای اقتصادی‌ای نظیر نرخ بازده داخلی، ارزش حال و غیره، که مبنای تجزیه و تحلیل قرار می گیرد بدست می‌دهد. چنانچه این پدیده‌ها، توزیع خاصی نظیر توزیع درجه دوم، پوآسون[3] یا نرمال داشته باشد، احتمال وقوع آنها را در آینده می‌توان به آسانی پیش‌بینی نمود، در غیر این صورت، باید از روشهای حل عددی استفاده به عمل آورد.

مدل تحلیلی تابع تولیـد

روابط موجود بین اجزای یک فرآیند تولید که بر طبق آن گروهی از اجزای ستاده[4] (بردار ستاده) از گروهی از نهاده‌ها[5] (بردارنهاده) تولید گردد را تابع تولید گویند. تابع تولید به هر دو بردار بستگی دارد.

$$U = u(X,Y)$$

بردار نهاده شامل اجزای متعددی است که به آنها عناصر نهاده می‌گویند.

$$X = X_1 , X_2 , X_3 , ... , X_m$$

بردار ستاده نیز شامل گروهی از ستاده‌های مجزا (عناصر ستاده) است.

$$Y = Y_1 , Y_2 , Y_3 , ..., Y_n$$

نهاده‌های پروژه‌های زهکشی شامل سرمایه‌گذاری اولیه برای احداث شبکه، و نیز مخارج جایگزینی‌های دوره‌ای و هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری است. بردار ستاده، رشته‌ای از درآمدهایی است که در طول عمر طرح حاصل می‌گردد.

1- Probability function

2- Probability density function

3- Poisson

4- Output elements

5- Input elements

در فعالیت‌های کشاورزی، همواره عدم قطعیت‌هایی در فرآیند تولید، چه از جانب نهاده‌ها و چه از سوی ستاده‌ها وجود دارد. برای برآورد درآمد، نیاز به پیش‌بینی هزینه‌ها، مقدار تولید و قیمت محصولات است که همگی این پیش‌بینی‌ها خود در معرض عدم قطعیت قرار دارد. بنابراین، می‌توان چنین تصور کرد که هزینه‌ها، مقدار تولید و قیمت محصول، همگی متغیرهای تصادفی است. توابع احتمالی این متغیرها را می‌توان از بررسی وقایع گذشته بدست آورد و پس از آن به ارزیابی تابع احتمالی درآمد خالص پرداخت. برای محاسبه درآمد خالص طرحهای زهکشی، معمول این است که افزایش تولید ناشی از اجرای طرح زهکشی یعنی تفاوت عملکرد را برای دو وضعیت جداگانه «با وجود و یا بدون وجود زهکشی» تعیین نمود. برای تحقق چنین درآمد خالصی، باید هزینه‌هایی برای ساخت، بهره‌برداری و نگهداری اجزای مختلف طرح انجام داد.

در این مدل، برای ارزیابی ارزش حال درآمد خالص، روشهای تنزیل به کار رفته است.

ارزش حال درآمد خالص: $= \left[\sum_{i=1}^{L}\left[\sum_{j=1}^{M}(V_{ij} , P_{ij}).\ D_i - \left[\sum_{i=1}^{N} C_i\ D_i - \left[\sum_{i=1}^{L}(O_i+M_i).D_i\right.\right.\right.$

V_{ij} = افزایش عملکرد محصول j در سال i

P_{ij} = بهای واحد محصول j در سال i

D_i = فاکتور تنزیل در سال i

C_i = هزینه‌های سرمایه‌ای در سال i

$(O_i + M_i)$ = هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری در سال i

L = عمر طرح

M = تعداد گیاهان اصلی در الگوی کشت

N = تعداد سالهای دوره اجرا که هزینه‌های سرمایه‌ای در آن مصرف خواهد شد

V_{ij} و P_{ij} ماتریسهایی است که هریک دارای M ستون و L ردیف است. هریک از این ماتریسها، مجموعه‌ای با M×L مقدار می‌باشد. از آنجا که روش کار مبتنی بر پیش‌بینی و احتمال است برای هریک از عوامل V_{ij} و P_{ij} می‌توان بطور نامحدود مقادیری را درنظر گرفت. C_i برداری است که N عضو دارد. هرگاه C_i متغیر تصادفی فرض شود، مجموعه N می‌تواند هزینه‌های احتمالی طرح را نشان دهد.

روش کار بدین ترتیب است که ابتدا چگالی احتمال P , V و C مورد بررسی قرار گرفته و توابع مربوطه استخراج می‌شود و سپس با درنظر گرفتن توزیع احتمالی و بطور تصادفی مجموعه‌های مختلفی برای مقادیر V_{ij} , P_{ij} و C_i انتخاب می‌گردد. برای هریک از این مجموعه مقادیر، معادله تنزیل درآمد خالص اعمال می‌شود. این فرآیند در آزمونهای زیادی تکرار می‌گردد و نهایتاً میزان احتمال برای حصول مقادیر مختلف درآمدهای خالص تنزیل شده طرح بدست می‌آید.

کاربرد مدل در طرح اول زهکشی دلتای نیل

طرح اول زهکشی دلتای نیل، مساحتی حدود ۳۰۰۰۰۰ هکتار از اراضی ۱۷ حوضه آبریز کمربند جنوبی و میانی دلتای مذکور را در برمی‌گیرد. این اراضی دارای مشکل ماندابی بوده و عملیات زیر در آنها صورت گرفته است:

- احداث ۱۱ ایستگاه پمپاژ؛
- اصلاح حدود ۱۷۰۰ کیلومتر از زهکشهای اصلی روباز و سازه‌های مربوطه نظیر پل، کالورت و غیره؛
- نصب زهکش مزرعه در مساحت ۳۸۰۰۰۰ هکتار از اراضی فاریاب با وسایل مکانیکی ؛
- احداث ساختمانهایی برای نگهداری تجهیزات و آموزش کارکنان و رانندگان .

در این پروژه علاوه بر موارد فوق، وسایط نقلیه و امکانات آموزش کشاورزان برای مراکز ترویج کشاورزی، تجهیزات و لوازم برای نگهداری زهکشهای زیرزمینی و همچنین تسهیلات زندگی و اقامت برای تکنیسین‌ها و مشاورین نیز مهیا گردیده است.

هزینه‌های طرح

برآورد هزینه ایستگاههای پمپاژ و ماشین‌آلات مربوط به آن براساس قیمت تمام شده ایستگاههای مشابهی صورت گرفته است که بطور همزمان در دلتای نیل احداث گردیده است. مقادیر کار و نرخ تعمیق زهکشها به ترتیب از بررسی پروفیل زهکشها و قیمتهای

رایج در منطقه طرح تخمین زده شده‌است. هزینه کارگذاری زهکشهای مزرعه با استفاده از تجارب گذشته برآورد گردیده است. علاوه بر مقادیر فوق، ۱۰ درصد نیز بعنوان هزینه‌های متفرقه و پیش‌بینی نشده منظور شده است. هزینه‌های سرمایه‌ای طرح، با عنایت به موارد فوق بالغ بر ۱۴۷ میلیون دلار برآورد و پیش‌بینی شده است که بطور یکسان طی مدت ۷ سال هزینه گردد. از این‌رو، هزینه سرمایه‌ای سالانه طرح ۲۰ میلیون دلار در محاسبات طرح منظور شده است.

هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری ایستگاههای پمپاژ و سیستم زهکشی روباز طرح، با توجه به هزینه‌های واقعی طرحهای قبلی منطقه دلتا که عملیات مشابهی داشته است تخمین زده شده است. هزینه‌های نگهداری زهکشهای زیرزمینی براساس تجربیات موجود از مزارع نمونه‌ای که قبلاً احداث شده، برآورد گردیده است.

برآورد هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری شامل حقوق و دستمزد، سوخت، روغن، تعمیر، مواد مصرفی و تعویض قطعات پمپ و موتور می‌باشد. فرض شده است که هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری به میزان سالانه ۱/۶ میلیون دلار برای تمام طول عمر طرح ثابت باقی بماند. از این مبلغ، ۰/۸۴ میلیون دلار برای بهره‌برداری خواهد بود. تمامی ارقام فوق، مقادیر متوسط است. انحراف معیار C_i را می‌توان برابر ۰/۱ فرض کرد.

درآمدهای طرح

الگوی کشت در منطقه طرح از پنبه و برنج بعنوان گیاهان اصلی نقدینه‌ساز تشکیل یافته است. معمولاً بعد از پنبه، گندم و شبدر در زمستان کشت شده و پس از آن نیز در تابستان بعد ذرت کشت می‌گردد.

عملکرد محصولات عمده در دهه گذشته، علیرغم استفاده از گونه‌های اصلاح شده و افزایش مصرف کود و سایر نهاده‌ها و خدمات وابسته به آنها، تقریباً ثابت باقی مانده است. اطلاعات و داده‌های موجود نشان می‌دهد که عملکرد محصول به تدریج ولی بطور پیوسته کاهش یافته و کاهش محصول در مناطق شمالی طرح، که در آن امکانات زهکشی در معرض تخریب بیشتری قرار گرفته، بیش از مناطق جنوبی بوده است.

اثر زهکشی زیرزمینی

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که در سال سوم پس از تکمیل شبکه زهکشی، بطور محافظه کارانه یک افزایش ۲۰درصدی در عملکرد پیش خواهد آمد. در این محاسبه فرض شده است که در سال اول عملکرد برنج، پنبه، گندم و ذرت ۱۰ درصد؛ در سال دوم پنبه، برنج و گندم ۱۵ درصد و ذرت ۲۰ درصد؛ و در سال سوم پنبه، برنج و گندم ۲۰درصد و ذرت ۲۷ درصد افزایش یابد.

تغییرات عملکرد

عملکرد محصولات در اثر خسارات طبیعی، حمله حشرات، تغییرات عمق آب زیرزمینی و غیره تغییر می‌یابد. بنابراین، عدم قطعیت‌هایی در برآورد مقدار تولید وجود دارد و از این‌رو، عملکرد را می‌توان بعنوان یک متغیر تصادفی دا ست. مطالعات مقدماتی انجام شده بر روی توزیع آماری این متغیرهای تصادفی نشان داد که توزیعی نزدیک به توزیع گوس (نرمال) دارد. علاوه بر این برای ساده شدن محاسبات می‌توان فرض کرد که :

$$\frac{G_{vij}}{U_{vij}} = ۰/۲$$

که در آن G انحراف معیار، و U میانگین مقادیر پارامترهاست.

قیمت محصولات

برای شناخت روند تغییر قیمتها و تخمین قیمتهای آتی محصولات طرح، بررسی بازار جهانی پنبه، ذرت، برنج و گندم ضروری است. قبل از شروع پروژه نیز چنین تخمین‌هایی از روند قیمت‌ها شده بود ولی روشن است که از آن زمان تاکنون تغییرات فاحشی نسبت به قیمتهای متوسط رخ داده است. بدین ترتیب بعلت وجود پدیده‌ها و شرایط پیش‌بینی نشده، قیمتها نیز تغییرات تصادفی دارد. بمنظور ساده‌کردن محاسبات فرض شده است که توزیع احتمال در مورد قیمتها نیز نرمال باشد، یعنی :

$$\frac{GP_{ij}}{UP_{ij}} = ۰/۲$$

باید توجه داشت که قیمتهای محصولات زراعی به عوامل متعددی همچون بازار

جهانی، توسعه مواد سنتتیک (شیمیایی)، تولید در سایر کشورها، شرایط سیاسی، جنگ، اعتصابات، انقلابات جوی و غیره بستگی دارد.

نتایج

یک برنامه کامپیوتری برای محاسبه کل درآمدهای خالص تنزیل شده[1] (TDNB) مورد استفاده قرار گرفت. روش کار به اینگونه بود که ابتدا با استفاده از جدول اعداد تصادفی، مجموعه‌ای از مقادیر محتمل برای ماتریسهای P_{ij} ، V_{ij} و بردار C_i ساخته شد. عمر طرح ۳۶ سال درنظر گرفته شد و بنابراین هریک از ماتریسهای V_{ij} و P_{ij} دارای ۳۶×۴=۱۴۴ عضو یا مؤلفه بود. به این ترتیب درآمد سالانه طرح و متعاقباً درآمد ناخالص تنزیل شده محاسبه و بصورت جدول تنظیم گردید. به همین شکل، هزینه تنزیل شده نیز محاسبه و بصورت جدول تنظیم شد و نهایتاً درآمد خالص تنزیل شده برای هر سال و در پایان جمع جبری درآمدهای خالص تنزیل شده محاسبه گردید. این فرآیند ۲۰۰ بار تکرار شد و در هر بار با استفاده از جدول اعداد تصادفی، مقادیر تصادفی متفاوت ماتریسهای P_{ij} ، V_{ij} و بردار C_i بدست آمد.

ارزیابی نتایج

هدف اصلی مطالعه، ایجاد و ابداع ابزاری بود تا با کمک آن احتمالات مربوط به درجات و سطوح مختلف موفقیت یا شکست طرح بدست آید. نتایج حاصله نشان می‌دهد که عملاً با قبول بعضی فرضیات می‌توان مقدار TDNB را برآورد کرد. در این طرح این مقدار معادل ۲۲۲ میلیون دلار به دست آمد. انحراف معیار آن نیز G = ۱۸ میلیون دلار محاسبه گردید. نتایج حاصله با توزیع گوس (نرمال) برازش داشت. بنابراین می‌توان ضریب اعتماد[2] و احتمالات را از روابط زیر به دست آورد:

1- Total discounted net benefits

2- Confidence coefficient

$$\Pr\left(-a < \frac{x - u}{G} < a\right) = \text{ضریب اعتماد}$$

$$\Pr\left[(u - a.G) < X < (u + a.G)\right] = \text{ضریب اعتماد}$$

که در آن :

$u - a.G$ = حد پایین مقدار x

$u + a.G$ = حد بالای مقدار x

a = مقدار استاندارد (تراز) شده‌ای که نشان‌دهنده اهمیت طرح است.

X = مقدار TDNB

با فرض a برابر ۱، ۲، ۳، حدود مقادیر x و ضریب اعتماد به شرح زیر خواهد بود:

a	حد پایین	حد بالا	ضریب اعتماد
۱	۲۰۳	۲۴۰	۰/۶۸
۲	۱۸۵	۲۵۷	۰/۹۶
۳	۱۶۷	۲۷۶	۱/۰۰

چنانچه داده‌های لازم در دست باشد، این روش را می‌توان برای هر فرآیند تولیدی دیگری نیز به کار برد. توصیه شده است که این چنین مطالعاتی تنها در صورتی انجام شود که عدم قطعیت قابل ملاحظه‌ای نظیر مصرف جهانی، تغییرات تولید و قیمت در میان باشد.

از معایب مهم این روش، نیاز به داده‌های بسیار زیاد در مورد قیمتها و احتمالات مربوط به آن، آینده‌نگری در مورد قیمت، تولید و توزیع احتمال آن است.

چنانچه متغیرهای تصادفی تقریباً توزیع نرمال داشته باشد، محاسبات را می‌توان به میزان قابل توجهی ساده کرد. چنانچه توزیع احتمال، غیر نرمال باشد، باز هم می‌توان از این روش استفاده کرد ولی محاسبات بسیار پیچیده‌تر خواهد بود.

۸-۲-۲- فرانسه

در فرانسه، یک مطالعه تطبیقی انجام شده که در آن مجموع هزینه‌های نصب زهکش با ماشینهای مختلف با یکدیگر مقایسه گردیده است. در کلیه جداول این بخش و اطلاعاتی

که مورد بحث قرار می گیرد، قیمتها برحسب فرانک فرانسه است (مرلین و هروه[1] ۱۹۷۸).

جنبه‌های اقتصادی در برنامه‌ریزی فعالیت‌های سالانه

ماشینهای پیچیده امروزی بسیار گران بوده و به اپراتورهای ماهر نیازمند است. از سوی دیگر، سرعت نصب و عملکرد آنها بقدری زیاد است که نهایتا به‌کارگیری آنها از نظر اقتصادی به صرفه است. به همین علت، قیمتهای زهکشی از چند سال قبل تاکنون نسبتاً ثابت بوده و حتی هزینه‌های نصب در مناطق سنگلاخی کاهش یافته است.

پیمانکاران اروپایی دریافته‌اند که دوره کار سالانه بطور پیوسته رو به کاهش است، زیرا که دوره های فعالیتهای زراعی طولانی‌تر شده و سطح اراضی مرتعی نیز در حال کم‌شدن است. بنابراین تعداد طرحهایی که از آوریل (اواخر فروردین) تا اوایل اوت (شهریور) قابل اجراست، محدود می‌گردد.

الف - انجام کار با استفاده از ماشین ترنچر

تجهیزات به کار برده شده :	ترنچر	۱ دستگاه
	تراکتور	۱ دستگاه
	بولدوزر	۱ دستگاه
پرسنل :	سرکارگر	۱ نفر
	راننده	۲ نفر
	کارگر	۲ نفر

یک ماه کاری شامل ۲۱ روز ۸ ساعته است.

در مدت ده ماه با میانگین سرعت ۱۵۰۰ متر در روز، ۳۱۵۰۰۰ متر زهکش زیرزمینی با

1- Merlin and Herve

قطر ۵۰ میلیمتر را می‌توان نصب کرد. در اینصورت هزینه‌های کار به شرح زیر می‌باشد.

- هزینه تجهیزات ۲۳۷۵۰۰ فرانک فرانسه
- نگهداری تجهیزات ۱۵۱۰۰۰ فرانک فرانسه
- هزینه حمل و نقل ۶۷۲۵۰ فرانک فرانسه
- هزینه خرید لوله ۲۲۰۵۰۰ فرانک فرانسه
- هزینه پرسنل ۲۷۰۰۰۰ فرانک فرانسه
- متفرقه ۶۸۰۰۰ فرانک فرانسه
- هزینه کل ۱۰۱۴۲۵۰ فرانک فرانسه
- هزینه بازاء هر متر زهکش ۱۰۱۴۲۵۰ : ۳۱۵۰۰۰ = ۳/۲۲

اگر دوره کار ۸ ماه فرض شود، با میانگین سرعت ۱۵۰۰ متر در روز، ۲۵۲۰۰۰ متر زهکش زیرزمینی را می‌توان نصب کرد. در اینصورت هزینه ها به شرح زیر خواهد بود.

- هزینه تجهیزات ۲۳۷۵۰۰ فرانک فرانسه
- نگهداری تجهیزات ۱۲۰۶۰۰ فرانک فرانسه
- هزینه حمل و نقل ۵۵۹۰۰ فرانک فرانسه
- هزینه خرید لوله ۱۷۶۴۰۰ فرانک فرانسه
- هزینه پرسنل ۲۷۰۰۰۰ فرانک فرانسه
- متفرقه ۶۸۰۰۰ فرانک فرانسه
- هزینه کل ۹۲۸۴۰۰ فرانک فرانسه
- هزینه بازاء هر متر زهکش ۹۲۸۴۰۰ : ۲۵۲۰۰۰ = ۳/۶۸

ب - انجام کار با استفاده از ماشین زهکشی ترنچلس

از آنجا که ماشینهای زهکشی ترنچلس نسبت به ماشینهای ترنچر دارای سابقه کار کمتری است، برای تخمین اجزای مختلف هزینه آنها (نگهداری، حمل و نقل و غیره) باید دقت بیشتری به‌عمل آید. علاوه براین، باید تغییرات هزینه‌ها در سالهای مختلف را

نیز مورد توجه قرار داد.

در این حالت میانگین سرعت ماشین زهکشی ترنچلس، ۳۰۰۰متر در روز فرض می‌شود. زهکشهای جمع‌کننده که خواه نا خواه با ترنچر حفر می‌شود، ۱۵ درصد کل طول زهکشها را تشکیل می‌دهد. زمان نصب در هر سال معادل ۱۰ ماه(۲۱۰ روز) است.

طول زهکشهایی‌که باماشین ترنچلس نصب میشود: $۳۰۰۰ \times ۲۱۰ = ۶۳۰۰۰۰^{m}$ (۱)

طول زهکشهای جمع‌کننده که باترنچر اجرا میگردد: $(۱) \times ٪۱۵ = ۹۴۵۰۰^{m}$ (۲)

- هزینه‌های کار با ترنچر (بر مبنای ارقام حالت قبل برای ۳۱۵۰۰۰ متر)

- حمل و نقل	۶۷۲۵۰	فرانک فرانسه	
- هزینه تجهیزات	۲۳۷۰۰۰	فرانک فرانسه	
- حقوق و دستمزد	۲۱۶۰۰۰	فرانک فرانسه	
- نگهداری	۱۵۱۰۰۰	فرانک فرانسه	
- متفرقه	۶۸۰۰۰	فرانک فرانسه	
-جمع	۷۳۹۲۵۰	فرانک‌فرانسه	(۳)

- هزینه‌های کاربرای حالت «ب»:

$۲۲۱۷۷۵ = ۳۱۵۰۰۰ : (۲) \times (۳)$ (۴)

- هزینه لوله‌های جمع‌کننده: ۲۳۶۲۵۰ (۵)

- کل هزینه‌های کارباماشین‌ترنچر: ۴۵۸۰۲۵ (۵)+(۴) (۶)

- هزینه‌های کار با ماشین زهکشی ترنچلس

- حمل و نقل	۶۷۲۵۰	فرانک	
- هزینه تجهیزات	۳۳۶۷۸۹	فرانک	
- حقوق و دستمزد	۳۲۴۰۰۰	فرانک	
- نگهداری	۱۲۰۰۰۰	فرانک	
- لوله زهکشی	۴۴۱۰۰۰	فرانک	
- متفرقه	۶۸۰۰۰	فرانک	
- جمع	۱۳۵۷۰۳۹	فرانک	(۷)

- هزینه‌های کار بار بیل هیدرولیکی

- نصف کل مدت زمان کار از قرار ۸۰ فرانک در ساعت:

۶۷۲۰۰ (۸)

- کل هزینه ۱۸۸۲۲۶۴ (۸) + (۷) + (۶) (۹)

- بهای واحد ۲/۹۹ فرانک بر متر (۱):(۹)

چنانچه نصب در مدت ۸ ماه از سال انجام شود محاسبه هزینه ها به شکل زیر خواهد بود:

- زهکشهایی که با ماشین ترنچلس نصب می‌شود : $۳۰۰۰ \times ۱۶۸ = ۵۰۴۰۰۰^{m}$ (۱۰)

- زهکشهایی که با ترنچر نصب می‌شود : $(۱۰) \times ٪۱۵ = ۷۵۶۰۰^{m}$ (۱۱)

- هزینه‌های ترنچر

- هزینه‌های ماشین: ۱۸۷۴۸۵ = ۲ : (۱۱) × (۴) (۱۲)

- هزینه لوله‌های جمع‌کننده: ۱۸۹۰۰۰ (۱۳)

-کل هزینه‌های کارباترنچر: ۳۷۶۴۸۵= (۱۳)+(۱۲) (۱۴)

- هزینه‌های کار با ماشین زهکشی ترنچلس

- حمل و نقل	۶۷۲۵۰	فرانک
- حقوق و دستمزد	۳۲۴۰۰۰	فرانک
- هزینه تجهیزات	۳۳۶۷۸۹	فرانک
- نگهداری	۱۲۰۰۰۰	فرانک
- لوله زهکشی	۳۵۲۸۰۰	فرانک
- متفرقه	۶۸۰۰۰	فرانک
جمع	۱۲۶۸۸۳۹	فرانک (۱۵)

- هزینه‌های کار با بیل هیدرولیکی

- تخمین ۵۳۷۶۰ ۰/۸ × (۸) (۱۶)

- کل هزینه‌ها = ۱۶۹۹۰۸۴ (۱۶) + (۱۵) + (۱۴) (۱۷)

- بهای واحد فرانک درمتر ۳/۳۷ = (۱۷) : (۱۰)

پ - نتیجه گیری از محاسبات

نتایج بررسی‌ها و محاسبات فوق به شرح زیر مورد بحث قرار می گیرد:

- تغییرات در هزینه های اجرای کار، که در جدول زیر خلاصه شده است.

نوع	مدت				
	۸ ماه		۱۰ ماه		۸/۱۰ ماه
	مقدار	درصد	مقدار	درصد	درصد
ماشین ترنچر	۳/۶۸	۱۴/۳	۳/۲۲	۰	۱۴/۳
ماشین زهکشی ترنچلس	۳/۳۷	۴/۷	۲/۹۹	-۷/۱	۱۲/۷

جدول ۸-۳ هزینه کارگذاری هر متر طولی از زهکش

- فرصت زمانی موجود برای نصب در طول سال، اثر زیادی بر هزینه کارگذاری هر متر زهکش دارد. هنگامی که زمان از ۱۰ ماه به ۸ ماه کاهش یابد، هزینه نصب با ماشین ترنچلس ۱۲/۷ درصد و هزینه کارگذاری با ماشین ترنچر ۱۴/۳درصد افزایش می‌یابد. برای اینکه قیمت تمام شده کار ارزانتر باشد، لازم است کشاورزان برنامه فعالیتهای زراعی خود را با برنامه عملیات زهکشی هماهنگ سازند.

معمولاً طرحهایی که با ماشین زهکشی ترنچلس اجرا می‌گردد، ارزان‌تر تمام می‌شود. در جدول زیر این تفاوت ها نشان داده شده است .

جدول ۸-۴ هزینه اضافی استفاده از ماشین ترنچر در مقایسه با ماشین زهکشی ترنچلس

دوره کار	طول لوله جمع کننده	هزینه اضافی
هشت ماه	٪۱۵	٪۹/۲
ده ماه	٪۱۵	٪۷/۷

- با استفاده از جداول ۸-۴ و ۸-۵ می‌توان نقش زهکش جمع‌کننده را بر روی قیمت زهکشی به وسیله ماشین ترنچلس مشخص کرد. بمنظور کاهش هزینه، باید این موضوع را در طراحی پروژه مدنظر قرار داد که طول زهکش جمع‌کننده تا حد امکان محدود گردد. بعنوان مثال، هرگاه طول زهکشهای جمع‌کننده کمتر از ٪۱۲ طول زهکشهای مزرعه باشد، هزینه تمام شده واحد طول برای دوران کار ۱۰ و ۸ ماهه به ترتیب به ۲/۹۳ و ۳/۲۹ فرانک کاهش می‌یابد.
- در محاسبه هزینه‌ها، سختی کار مورد توجه قرار نگرفته است. در اراضی سنگلاخ، ممکن است استفاده از ترنچر موجب واردشدن صدمات بیشتری به ماشین نسبت به استفاده از ماشین زهکشی ترنچلس گردد. علاوه بر این، در چنین شرایطی کیفیت نصب زهکش با استفاده از ماشین زهکشی ترنچلس بهتر نیز خواهد بود. در اراضی بسیار خشک

جدول ۸-۵ تأثیر زهکشهای جمع‌کننده بر هزینه زهکشی با ماشین ترنچلس (فرانک در متر)

مقدار زهکشهای جمع‌کننده	٪۱۵	٪۱۲	٪۱۰
دوره کار			
هشت ماه	۳/۳۷	۳/۲۹	۳/۲۵
ده ماه	۳/۰۰	۲/۹۳	۲/۸۸

نیز مسائل مشابهی می‌تواند بوجود آید. حتی مواردی را می‌توان یافت که در آن امکان کار ماشین ترنچر وجود ندارد. در این شرایط چنانچه ماشین زهکشی ترنچلس به کار برده شود، ممکن است لازم باشد تا قبل از نصب لوله زهکش، ماشین بصورت آزمایشی یک یا دوبار در مسیر مورد نظر کار کند.

تجزیه وتحلیل‌های انجام شده و نتایج حاصله تخمینی از میانگین هزینه‌ها در فرانسه در زمان مطالعه (۱۹۷۸) است. چنانچه کار در شرایطی سخت (از نظر خاک، توپوگرافی یا شکل قطعات) صورت گیرد طبیعتاً، هزینه‌ها نیز افزایش خواهد یافت.

۸-۲-۳- هلند

فن ویک[1] وفدس[2] مدلی را بر اساس شرایط هلند برای ارزیابی اثرات زهکشی ارائه کرده‌اند که بطور خلاصه در زیر تشریح می‌گردد.

در هلند، اکثر گیاهان زراعی تحت تأثیر آب زیرزمینی قرار دارد، بنابراین زهکشی همواره پیش نیاز کشاورزی است.

برای تجزیه و تحلیل درآمد - هزینه در طرحهای بهسازی اراضی، نه تنها دانستن هزینه‌ها ضرورت دارد، بلکه درآمدهای حاصل از اجرای زهکشی نیز باید مورد توجه قرار گیرد. محاسبه درآمدهای مالی، نیازمند داشتن اطلاعاتی در مورد اثرات زهکشی بر عملکرد گیاهان است. احداث مزارع آزمایشی برای کسب اینگونه اطلاعات، به آسانی امکانپذیر نیست زیرا نه تنها به سرمایه‌گذاری زیادی نیازمند است، بلکه محتاج زمان زیادی برای مشاهده، اندازه‌گیری و ثبت داده‌ها نیز می‌باشد. برای اینکه این اطلاعات با هزینه کمتر و در فرصتی کوتاه‌تر بدست آید، یک مدل جامع ارائه و اجرا گردیده است. این مدل، محاسبه اثرات زهکشی را بر روی گیاه در طول سالهای متوالی و برای خاکهای مختلف امکانپذیر می‌سازد. اثرات زهکشی بمنظور استفاده در مدل به مؤلفه‌ها و اجزای

1- Van Wijk 2- Feddes

مختلفی تقسیم شده است.

بمنظور بررسی بهتر اثرات زهکشی بر عملکرد گیاه، این اثرات در زمستان و بهار و همچنین در تابستان و پاییز بصورت مجزا مورد توجه قرار می‌گیرد. اساساً چگونگی وضعیت زهکشی در فصل بهار، زمان کشت اراضی زراعی را تعیین می‌کند. اگر عملکرد زهکشی ضعیف باشد، بعلت رطوبت زیاد لایه‌های سطحی خاک، عملیات تهیه زمین و کشت بذر و نشا به تعویق می‌افتد و موجب کوتاه‌شدن فصل رشد و کاهش عملکرد می‌گردد. اجرای عملیات تهیه زمین در شرایطی که خاک مرطوب باشد، بستری نامطلوب ایجاد می‌کند که به کار و انرژی بیشتری نیازمند است. هنگامی که تمامی قطعات مزرعه مرطوب باشد، ضرورت ایجاب می کند که به محض آماده شدن شرایط، عملیات زراعی را در زمان بسیار کوتاهی انجام داد. این امر بر نیروی کار و ظرفیت ماشین‌آلات مورد نیاز تأثیر می‌گذارد.

زهکشی موجب پایین‌افتادن سطح آب زیرزمینی شده و رطوبت خاک را کاهش می‌دهد. در بهار، چنانچه رطوبت لایه سطحی خیلی کم باشد، ممکن است که جوانه‌زنی بذر یا قلمه به تعویق افتاده و یا اصولاً باشکست مواجه گردد. در خاکهایی که بیش از حد زهکشی شده باشد، برخورداری گیاه از آب سفره زیرزمینی بسیار پایین است. چنانچه در فصل رشد، مقدار آب در دسترس کاهش پذیرد، از مقدار تبخیر - تعرق کاسته شده و موجب کاهش عملکرد گیاه می‌گردد. از این‌رو باید دو حد برای وضعیت سطح آب زیرزمینی در نظر گرفته شود؛ حد بالا برای بوجود آوردن امکانات تهویه در منطقه ریشه و نیز خشک‌کردن سطح زمین بنحوی که امکان کشت را فراهم کند؛ و حد پایین بطوری که بتواند نیاز آبی گیاه را تأمین نماید. وضعیت مطلوب آب زیرزمینی وقتی است که بین دو حد مزبور قرار گیرد.

در مراتع دائمی، مدیریت آب در فصل رشد از اهمیت زیادی برخوردار بوده و در ایجاد امکانات برای بهره‌برداری از مرتع بسیار مؤثر است. برای گاوداریهای مدرن، لازم است که مرتع کشت شده در تمام مدت سال توانایی تحمل چرای دامها را داشته باشد. همین نکته، تا حدود زیادی زمان پاشیدن کود ازته و کود دامی را در بهار تعیین می‌کند. کاربرد دیر هنگام کود موجب تأخیر رشد و تعویق آغاز فصل چرا می‌گردد. بالابودن سطح

آب زیرزمینی نه تنها عملکرد مرتع را کاهش می‌دهد، بلکه بعلت فشار حاصله از چرای حیوانات در شرایط رطوبتی زیاد، موجب تخریب مرتع نیز می‌شود.

پدیده‌هایی که به آنها اشاره شد، بمنظور برآورد تأثیر زهکشی بر عملکرد نهایی محصول، دریک مدل ریاضی جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

روش مدل ترکیبی

شبیه‌سازی رژیم رطوبت خاک در فصول بهار و پائیز

تاریخ شروع کشت و خاتمه بهره‌برداری از اراضی زراعی و مراتع به مقاومت و پایداری خاک در مقابل عبور و مرور دامها و ماشین‌آلات بستگی دارد. قابلیت کار بر روی زمین، به رطوبت خاک بستگی داشته و بنابراین برحسب تغییرات آب و هوایی تابع زمان و مکان است. بطور کلی برای رطوبت موجود در خاک حدی وجود دارد که پایین‌تر از آن نمی‌توان عملیات زراعی را انجام داد. با داشتن این حد رطوبتی در لایه رویی خاک و دانستن مقادیر بحرانی آن برای خاکهای مشخص، می‌توان تعداد روزهای قابل کشت و زرع را معین کرد. فن ویک و فدس مدل هیدرولیکی ابداع شده توسط وبند[1] (۱۹۷۲) را مورد استفاده قرار دادند. در این مدل با استفاده از مقادیر اختلاف بین بارش و تبخیر، مقادیر رطوبت در لایه‌های مختلف خاک و نیز وضعیت سطح ایستابی و تغییرات آنها بدست می‌آید.

شبیه‌سازی تبخیر و تعرق در فصل رشد

در تابستان، کاهش تبخیر و تعرق پتانسیل موجب کاهش عملکرد گیاه می‌گردد. در غلات تابستانه، خشکی، بویژه چنانچه مقارن با گذر گیاه از مرحله رشد رویشی به مرحله زایشی باشد، عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. عملکرد غلات به تعرق نسبی (نسبت تبخیر - تعرق واقعی به تبخیر - تعرق پتانسیل) و فشار رطوبت خاک در منطقه ریشه بستگی دارد.

1- Wind

بمنظور محاسبه تبخیر - تعرق نسبی در طول فصل رشد، از مدل ریتِما[1] (۱۹۷۱) استفاده شد. در این مدل، تبخیر - تعرق واقعی از بیلان آب در ناحیه ریشه محاسبه می‌شود. در این مدل فرض شده است که تا هنگامی که فشار آب در داخل خاک از حد معینی پایین‌تر نرود، مقدار تبخیر - تعرق، معادل تبخیر - تعرق پتانسیل خواهد بود. با گذشتن از این حد، میزان تبخیر - تعرق کاهش می‌یابد.

اطلاعات حاصل شده از مدل شامل مقادیر واقعی تبخیر - تعرق، عمق سطح ایستابی و فشار رطوبت در منطقه ریشه و در تحت‌الارض است.

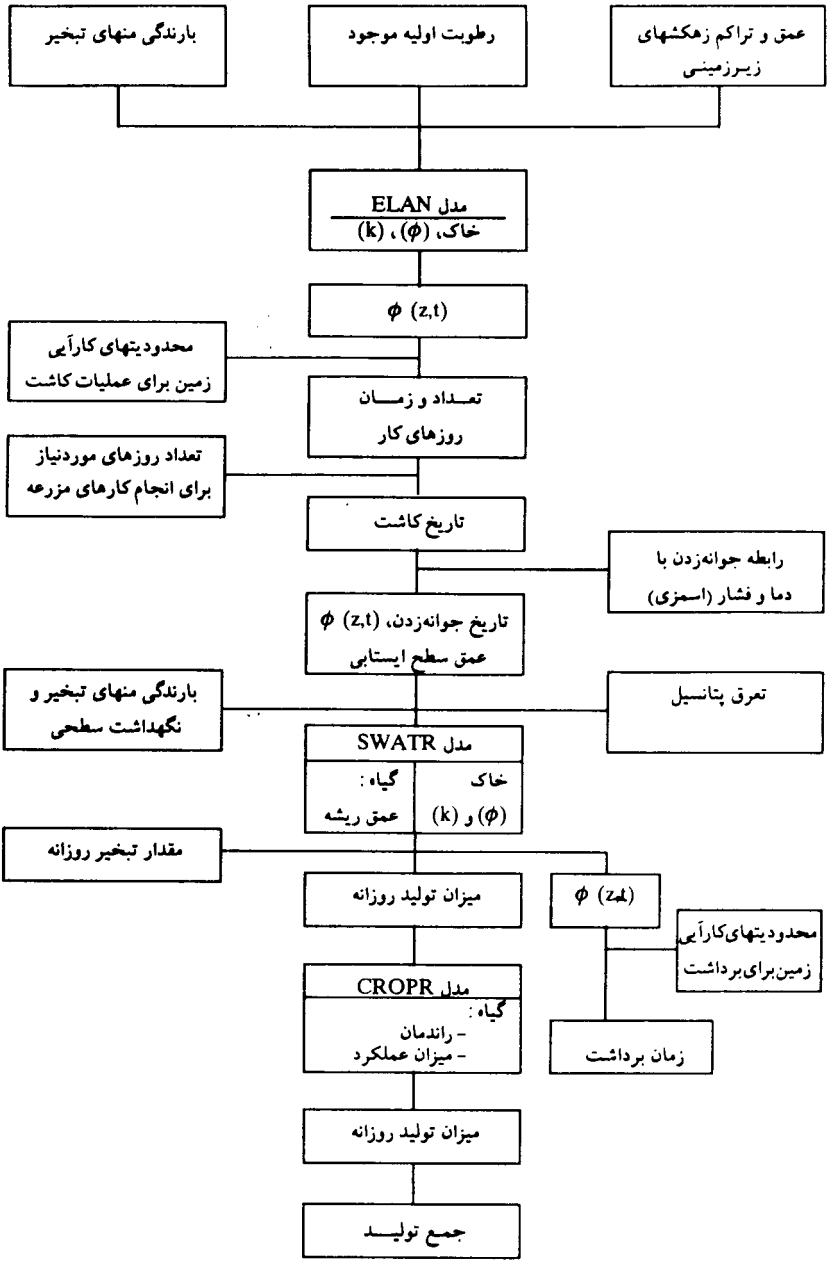
ترکیب مدلها

ترکیبی از مدل قابلیت کارآئی[2] زمین و تبخیر - تعرق، با نوع داده‌های ورودی و خروجی در شکل ۸-۷ نشان داده شده است. تعداد روزهای کار و زمان آن برای چند سال با کمک مدل قابلیت کارآئی مشخص گردید. از این داده‌ها، کاهش عملکرد اراضی زراعی ناشی از تأخیر در تاریخ کاشت در بهار بدست آمد. سپس با کمک مدل تبخیر - تعرق، میزان تبخیر - تعرق واقعی در طول فصل رشد محاسبه گردید. با اعمال کاهش عملکردی که تحت تأثیر شرایط غالب آب و هوایی پیش می‌آید، می‌توان عملکرد واقعی را با کمک مدل قابلیت کارآئی به دست آورد.

با کمک مدل قابلیت کارآئی، تعداد روزهای کار و زمان آن در پائیز را نیز می‌توان مشخص ساخت. با دانستن تعداد روزهای لازم برای برداشت محصول، تاریخ خاتمه برداشت و همچنین کاهش عملکرد را می‌توان بدست آورد.

1- Rijtema

2- Workability model



شکل ۸-۷ جریان کار در روش مدل ترکیبی برای محاسبه اثر زهکشی زیرزمینی بر عملکرد اراضی قابل کشت و مراتع (فن ویک و فدس، ۱۹۸۱)

فهرست منابع

Advisory panel for land drainage in Egypt, 1983;
Workshop on economic evaluation of drainage projects;
Working Documents;
Lelystad, The Netherlands.

Baily, A.D., 1979;
Benefits from drainage on clay soils;
Paper no. 79 - 2549 presented before ASAE winter meeting.

Irwin, R.W., 1981;
On farm drainage benefit;
University of Guelph, Canada.

Merlin, S. and Herve, J.J., 1978;
Economy of drainage projects (French);
Tenth Congress on Irrigation and Drainage, ICID;
New Delhi, India.

Oosterbaan, R.J., 1983;
Determining the effects of drainage on agriculture;
Workshop on economic evaluation of drainage projects;
Wageningen;
The Nederlands.

Osmar Ahmed Elghamry. 1978;
A stochastic approach for the evaluation of drainage projects;
Transactions of the Athens Congress;
International Commission on Irrigation and Drainage ;
New Dehli, India.

Rijtema, P.E., 1971 ;
A Calculation method for the determination of damage in agriculture due to groundwater extraction (Dutch);
Note ICW 587. pp. 63.

Samia el Guindi, 1983;
Methodology of the economic evaluation programme of DRI;
Workshop on economic evaluation of drainage projects;
Working documents;
Lelystad, The Netherlands.

Trafford, B.D., 1972;
The evidence in literature for increased yields due to drainage ;
FDEU Tech. Bull. 72/5;
Cambridge, United Kingdom.

Van Wijk, A.L.M, and R.A. Feddes, 1981;
A model approach to the evaluation of drainage effects ;
Land Drainage Seminar;
Cambridge, United Kingdom;

Wind, G.P., 1972.
A hydraulic model for simulation of non - hysteretic vertical unsaturated flow of moisture in soils;
Journal of Hydrology 15 : 227-246.

پیوست شماره ۱

فرهنگ لغات و اصطلاحات مربوط به زهکشی زیرزمینی

این فرهنگ لغات توسط گروه کار زهکشی کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی (ICID) تهیه شده است. قسمت عمده این لغات و تعاریف از نشریات موجود زیر استخراج گردیده است.

- فرهنگ لغات چند زبانه کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی - ۱۹۶۷ ؛
- بولتن خاک FAO شماره ۵۵ ؛
- راه کار «ارزیابی اراضی برای کشاورزی»

در چند مورد تعاریف استخراج شده از نشریات فوق تغییر داده شده و تعدادی تعاریف جدید نیز به آنها اضافه گردیده است.

توده خاک Agglomerate

توده خاک متشکل از تعداد زیادی ذرات از قبیل کلوخ، منشور و ریزدانه

زمان زدگی Aging

تغییرات فیزیکی و شیمیایی یک ماده در طول زمان

امتداد Alignment

امتداد محور یک کانال، زهکش یا راه

خاک سدیمی Alkali soil

خاکی که دارای اسیدیته زیاد (pH بیش از ۸/۵) و یا درصد سدیم قابل تبادل بیش از ۱۵ درصد، و یا واجد هر دو خاصیت باشد. در اینگونه خاکها رشد محصولات زراعی کاهش می‌یابد.

خاک قلیایی Alkaline soil

خاکی که pH عصاره اشباعش بیشتر از ۷ باشد.

ناهمگن Anisotropic

خاکی که خصوصیات آن در جهات مختلف متفاوت باشد.

سفره آبدار Aquifer

لایه‌ای از زمین که متخلخل و آبدار باشد.

زهکشی شریانی Arterial drainage

شبکه زهکشی که در آن آبراهه‌های متعدد به صورت شاخه به شاخه منشعب می‌شود و یا به یکدیگر می‌پیوندد.

آب تحت فشار Artesian water

آب زیرزمینی که تحت فشار باشد و از شکافها یا سایر منافذ موجود در یک لایه نفوذناپذیر که روی لایه آبدار قرار گرفته بیرون تراود.

زهکشهای ساخته شده Artificial drains

زهکشهایی که بوسیله انسان ساخته می‌شود.

سیستم خودکار یا اتوماتیک Automatic system

سیستمی که شروع به کار و یا متوقف شدن آن از طریق یک سری ابزار ویژه و بدون دخالت انسان کنترل می‌شود.

بیل مکانیکی (بک‌هو) ،کج بیل Backhoe, Backshovel

نوعی ماشین حفاری است که نامش از کج بیل باغبانی گرفته شده و مانند آن بوسیله بازوئی که بطرف دستگاه کشیده می‌شود حفاری می‌کند.در سر بازوی بیل، جام حفاری مجهز به چنگال و یا تیغه‌های برنده قرار دارد.

واریختن خاک Backfill

پرکردن یک ترانشه و یا گود اطراف یک ساختمان با خاک

لایه‌ی محدود کننده عمودی Barrier (vertical)

مانع عمودی در جهت حرکت افقی آب زیرزمینی

لایه محدود کننده افقی Barrier (horizontal)

لایه ناتراوا که مانع حرکت عمودی آب زیرزمینی باشد.

بستر زهکش Bedding of drain

مصالح نرمی که بستر استقرار لوله‌های زیرزمینی قرار می‌گیرد.

زهکش کور Blind drain

نوعی زهکش که با پرکردن ترانشه بوسیله مصالح تراوا مانند شن درشت، و سنگ شکسته ساخته می‌شود. در این نوع زهکش آب از خلل و فرج این مصالح عبورکرده وبه سمت تخلیه‌گاه جریان می‌یابد. به این نوع زهکش، زهکش فرانسوی نیز اطلاق می‌شود زیرا اولین بار در کشور فرانسه احداث و ابداع شده است.

شاخص (ویژه حفاری ترانشه) Boning rod

یک میله T شکل برای کنترل عمق زهکش

زهکش فرعی Branch drain

زهکشی که آب چند رشته زهکش جمع‌کننده را به یک زهکش دیگر به زهکش اصلی هدایت می‌نماید.

بولدوزر Bulldozer

ماشینی که جلو آن یک تیغه حفاری نصب شده و ضمن حرکت به جلو حفاری می‌کند.

Bulk density

جرم مخصوص ظاهری

جرم در واحد حجم خاک دست نخورده.

Capillary fringe

حاشیه موئینه‌ای

منطقه‌ای بلافاصله بالای سطح ایستابی که در آن آب، بعلت خواص موئینگی، بالاتر از سطح ایستابی قرار می‌گیرد.

Carrier drain

زهکش جمع‌کننده

به "Collector drain" مراجعه شود.

Capillary rise

خیز موئینه‌ای

خیزش آب در خاک، بالاتر از سطح ایستابی، در اثر نیروی موئینگی.

Catchment

حوزه آبخیز

پهنه‌ای است که تمام رواناب ناشی از بارش بر روی آن را یک رودخانه، آبرو، دریاچه ویا مخزن سد دریافت می‌نماید.

Cation exchange

تبادل کاتیون

مبادله کاتیون بین یک محلول و سطوح باردار ذرات خاک

Cation exchange capacity

ظرفیت تبادل کاتیونی

مقدار کل کاتیونی که یک خاک می‌تواند از طریق مبادله یونی جذب نماید و معمولاً بر حسب میلی‌اکی والان درصد گرم خاک بیان می‌شود.

Certainty

قطعیت - حتمیت

قطعیت و اطمینان کامل بر وقوع یک پدیده

رس Clay

ذرات‌بسیار ریز خاک که کم‌وبیش خاصیت چسبندگی داشته و در اثر مرطوب‌شدن حالت خمیری پیدا کرده و خواص کلوئیدی از خود ظاهر می‌کنند. بر طبق طبقه‌بندی انجمن بین‌المللی علوم خاک، قطر ذرات رس غالباً کوچکتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر است.

لوله سفالی یا تنبوشه Clay tile

قطعات کوتاه لوله ساخته شده از رس که در کوره خشک می‌شود و برای زهکشی زیرزمینی بکار می‌رود.

گرفتگی Clogging

بندآمدن جریان آب از محل درز لوله‌ای سفالی و یا سوراخهای لوله‌های پلاستیک زهکشی و یا بسته‌شدن زهکشها بوسیله لای، ماسه، ریشه درختان و غیره

پشم نارگیل Cocos

پشم نارگیل که جهت پوشش لوله‌های پلاستیکی زهکش بکار برده می‌شود.

چسبندگی بین ذرات Cohesion

مقاومت ذاتی ذرات در مقابل نیرویی‌که برای جداکردن آنهاازیکدیگر بکارمی‌رود.

خاک غیرچسبنده Cohesionless soil

خاکی که قدرت چسبندگی کمی(چه درحالت خشک و یا مرطوب) داردمانند شن و ماسه

زهکش جمع‌کننده Collector drain, Collector ditch

لوله و یا مجرای روبازی که زه‌آبها را از زهکشهای مزرعه جمع‌آوری و به زهکش فرعی و یا اصلی تخلیه می‌کند.

شبکه مختلط Composite system

تلفیق چند نوع شبکه با یکدیگر مثلاً شبکه‌ی نرده‌ای و اسکلت ماهی .

مجرای آب Conduit

مسیر سرپوشیده که برای انتقال آب بکار رود.

لوله پلاستیک خرطومی Corrugated plastic pipe

لوله‌های پلاستیکی که شیارهای محیطی متناوبی در آن ایجاد شده تا لوله را از جهت طولی انعطاف‌پذیر و در جهت عرضی مقاوم سازد.

گرادیان هیدرولیکی بحرانی Critical hydraulic gradient

گرادیان هیدرولیکی که در آن مقاومت هیدرودینامیکی معادل وزن مخصوص خاک می‌شود.

خط تراز مبنا Datum line

یک خط افقی فرضی که ارتفاعات و عمقها نسبت به آن سنجیده می‌شود.

عمق جریان طراحی Design flow depth

عمق آب در یک کانال و یا لوله وقتی که جریان طراحی از آن عبور می‌نماید.

ماشین لایروبی Desilting machine

ماشینی که برای جمع‌آوری رسوبات و علفهای هرز کانالهای آبیاری وزهکشی بکارمی‌رود.

نهر یا زهکش روباز Ditch

زهکش روباز مزرعه که یا نقش زهکش زیرزمینی یا زهکش جمع‌کننده و یا ترکیبی ازاین دو را بازی می‌کند.

Dragline

دراگلاین

نوعی وسیله حفاری که در آن جام حفاری بوسیله کابل جابجا می‌شود.

Drain, or channel

زهکش یا کانال زهکش

مجاری طبیعی یا مصنوعی برای خارج‌کردن آب اضافی زیرزمینی یا سطحی .

Drainable porosity

تخلخل مؤثر

حجم آب زهکشی شده از حجم مشخصی از خاک اشباع تحت تأثیر نیروی ثقل که بصورت درصد از کل حجم خاک اشباع بشرح زیر بیان می‌شود.

$$\text{تخلخل مؤثر} = \frac{\text{حجم آب زهکشی شده}}{\text{کل حجم خاک اشباع}} \times ۱۰۰$$

Drainage

زهکشی

خارج‌کردن آبهای اضافی سطحی و یا زیرزمینی از یک منطقه .

Drainage basin

حوزه آبخیز

به "Catchment" مراجعه شود.

Drainage coefficient

نمایه(ضریب) زهکشی

مقدار آبی که در مدت زمان معین از پهنه زهکشی خارج می‌شود و بطور معمول برحسب میلیمتر در روز (۲۴ ساعت) بیان می‌شود.

Drainage design rainfall

باران مبنای طرح زهکشی

میزان بارندگی در واحد زمان که در محاسبات میزان نمایه (ضریب) زهکشی بکار می‌رود.

Drainage design rate

شدت جریان طرح زهکشی

به "Drainage Coefficient" مراجعه شود.

راندمان زهکشی Drainage efficiency

نسبت حجم آب خارج شده از زهکشها به میزان بارندگی یا آبی‌که باید زهکشی‌شود.

اتصالات زهکشی Drainage fitting

لوازم مورد استفاده جهت اتصال لوله‌های زهکش زیرزمینی .

آب‌نگار(هیدروگراف) زهکشی Drainage hydrograph

به "hydrograph" مراجعه شود.

طرح یا شمای شبکه زهکشی Drainage pattern

ترکیب و نحوه آرایش‌آبراهه‌هادر شبکه زهکشی.

دوره(فصل) زهکشی Drainage season

دوره‌ای از سال که آب در سیستم زهکشی جریان دارد.

شبکه زهکشی Drainage system

مجموعه زهکشهای اصلی و درجه دوم و زهکشهای جمع‌کننده و انهار کوچک همراه با ساختمانهای آبی مربوطه .

ظرفیت زهکش Drain capacity

حداکثر جریان قابل انتقال از یک لوله یا کانال زهکشی .

مجرای زهکش Drain conduit

لوله زیرزمینی یا کانال روبسته برای عبور زه‌آب .

عمق زهکش Drain depth

فاصله عمودی بین سطح زمین و کف یک زهکش روباز و یا لوله زهکش. گاهی فاصله بین سطح زمین تا محور لوله زهکش به عنوان عمق زهکش تعریف می‌شود.

Drain pipe

لوله زهکش

لوله‌ای که برای حذب، انتقال و تخلیه زه‌آب بکار برده می‌شود.

Drainage pump sump

حوضچه پمپاژ زهکشی

حوضچه‌ای که زه‌آبها در آن جمع و سپس بوسیله پمپاژ تخلیه می‌شود.

Drain plow

خیش زهکشی

به "trenchless plow" مراجعه شود.

Drain spacing

فاصله زهکش

فاصله افقی بین محورهای زهکشهای مجاور یکدیگر

Drain tile

تنبوشه

لوله‌های کوتاه سفالی یا بتنی و یا امثال آنها که در زهکشی زیرزمینی بکار می‌رود.

Drain trench

ترانشه زهکش

کانال حفر شده برای قراردادن تنبوشه‌ها و یا لوله‌های زهکش

Drain tube

لوله زهکش

هر نوع لوله (معمولاً پلاستیکی) که برای زهکشی زیرزمینی بکار می‌رود.

Drawdown

افت

پائین رفتن سطح ایستابی یا کاهش فشار، دراثر بیرون رفتن آب زیرزمینی

Dry density

جرم مخصوص خشک

جرم خاک درواحد حجم آن براساس وزن خشک

دمپر Dumper

ماشین یا تراکتور مجهز به یک مخزن درقسمت جلوبرای حمل خاک وبار.

هدایت الکتریکی عصاره‌اشباع Electrical conductivity of the saturation extract

عکس مقاومت الکتریکی عصاره اشباع خاک در ۲۵ درجه سانتیگراد، که برای اندازه‌گیری میزان نمک موجود در محلول بکار می‌رود. با واحدهای دسی‌زیمنس بر متر، میلی زیمنس بر سانتیمتر و یا میکروزیمنس بر سانتیمتر بیان می‌گردد.

پوشش Envelope

مخلوطی از مواد تراوا که اطراف لوله‌زهکش و بمنظور جلوگیری‌از واردشدن ذرات خاک به داخل لوله و یا افزایش آبگذری محیط پیرامون لوله زهکش قرار داده می‌شود.

مقاومت ورودی Entrance resistance

مقاومت نسبت به عبور جریان آب از درز و یا سوراخهای لوله‌های زهکش که به سبب تقارب خطوط جریان ایجاد می‌گردد.

افت ورودی Entry loss

افت بار مرتبط با ورود آب از منافذ جدار به داخل لوله

خط هم پتانسیل Equipotential line

خطی فرضی در یک محیط جریان یکنواخت که مقدار بار هیدرولیکی برای تمام نقاط روی آن مساوی می‌باشد.

ماشین حفاری Excavator

وسایل مکانیکی برای حفاری و خاکبرداری

درصد سدیم تبادلی Exchangable sodium percentage (ESP)

درجه اشباع همتافت تبادلی خاک از سدیم که از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$ESP = \frac{\text{سدیم قابل تبادل (برحسب میلی‌اکی والان درصد گرم خاک)}}{\text{ظرفیت تبادل کاتیونی میلی‌اکی والان درصد گرم خاک}} \times ۱۰۰$$

زهکش مزرعه Farm drain

به "Field drain" مراجعه شود.

ظرفیت مزرعه Field capacity

مقدار آبی که پس از اشباع شدن خاک و بعد از اینکه آب قابل زهکشی دراثر نیروی ثقل از خاک خارج شد، در آن باقی می‌ماند.

نهرچه آبیاری مزرعه Field ditch

انهار کوچک که برای تأمین آب مزرعه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نهرچه زهکشی مزرعه Field drain

انهار روباز و یا لوله‌های زهکش که مستقیماً آبهای سطحی و یا زیرزمینی را از مزارع جمع‌آوری کرده و به زهکش جمع‌کننده تخلیه می‌کنند.

زهکشی مزرعه Field drainage

جمع‌آوری آب مازاد سطحی و یا زیرزمینی بوسیله شبکه زهکش‌های مزرعه .

سیستم زهکشی مزرعه Field drainage system

مجموعه شبکه زهکشی شامل زهکشهای مزرعه، جمع‌کننده‌ها و ساختمانهای مربوطه .

لوله زهکش مزرعه Field drain pipe

به "drain pipe" مراجعه شود.

چاهک بازبینی مزرعه Field inspection shaft

چاهک جهت بازبینی عملکرد لوله‌های زهکش مزرعه .

زهکش زیرزمینی مزرعه Field lateral

به "Field drain" مراجعه شود.

صافی Filter

قشری از شن و ماسه با دانه‌بندی مناسب جهت جلوگیری از ورود ذرات خاک به داخل لوله‌های زهکش زیرزمینی .

عمق جریان Flow depth

عمق آب جاری در یک نهر یا لوله .

شستشو - تنقیه Flushing

تخلیه رسوبات بوسیله جریان پرفشار آب .

لوله شستشو Flushing column

لوله‌ای که بمنظور تمیزکردن زهکش به دهانه ورودی آن متصل می‌شود.

ماشین شستشو Flushing machine

ماشینی که با استفاده از فشار آب برای تمیزکردن لوله‌های زهکش بکار می‌رود.

سطح آزاد Free surface

سطح آبی که در مجاورت فشار جوی واقع باشد.

آب آزاد Free water

آبی که تحت تأثیر نیروی ثقل در خاک جریان می‌یابد.

جویِ‌نشت - فارو Furrow

جویچه‌های کوچک که بین دو ردیف کشت ایجاد می‌شود.

شیب Grade

شیب برحسب درصد یا تغییر ارتفاع در واحد طول .

گریدر Grader

ماشینی که مجهز به یک تیغه افقی است و برای هموارکردن سطح زمین و جاده بکار می‌رود. تیغه ماشین می‌تواند خاک را در هریک از طرفین ماشین ریسه کند.

شیب Gradient

به "Grade" مراجعه شود.

تسطیح Grading

به "Levelling" مراجعه شود .

شن Gravel

مصالح سنگریزه‌ای بصورت گرد و یا گوشه‌دار به اندازه‌های بین ۲ تا ۲۰ میلیمتر

پوشش شنی Gravel envelope (gravel filter, gravel jacket, gravel pack)

لایه‌ای از ماسه درشت یا شن ریز به ضخامت حدود ۱۵۰-۵۰ میلیمتر که بطور کامل اطراف لوله‌های زهکش زیرزمینی ریخته می‌شود و منظور از آن نگهداری لوله، افزایش آبگذری محیط مجاور لوله و جلوگیری از ورود مواد رسوبی به داخل لوله است.

صافی شنی Gravel filter

به "Filter" مراجعه شود.

شبکه نرده‌ای - شبکه شانه‌ای Gridiron system

شبکه‌ای که در آن زهکشهای مزرعه بطور موازی قرار گرفته و فقط از یک سمت به زهکش جمع‌کننده تخلیه می‌شوند.

سیستم شبکه‌ای Grid system

شبکه‌بندی مربع مستطیلی، روشی برای تعیین موقعیت نقاط در سطح زمین برای بررسی ویژگیهای خاک و یا نصب چاهکهای مشاهداتی.

آب زیرزمینی Ground water

آبی که در زیرزمین و در سفره آبدار قرار داشته و چاهها، چشمه‌ها و قناتها از آن تغذیه می‌شوند.

شبکه اسکلت ماهی- جناقی Herringbone system

شبکه‌ای که در آن زهکش اصلی و زهکشهای جانبی مانند اسکلت ماهی به یکدیگر متصل می‌باشند.

هدایت هیدرولیک افقی Horizontal hydraulic conductivity

معیاری برای مشخص کردن سرعت حرکت افقی آب در خاک .

زهکشی زیر زمینی افقی Horizontal sub-surface drainage

هرگونه شبکه زهکشی افقی اعم از روباز یا لوله‌ای که بمنظور کنترل سطح ایستابی طرح شده باشد.

هدایت هیدرولیک Hydraulic conductivity

شدت جریان یک مایع از واحد سطح مقطع یک توده متخلخل با بار آبی واحد .

شیب آبی Hydraulic gradient

نسبت بار آبی در حد فاصل دو نقطه به فاصله بین آن دو نقطه.

بار آبی Hydraulic head

ارتفاع سطح آب در یک پیزومتر نسبت به یک سطح مبنا.

آب‌نگار (هیدروگراف) Hydrograph

نموداری که تغییرات سطح آب و یا شدت جریان آب را نسبت به زمان نشان می‌دهد.

لایه ناتراوا Impervious layer

به "Barrier (horizontal)" مراجعه شود.

بستر ناتراوا Impervious floor

بستر ناتراوا که اجازه نفوذ یا گذر آب را نمی‌دهد.

نفوذ سطحی Infiltration

جریان یا نفوذ آب از سطح زمین به درون خاک .

شدت نفوذ سطحی Infiltration rate

میزان آبی که در واحد زمان از سطح به درون خاک نفوذ می‌کند.

دهانه ورودی Inlet

دهانه ورود جریانهای سطحی به یک زهکش زیرزمینی، انتهای بالادست لوله زهکش که گاهی برای شستشوی زهکش از آن استفاده می‌شود.

چاهک بازرسی Inspection pit

چاهکی که در طول مسیر و یا محل اتصال چند رشته زهکش زیرزمینی بمنظور جمع‌آوری رسوب و بازرسی زهکشها ایجاد می‌شود.

زهکش حائل Intercepting drain

زهکش سطحی یا زیرزمینی که در پای اراضی شیبداریا به موازات کانال یا دراطراف مخزنی که از آن آب نشت می‌کند و بمنظور جلوگیری از نفوذ جریانهای زیرزمینی به مناطق دیگر احداث می‌شود.

سیستم زهکشی حائل Intercepting system

مجموعه‌ای از زهکشهای حایل که از نفوذ آب زیرزمینی از مناطق زهدار به زمینهای پایین‌دست جلوگیری می‌کنند.

زهکش حائل Interceptor drain

به "Intercepting drain" مراجعه شود.

همگن Isotropic

دارای خصوصیات یکسان در کلیه جهات .

وسیله شستشودهنده با فشار آب - تنقیه با فشارآب Jet cleaner

دستگاهی که با جریان پرفشار آب و برای شستشو و یا برطرف نمودن گرفتگی لوله‌های زیرزهکشی بکار برده می‌شود.

وسایل شستشو با فشار آب - وسایل تنقیه بافشار آب Jet pressure equipment

وسایل و تجهیزات ایجاد جریان پرفشار آب که بمنظور تمیزکردن لوله‌های زهکش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پمپ یا تلمبه شستشودهنده Jetting pump

تلمبه فشار قوی که برای تمیزکردن و شستشوی لوله‌های زهکشی از آن استفاده می‌شود.

لفاف پیچی اتصالات Joint wrapping

لفاف آغشته به قیر یا اسفالت، عایق پشم شیشه، کرباس که در محل اتصال بین دو لوله زهکشی بمنظور جلوگیری از ورود مواد رسوبی به دور لوله پیچیده می‌شود.

اتصال Junction

محل اتصال دویا چند رشته زهکش - محل اتصال زهکش زیرزمینی به زهکش روباز.

حوضچه اتصال Junction box

حوضچه، آدم‌رو یا سایر ساختمانهایی که برای اتصال دو یا چند رشته زهکش بکارمی‌رود.

جریان خطی Laminar flow

جریانی که در آن هر ذره موازی با ذرات دیگر حرکت می‌کند و افت بار آن تقریباً متناسب با توان اول سرعت آب می‌باشد.

زهکشی اراضی Land drainage

خارج‌کردن آبهای اضافی سطحی یا زیرزمینی از اراضی زراعی.

کنترل شیب با لیزر Laser grade control

کنترل شیب کارگذاری لوله زهکش با کمک اشعه لیزر.

زهکش مزرعه Lateral drain

به "Field drain" مراجعه شود.

آبشویی Leaching

خارج‌ساختن نمکهای محلول از خاک بوسیله گذراندن آب از آن.

آبشویی مورد نیاز - نیاز آبشویی Leaching requirement

مقدار آب مورد نیاز که بایستی از منطقه ریشه عبور نماید تا شوری خاک از حد معینی تجاوز نکند.

تسطیح Levelling

جابجانمودن خاک بمنظور مسطح و هموار نمودن زمین یا دادن شیب یکنواخت به آن .

زهکش اصلی Main drain

مجرای اصلی برای جمع‌آوری جریان آب از مجاری فرعی .

سیستم زهکشی اصلی Main drainage system

مجموعه زهکشهائی که آب زهکشی شده به وسیله زهکشهای مزرعه را جمع‌آوری و به تخلیه‌گاه انتهایی منتقل می‌نماید.

نگهداری Maintenance

عملیات مربوط به حفاظت ونگهداری انهار آبیاری، زهکشی،تأسیسات هیدرولیکی، راههای سرویس و یا تأسیسات دیگر،بطوریکه در وضع مناسب و قابل بهره‌برداری باقی بمانند.

چاهک بازرسی Manhole

چاهکهایی که در امتداد زهکشهای زیرزمینی احداث می‌شود و برای نگهداری وبازبینی لوله‌ها بکار می‌رود.

معدنی Mineral

مواد طبیعی که از درون زمین بدست آید.

درصد رطوبت خاک Moisture content

مقدار آب موجود در خاک که معمولاً به صورت درصد نسبت به وزن خاک خشک بیان می‌شود.

مخروط کله‌قندی - فشنگی Mole

دنباله بند فشنگ مانند که برای حفر زهکش زیرزمینی لانه‌موشی بکار می‌رود.

زهکش لانه موشی Mole drain

مجرای زهکشی همانند یک نقب کوچک که در زیرزمین احداث می‌شود.

خیش مخصوص زهکش لانه موشی Mole plow

خیشی است که دنباله‌بندی مانند فشنگ و یا مخروط کله‌قندی به آن متصل است و برای احداث زهکشهای لانه موشی بکار برده می‌شود.

سیستم زهکشی طبیعی Natural drainage system

سیستمی شامل آبراهه‌های طبیعی که آبهای سطحی یا زیرزمینی را جمع‌آوری و تخلیه می‌کند.

خاک سدیمی غیرشور Non - saline sodic soil

خاکی است که سدیم قابل تبادل زیاد ولی املاح محلول خیلی کمی دارد.

جریان غیریکنواخت Non uniform flow

جریانی که از نظر عمق، سطح مقطع، سرعت و شیب هیدرولیکی از یک نقطه به نقطه دیگر تغییر می‌یابد.

چاه مشاهده‌ای Observation well

چاهی که برای مشاهده و اندازه‌گیری تراز ایستابی یا سطح پیزومتری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

آبراه روباز - آبروی باز Open channel

آبرویی است که بصورت نهر روباز باشد.

زهکش روباز مزرعه Open field drain

ترانشه و یا جویی که بعنوان زهکش زیرزمینی عمل می‌نماید.

زهکشی با جویچه Open trench drainage

زهکشی بوسیله جویچه‌های روباز .

پوشش آلی Organic envelope

یک لایه از موادآلی نظیر پشم نارگیل، کاه و غیره که پیرامون لوله زهکش قرار داده می‌شود. (به envelope مراجعه شود).

خاک آلی Organic soil

خاکی که در آن مقدار ماده آلی به قدری باشد که مشخصات خاک را تحت تأثیر قرار دهد.

تخلیه‌گاه انتهایی Out fall

محل یا جائیکه یک نهر زهکش به یک زهکش بزرگتر، رودخانه و یا دریاچه و غیره تخلیه می‌گردد.

بده جریان خروجی Out flow yield

شدت جریان خروجی از یک سیستم زهکشی .

تخلیه‌گاه Outlet

به "Out fall" مراجعه شود.

آبراهه خروجی Outlet channel

آبراهه یا کانال زهکشی که جریان زهکشهای روباز و زیرزمینی و هرزآبها را جمع‌آوری و تخلیه نماید.

رواناب - هرزآب Overland flow

جریان آبهای ناشی از بارندگی در سطح زمین، پیش از آنکه به آبرو معینی برسد.

سیستم زهکشی موازی Parallel grid system

سیستم زهکشی که در آن زهکشها موازی یکدیگر احداث می‌گردد.

دانه‌بندی خاک Particle size distribution

دانه‌بندی ذرات خاک که معمولاً برحسب د، صد تجمعی ذرات بزرگتر و یاکوچکتراز یک سری الک‌های معین بیان می‌شود.

حداکثر جریان Peak flow

بیشترین شدت جریان در یک سیستم زهکشی .

تورب Peat

مواد آلی تجزیه نشده و یاکمی تجزیه شده که معمولاً در محیط مرطوب و بی هوا تشکیل می‌یابد.

لوله پلی‌اتیلن PE pipe

لوله ساخته شده از مواد پلی‌اتیلن (PE)

سطح ایستابی معلق Perched water table

سفره آبی که باگسترش محدود در بالای سفره اصلی آب زیرزمینی و به واسطه وجود یک لایه نسبتاً غیرقابل نفوذ تشکیل می‌گردد.

نفوذ Percolation

نوعی جریان آرام که در منافذ اشباع شده بین ذرات خاک برقرار می‌شود. تفاوت بین نفوذ و نشت آن است که نفوذ برای محیط اشباع ولی نشت برای محیط اشباع یا غیراشباع بکار می‌رود. همچنین تفاوت نفوذ سطحی و نفوذ آن است که اولی مربوط به نفوذ آب از سطح به داخل خاک است و حال‌آنکه نفوذ برای حرکت آب در داخل خاک بکار می‌رود.

شبکه سوراخها و منافذ Perforations

سوراخهایی که برای ورود آب در امتداد طول و پیرامون لوله‌های پلاستیکی زهکشی ایجاد می‌گردد.

تراوایی Permeability

خاصیت یک ماده که حرکت آب را در درون آن میسر می‌سازد.

تراوا Permeable

مواد رسوبی و یا متخلخل که آب می‌تواند در فضاهای خالی آن حرکت کند.

تراواسنج Permeameter

وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی تحت بار ثابت یا متغیر بکارمی‌رود.

تراوا Pervious

به "Permeable" مراجعه شود.

آب آزاد Phreatic water

به آب زیرزمینی گفته می‌شود که سطح آن آزاد بوده و تحت فشار نباشد.

سطح ایستابی آزاد Phreatic surface

حد بالا آمدن آب زیرزمینی قبل از اینکه تحت فشار قرار گیرد.

پیزومتر Piezometer

وسیله‌ای است برای اندازه‌گیری بار آبی که معمولاً بصورت یک لوله باریک در سفره آب زیرزمینی و یا مجرای آب نصب می‌شود.

بار پیزومتری Piezometric head

به "Hydraulic head" مراجعه شود.

تراز پیزومتری Piezometric level

تراز ایستابی در پیزومتر که نسبت به یک مبنای مشخص اندازه‌گیری شود.

سطح فشار Piezometric surface

بالاترین سطحی از یک سفره که تراز پیزومتری آن می‌تواند به آن سطح برسد.

لوله زهکش پلاستیکی Plastic drain pipe

لوله پلاستیکی که برای خارج‌کردن زه‌آب بکار برده می‌شود. لوله دارای سطحی صاف یا شیاردار و مشبک و یا غیرمشبک می‌باشد.

تخلخل Porosity

نسبت حجم فضاهای خالی در توده‌ای از یک ماده به حجم کلی آن توده که معمولاً برحسب درصد نشان‌داده می‌شود.

لوله پی وی سی PVC pipe

لوله‌ای که از ماده اولیه پولی وینیل کلرید (PVC)ساخته می‌شود.

سیستم زهکشی نامنظم Randon drainage system

سیستمی که در آن زهکشها تابع پستی و بلندی طبیعی زمین هستند.

تبدیل Reducer

قطعه‌ای که برای اتصال دو لوله با قطرهای مختلف بکار می‌رود.

زهکشی زیرزمینی Relief drainage

زهکش به صورت کانال روباز یا لوله‌ای و یا چاه که زه‌آب لایه‌های اشباع شده خاک را جمع‌آوری و تخلیه می‌کند. همچنین زهکشی تراوشی Seepage drainage نیز می‌نامند.

جریان برگشتی Return flow

آب مازاد بر مصرف که مجدداً به سیستم تامین آب آبیاری برمی‌گردد.

ضریب (نمایه) زبری Roughness coefficient

عاملی است در فرمولهای محاسبه سرعت جریان آب در کانالها و لوله‌ها که نشاندهنده اثر زبری جدار بر روی افت انرژی در حین حرکت آب می‌باشد.

خاک شور و قلیا Saline sodic soil

خاکی که سدیم تبادلی و همچنین نمکهای محلول آن زیاد و به اندازه‌ای باشد که رشد بیشتر گیاهان زراعی را کاهش دهد.

خاک شور Saline Soil

خاک غیر قلیا که نمکهای محلول آن زیاد و به اندازه‌ای باشد که رشد بیشتر گیاهان زراعی را کاهش دهد.

شوری Salinity

غلظت نسبی نمکهای محلول (معمولاً کلرور سدیم) در آب یا خاک .

ماسه Sand

مواد دانه ریز (بین ۰/۰۲ تا ۲ میلیمتر) که از خرد و یا شکسته شدن سنگها بوجود آمده‌اند.

ماسه‌گیر - رسوب‌گیر Sand trap, Silt trap

چاله های بتنی که در مسیر نهرها و یا لوله‌ها ساخته می‌شود تا مواد رسوبی در آن جمع‌آوری و سپس تخلیه شود.

ناحیه اشباع Saturated zone

خاک زیر تراز آب زیرزمینی که خلل و فرج آن از آب پر شده است.

عصاره اشباع Saturation extract

محلولی که از خمیر اشباع خاک استخراج می‌شود.

اسکریپر Scraper

ماشین خاکبرداری و حمل خاک که معمولاً برای تسطیح زمین بکار برده می‌شود.

نشت Seepage

نفوذ و حرکت آب از میان شکافها، سوراخها و درزها.

زهکشی زیرزمینی Seepage drainage

به (Relief drainage) مراجعه شود.

جریان نشتی Seepage flow

نفوذ و جریان آب به درون خاک که سبب زهدارشدن آن می‌گردد.

عمر کارکرد Service life

دوره زمانی که یک سازه بطور اقتصادی کار می‌کند و مشخصات طراحی شده خود را حفظ می‌نماید.

بیل Shovel

وسیله یا ماشینی برای کندن و بارکردن مواد .

مدخل جانبی - دهانه جانبی Side inlet

سازه‌ای برای ورود روان‌آبهای سطحی به درون زهکش روباز .

شبکه منفرد Singular system

شبکه زهکشی که در آن زهکشهای مزرعه مستقیماً وارد زهکش جمع‌کننده روباز می‌شود.

سوراخ - شکاف - منفذ Slot

به "Perforation" مراجعه شود.

خاک سدیمی Sodic Soil

خاکی که سدیم قابل تبادل آن زیاد و به اندازه‌ای است که رشد اکثر محصولات را مختل می‌نماید.

نسبت جذب سدیم Sodium adsorption ratio (SAR)

معیاری است برای نشان‌دادن فعالیت نسبی‌سدیم در واکنشهای تبادلی آب آبیاری و یا عصاره خاک و عبارتست از : $SAR = \frac{Na^{+}}{(Ca^{++} + Mg^{++})^{0.5}}$ که درآن غلظت یونها برحسب میلی‌اکی والان در لیتر بیان می‌شود.

آب خاک Soil Water

رطوبتی که در منطقه توسعه ریشه گیاهان وجود دارد و می‌تواند تبخیر شود و یا بوسیله گیاه جذب گردد.

بده ویژه Specific discharge

بده جریان در واحد سطح مقطع

آبدهی ویژه Specific yiels

نسبت بین حجم آبی که خاک پس از سیراب(اشباع) شدن در اثر نیروی وزن آزاد می‌کند به کل حجم خاک $\times ۱۰۰ \frac{\text{حجم آب زهکشی شده}}{\text{کل حجم خاک اشباع شده}} = S$ - نک به "Drainable porosity"

جریان ماندگار Steady flow

جریانی که در آن بده آب در هر نقطه معین نسبت به زمان ثابت است

ظرفیت ذخیره Storage capacity

حداکثر حجم آبی که خاک و یا سفره آبدار می‌تواند در خود نگهدارد.

لایه‌بندی یا طبقه‌بندی Stratification

لایه‌های خاک و طبقات زمین که برروی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آب زیرزمینی اثر می‌گذارند.

سازه Structure

ساختمانی که جهت کنترل آب آبیاری و یا زهکشی طراحی و احداث می‌گردد.

زهکش فرعی Submain drain

زهکشی است که آب زهکشهای جانبی را جمع می‌کند و به زهکش اصلی می‌ریزد.

جریان زیر بحرانی Subcritical flow

جریانی که سرعت آن از سرعت بحرانی کمتر است

خاک زیرین Subsoil

بخشی از خاک که زیر عمق شخم قرار دارد.

سیستم زهکشی زیرزمینی Subsurface drainage system

سیستم زهکشی (چاههای زهکشی، زهکشهای روباز و یا لوله‌های زهکشی) که برای کنترل سطح آب زیرزمینی بکار رود.

بهسازی خاک زیرین Subsoil amelioration

بهسازی خاک زیرین بوسیله کارهایی از قبیل شیار زدن (ریپر عمیق)، شخم عمیق و غیره و یا اضافه‌نمودن موادی که باعث بهبود ساختمان خاک گردد.

رواناب زیر سطحی Subsurface runoff

بخشی از بارش که در زمین تراویده و در زیر لایه سطحی خاک روان شده و به وسیله زهکشهای روباز و یا زیرزمینی جمع‌آوری می‌گردد.

جریان سطحی - رواناب Surface flow

آب جریان یافته روی سطح زمین

مواد پوششی مصنوعی Synthetic envelope material

مواد ساخته شده مصنوعی از قبیل نایلون پولی پروپیلن و یا پولی استر که اطراف لوله‌های زهکشی و بمنظور جلوگیری‌از ورود ذرات خاک به درون لوله ها قرار داده می‌شود .

زهکش لوله‌ای (سفالی - سیمانی) Tile drain

زهکش زیرزمینی که با استفاده از تنبوشه سفالی و یا لوله‌های بتنی احداث شود.

بار کل Total head

مجموع انرژی که بصورت فشار، سرعت و ارتفاع در یک سیستم سیال وجود دارد.

رواداری Tolerance

محدوده تغییرات مجاز برای اندازه‌های معین شده در مشخصات فنی.

قابلیت انتقال Transmissivity

حاصلضرب همگر تراوایی در ضخامت بخش آبدار سفره آبدار (T=K.D)

جریان غیر ماندگار Transient flow

جریانی که در آن بده آب در هر نقطه معین نسبت به زمان تغییر نماید.

ترانشه Trench

شکل مخصوصی از گودبرداری برای احداث جاده - کانال و زهکش .

واریختن خاک به ترانشه Trench backfill

به "backfill" مراجعه شود.

ترنچر Trencher

دستگاهی که برای کندن ترانشه و قراردادن لوله‌های زهکش بکار می‌رود.

زهکشی بدون حفر ترانشه Trenchless drainage

زهکشی زیرزمینی که در آن لوله های زهکش بوسیله ماشین ترنچلس و بدون حفر ترانشه در زمین کار گذاشته می‌شود.

ماشین زهکشی ترنچلس Trenchless plow

ماشینی که بدون کندن ترانشه و فقط با کمی جابجا نمودن خاک لوله زهکش را در زمین کار می‌گذارد.

ماشین ترنچر Trench machine

به "Trencher" مراجعه شود.

لوله زهکشی Tubing (Tube)

به "Drain pipe" مراجعه شود.

جریان متلاطم Turbulent flow

جریانی است که در آن هر ذره در هر جهت حرکت می‌نماید (عدد رینولدز بیشتر از ۲۰۰۰).

عدم قطعیت - عدم حتمیت Uncertainty

نبود اطمینان بر وقوع حتمی یک پدیده

آب آزاد Unconfined water

آبی که بصورت آزاد جریان یابد.

جریان یکنواخت Uniform flow

جریانی که در طول مسیر، عمق، سطح مقطع جریان، سرعت و شیب هیدرولیکی آن ثابت می‌ماند.

منطقه غیراشباع Unsaturated zone

منطقه‌ای بالای سطح ایستابی که قسمتی از خلل و فرج از آب و قسمتی از هوا پر شده‌اند.

مواد ناپایدار Unstable material

خاکی که به میزان کافی دارای مقاومت برش داخلی نیست.

سیستم زهکشی قائم Vertical subsurface drainage system

سیستم زهکشی که در آن زه‌آب بوسیله چاههایی که در طبقات یا سنگهای متخلخل زمین حفر شده تخلیه می‌شود.

سفره آبدار - سازند آبدار Waterbearing

تشکیلات زمین‌شناسی که حاوی آب زیرزمینی می‌باشد.

زهدار Waterlogged

خاکی که تمامی خلل و فرج آن بوسیله جریانهای نفوذی یا تراوشی پر (اشباع - سیراب) شده باشد.

زهدارشدن Water logging

حالتی از زمین است که در آن آب زیرزمینی نزدیک سطح زمین قرار دارد و به تبع آن تولید محصولات در این اراضی نسبت به سایراراضی کاهش پیدا نموده و یا استفاده از این اراضی به لحاظ بالابودن آب زیرزمینی امکانپذیر نمی‌باشد.

حوزه آبخیز Watershed

به "Catchment" مراجعه شود.

سطح ایستابی Water table

سطح آب در یک سفره آزاد زیرزمینی

پیوست شماره ۲

پرسشنامه مربوط به کارگذاری لوله‌های زهکشی

سئوالات

۱- نام کشور

۲- مجموع اراضی که در آنها لوله‌های زهکش کار گذاشته شده است.

۳- نوع سیستم یا سیستمهای زهکشی (منفرد، ترکیبی و غیره)

۴- نوع لوله‌های زهکشی که بکار برده شده است (لوله‌های سفالی، PVC مشبک و غیره)

۵- نوع مواد پوششی (آلی، مصنوعی، شن و ماسه و غیره)

۶- تجهیزات و ماشین آلات اجرایی

۷- تجهیزات نگهداری

۸- آیا سیستم زهکشی با سیستم آبیاری توأم می‌باشد. اگر آری، نوع سیستم آبیاری را مشخص کنید.

علاوه بر جواب سئوالات فوق موارد زیر نیز می‌بایستی اضافه گردد:

- فهرست گزارش‌ها و انتشارات مربوط به زهکشی در کشور
- نام و آدرس مؤسسه‌ها، ارگانها و شرکتهایی که در رابطه با احداث یا نگهداری لوله‌های زهکشی مشغول به کار می‌باشند.

اطلاعات به آدرس زیر ارسال شود.

Chairman, ICID Working Group on Drainage Construction

Mr. Bart Schultz

Ijsselmeerpolders Development Authority

P.O. BOX 600

8200 AP LELYSTAD

THE NETHERLANDS

پیوست شماره ۳

استاندارد آلمان (DIN) در رابطه با کارگذاری سیستمهای زهکشی زیرزمینی

استاندارد شماره DIN ـ ۱۱۸۵

قسمت اول : مدیریت کنترل آبهای زیرزمینی بوسیله زهکشی با استفاده از لوله‌های زیرزمینی، زهکشهای روباز و اصلاح خاکها، دستورالعملهای عمومی و موارد ویژه

قسمت دوم : اطلاعات پایه برای طراحی و انتخاب اندازه‌ها

قسمت سوم : احداث سیستم زهکشی

قسمت چهارم : نقشه‌های اجرایی و نقشه‌های پس از اجرا [1]

قسمت پنجم : نگهداری

استاندارد شماره DIN ـ ۴۰۳۳

احداث مجاری فاضلاب با استفاده از لوله‌های پیش‌ساخته و آئین‌نامه‌های اجرایی مربوطه

استاندارد شماره DIN ـ ۱۸۳۰۰

دستورالعملهای اجرایی برای عملیات ساختمانی

قسمت C: دستورالعملهای فنی عمومی، کارهای سیویل

1- As Completed

DIN ۱۱۸۵ : پارامترهای طراحی برای زهکشهای مزرعه

	علامت	واحد	زهکش با لوله زیرزمینی		زهکش بدون لوله	
			خاک رسوبی	خاک تورب	خاک رسوبی	خاک تورب
حداقل شیب	I_{min}	٪	۰/۳[۱]	۰/۳	۰/۱[۲]	۰/۱[۲]
شیب مناسب و مطلوب	I_{opt}	٪	۱-۳	۰/۳ - ۰/۵	۱	۰/۳ - ۰/۵
حداکثر شیب	I_{max}	٪	۸	۱	۳	۱
حداکثر طول لوله بین دو چاهک بازدید :						
در شرایط عادی	L_{max}	متر	۲۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۲۰
در صورت وجود خطر ته‌نشینی لای	L_{max}	متر	۱۵۰	۱۵۰	۱۰۰	۱۲۰
در اراضی باتلاقی	L_{max}	متر	۱۵۰	-	-	-
حداقل عرض	-	-	NW۵۰	NW۵۰	۸۰	-
عمق نصب زهکشها						
خاکهای با نفوذپذیری کم	t	متر	۰/۸ - ۱	۰/۹	۰/۶	۰/۹
خاکهای نفوذپذیر	t	متر	۱ - ۱/۲	۱/۲	-	۱/۳
اراضی باتلاقی						
عمق کف در حاشیه باتلاق	t	متر	۰/۷	-	-	-
عمق کف در میانه باتلاق	t	متر	۱/۱	-	-	-
کشت‌های مخصوص			برحسب شرایط، در عمقی بیشتر از عمق توسعه ریشه			
حداقل سطح منافذ برای ورود آب						
لوله‌های سفالی	-	سانتیمتر مربع در متر	۳	۸		
لوله‌های مصنوعی	-	سانتیمتر مربع در متر	۸	۸		

۱- اگر شیب طبیعی وجود نداشته باشد، حداقل شیب را تا ۰/۱ درصد نیز می‌توان انتخاب نمود مشروط بر اینکه خاک فاقد آهن و سیلت باشد.

۲- در شرایط استثنایی در فواصل کوتاه (کمتر از ۲۰ متر) شیب صفر نیز می‌تواند بکار رود.

۳- با توجه به قابلیت نشست خاکهای تورب

DIN ۱۱۸۵ : معیارهای طراحی برای زهکشهای جمع‌کننده

	علامت	واحد	زهکشی با لوله و بدون لوله	
			خاکهای رسوبی	خاکهای تورب
شیب حداقل				
ماسه بادی و لای (سیلت)	I_{min}	درصد	۰/۴۵	-
خاک سرشار از آهن	I_{min}	درصد	۰/۳۰	۰/۳۰
لوم سیلتی (SiL)	I_{min}	درصد	۰/۲۵	-
لوم شنی (SL)	I_{min}	درصد	۰/۲۰	-
لوم رسی (CL)	I_{min}	درصد	۰/۱۵	-
خاک تورب حاوی کمی آهن	I_{min}	درصد	-	۰/۱۵
خاک باتلاقی	I_{min}	درصد	۰/۰۵	-
شیب مناسب	I_{opt}	درصد	۴	۰/۴
شیب حداکثر	I_{max}	درصد	۸	۴
حداکثر سرعت آب	V_{max}	متر در ثانیه	۱/۵	۱
حداکثر طول لوله بین دو چاهک بازدید:				
در شرایط عادی	L_{max}	متر	۵۰۰	۴۰۰
در صورت وجود خطر ته‌نشینی لای	L_{max}	متر	۱۰۰	-
در صورت وجود خطر گرفتگی با زنگ آهن به ویژه در اراضی باتلاقی	L_{max}	برابر فاصله زهکش[۱-۲]		
حداقل قطر اسمی				
زهکشی با لوله	-		NW۶۵	NW۶۵
زهکشی بدون لوله	-		NW۸۰	-
حداکثر قطر اسمی[۳]	-		NW۱۵۰	NW۱۵۰
حداقل عمق زهکش		متر	۰/۸	۰/۸
حداقل سطح منافذ برای ورود آب[۴]				
لوله‌های سفالی		سانتیمترمربع درمتر	۸	۸
لوله‌های پلاستیکی		سانتیمترمربع در متر	۸	۸

۱- در محل اتصال زهکشها باید چاهک بازدید احداث شود.

۲- زهکشی بدون لوله بایستی انجام گیرد.

۳- برای قطرهای خیلی بزرگ لوله‌های بتنی بایستی استفاده گردد.

۴- در شرایطی که جذب آب بوسیله جمع‌کننده نیز موردنظر باشد.

پیوست شماره ۴

استفاده از دستگاه کنترل شیب لیزری در کارگذاری سیستمهای زهکشی زیرزمینی

این پیوست از نشریه فرانسوی CNFPED, 1980 «استفاده از سیستم لیزر چرخان در پروژه‌های زهکشی» استخراج گردیده است.

نصب دستگاه فرستنده لیزری

دستگاه فرستنده روی یک سه پایه به ارتفاع ۴-۳ متر نصب می‌شود بطوریکه صفحه نور مرجع بتواند بر فراز کلیه موانعی که ممکن است بر سر راه ایجاد شود (از جمله اطاقک راننده ماشین زهکشی) گسترده شود. منبع تغذیه این دستگاه یک باطری معمولی ۱۲ ولت است که برحسب نوع فرستنده بین ۲ تا ۵ روز می‌تواند دوام آورد. نصب دستگاه شامل سه مرحله متوالی زیر می‌باشد :

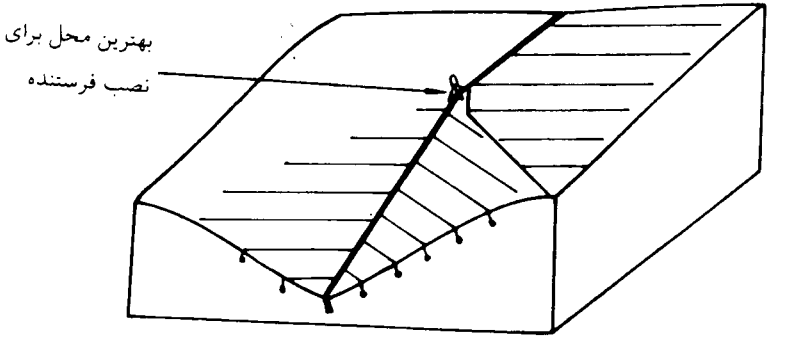
- انتخاب محل نصب دستگاه
- تنظیم دستگاه
- تنظیم شیب

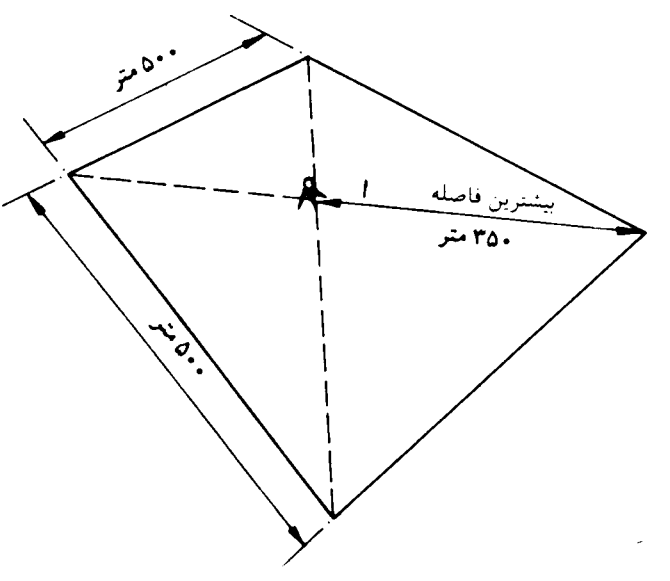
انتخاب محل نصب ایستگاه

بمنظور کاهش تعداد جابجایی‌ها، دستگاه فرستنده لیزر بایستی در محلی نصب شود که تا حد امکان بیشترین مساحت را زیر پوشش قرار دهد.

دامنه کار مؤثر دستگاه فرستنده بیش از ۳۰۰ متر است، ولی باید توجه داشت که صفحه نور مرجع در موقعیتی قرار گیرد که گیرنده مستقر بر روی ماشین ترنچر بتواند در محدوده حرکت ماشین زهکشی و نیز در محدوده تغییرات عمق کارگذاری زهکش علائم ارسال شده را دریافت کند. در زمینهای هموار این مسئله مشکلی ایجاد نمی‌نماید و با نصب دستگاه در وسط زمین، حداکثر اراضی تحت پوشش اشعه لیزری قرار می‌گیرد. در

زمینهای ناهموار، دامنه گسترش مؤثر صفحه نور مرجع به تغییر شیب بستگی پیدا می‌کند. انتخاب یک نقطه مشرف بر چندین قطعه، این امکان را به وجود می‌آورد تا بدون جابجایی دستگاه آن را برای هریک از قطعات تنظیم نمود. برای انتخاب نقطه استقرار دستگاه، وجود نقاط نشانه جهت تنظیم دستگاه در جهات مختلف نیز می‌باید مدنظر قرار گیرد.



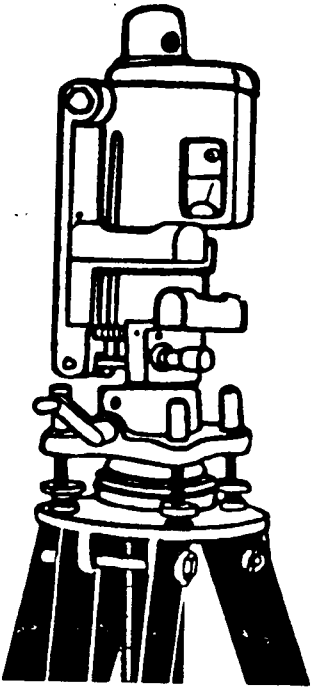


تنظیم دستگاه فرستنده لیزر

تنظیم شیب روی دستگاه فرستنده لیزر باعث می‌شود که صفحه نور مرجع با شیب معین در جهت مشخص تابانده شود و سپس با انطباق دقیق جهت حرکت ماشین زهکشی با جهت شیب صفحه نور مرجع می‌توان لوله‌های زهکشی را در عمق موردنظر کارگذاری نمود.

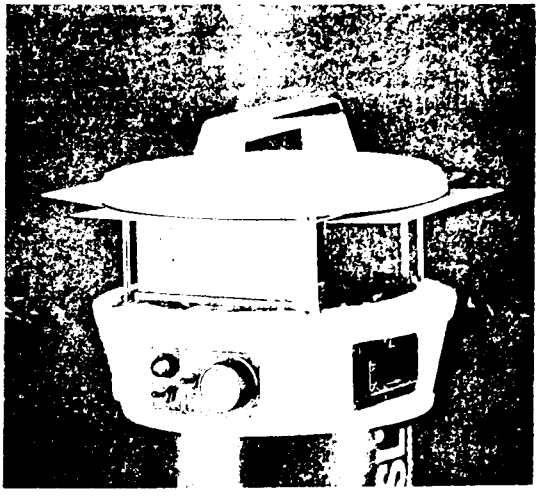
تعیین جهت کار ماشین زهکشی

تنظیم فرستنده لیزری بصورت دستی



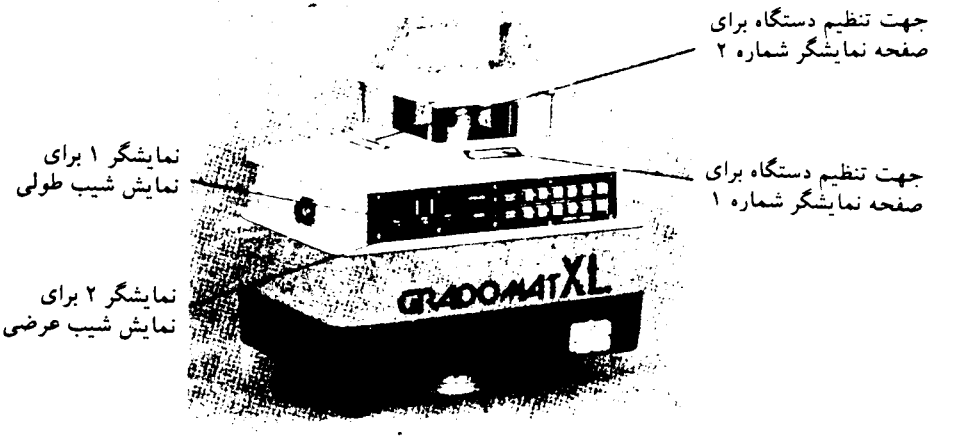
الف : فرستنده با یک جهت تنظیم شیب

در این دستگاه بطور معمول جهت شیب توسط یک مگسک و شکاف مخصوص که در قسمت بالای دستگاه قرار دارد مشخص می‌شود.



ب : فرستنده لیزر با دو جهت تنظیم شیب

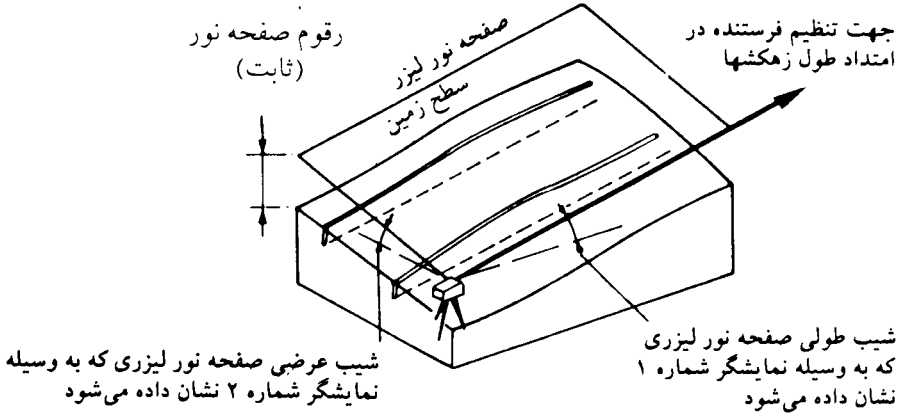
در این نوع فرستنده‌ها جهت‌های شیب بوسیله دو علامت ویژه (مثلاً پیکان) که بر روی دستگاه تعبیه شده نشان داده می‌شود.



روشهای تنظیم

فرستنده لیزر با دو جهت تنظیم شیب

شیب طولی صفحه نور مرجع در جهت خطوط زهکش و نیز شیب عرضی در جهت عمود بر آن هریک به‌طور جداگانه تنظیم می‌شود.



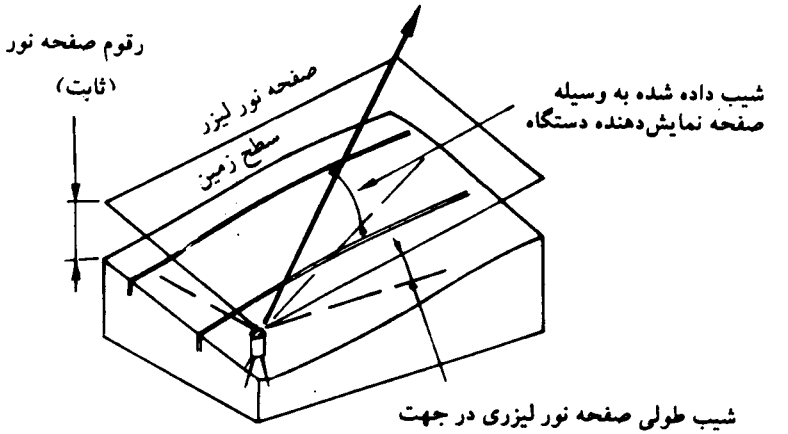
دستگاه فرستنده لیزری دارای دو نمایشگر برای شیبهای طولی و عرضی

فرستنده لیزر با یک جهت تنظیم شیب

در این نوع فرستنده‌ها، ابتدا شیب صفحه نور مرجع در جهت بزرگترین شیب زمین تنظیم می‌شود و سپس به کمک نمودارهای ویژه شیب موردنظر برای احداث هریک از خطوط محاسبه و دستگاه فرستنده متناسباً تنظیم می‌شود.

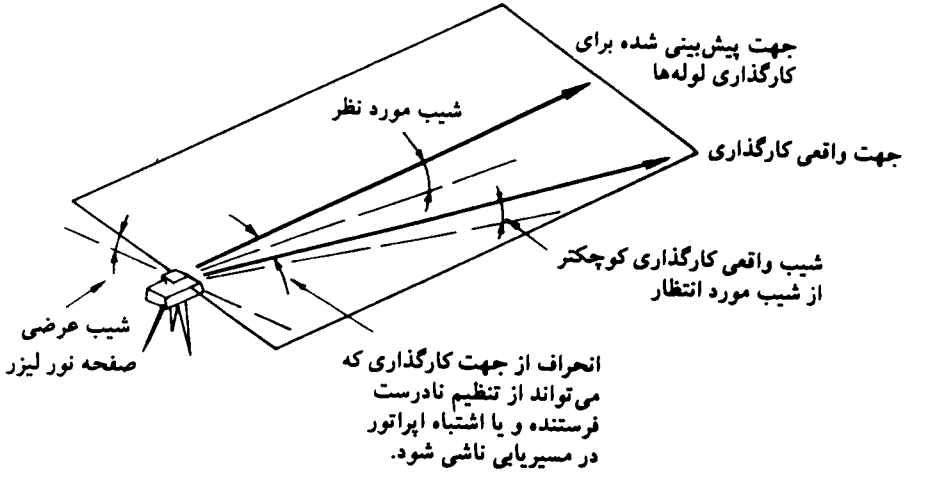
در هر دو حالت اگر جهت شیب صفحه نور مرجع با جهت شیب موردنظر برای احداث زهکشها اختلاف داشته باشد می‌توان آن را محاسبه و با تغییر دادن شیب عرضی صفحه نور مرجع اصلاح نمود.

فرستنده در جهت بزرگترین شیب زمین تنظیم شده است



بدین جهت ضروری است تا از وسایل مناسب برای جهت‌یابی دقیق استفاده نمود. بطور مثال روشهای زیر را می‌توان به کار بست.

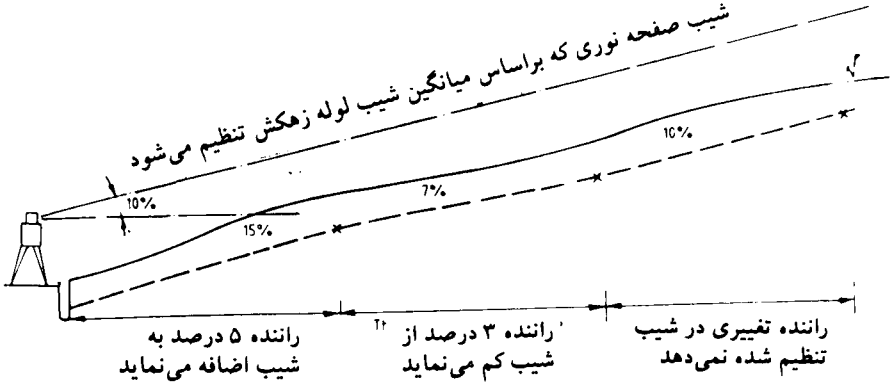
- میخکوبی و علامت‌گذاری مسیرها در منتهی‌الیه اراضی موردنظر برای احداث زهکش‌های زیرزمینی
- استفاده از نقاط نشانه موجود از نزدیک‌ترین خطوط زهکش مجاور
- کنترل مسیرها با استفاده از قطب‌نما



قابل ذکر است که گاهی راننده ماشین زهکشی مجبور می‌شود با استفاده از دستگاههای کنترل ماشین، شیب کارگذاری زهکشها را تغییر دهد. در چنین حالتی باید توجه داشت که اگر شیب کارگذاری کوچکتر از شیب پیش‌بینی شده باشد، ممکن است شیب منفی ایجاد گردد.

تعیین شیب مناسب

صفحه نوری مرجع بطور معمول هم جهت با مسیر خطوط زهکشی و با شیبی معادل شیب متوسط زهکشها تنظیم و مستقر می‌شود.اختلاف بین شیب متوسط و شیب موردنظر برای کارگذاری با استفاده از دستگاه تغییرشیب تصحیح می‌گردد.

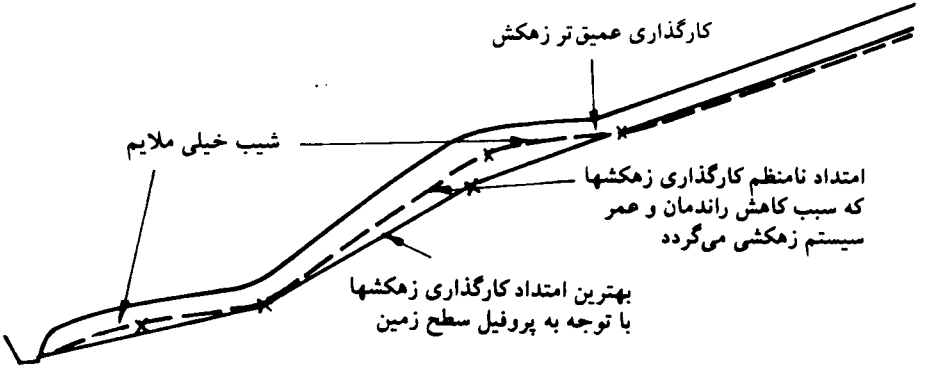


با احداث اولین خط زهکش، امکان کنترل و مقایسه شیب صفحه نوری مرجع و شیب موردنظر برای کارگذاری و در صورت نیاز تصحیح آن به وجود می‌آید. برای زهکشهای جمع‌کننده که در آنها شیب در مقاطع مختلف مسیر تغییر می‌کنم، توصیه می‌گردد که صفحه نوری و دستگاه فرستنده برای هریک از مقاطع بطور جداگانه تنظیم گردد تا از اشکالاتی که احتمالاً در اثر کار با دستگاه تغییر شیب رخ می‌دهد جلوگیری شود.

راندن ماشین زهکشی

ماشین زهکشی در ابتدای مسیر مستقر و قسمت لوله‌گذار آن در رقوم طراحی شده تنظیم

می‌گردد. دستگاه گیرنده بر روی قسمت حفاری ماشین بر پایه‌ای نصب گردیده که می‌تواند بصورت تلسکوپی بالا و پایین برده شود تا گیرنده بتواند شعاعهای نوری فرستنده (صفحه نوری مرجع) را دریافت نماید. وقتی گیرنده بر صفحه نوری مرجع منطبق شود یک چراغ سبز روشن می‌شود. در این حالت راننده، سیستم کنترل اتوماتیک را به کار می‌اندازد. پس از این راننده می‌بایستی بطور پیوسته عمق کارگذاری زهکشها را کنترل نموده و مطمئن شود که لوله‌ها در عمق موردنظر کارگذاشته می‌شوند و در صورت نیاز با انجام اصلاحات ضروری در تنظیم دستگاهها، از انحرافات غیرمجاز در کارگذاری زهکش‌ها جلوگیری نماید. لزوم تغییر شیب در حین کارگذاری زهکش به این علت است که پروفیل مسیر کارگذاری زهکش از قبل تعیین نمی‌گردد. با استفاده از سیستم کنترل لیزر ممکن است باعث کارگذاری زهکش در عمقی بیشتر از حد موردنظر گردد.



بعلاوه جهت انجام یک کار خوب باید پستی بلندیهای زمین به خوبی شناسایی شود تا بتوان تغییرات شیب را پیش‌بینی کرده و از ایجاد انحراف در شیب کارگذاری در مقاطع مختلف جلوگیری نمود.

پیوست شماره ۵

روش کارگذاری زهکش‌های زیرزمینی در پولدرایسلمیر در هلند

پارامترهای زیر که بطور معمول متغیر است ، در تشریح روش ارائه شده برای زهکشی با لوله‌های پلاستیکی ثابت درنظر گرفته شده‌است :

- مساحت قطعات زهکشی: ۳۰ هکتار (تقریباً ۱۰۰ × ۳۰۰ متر) در نواحی شرقی فلیولند و ۶۰ هکتار (۱۲۰۰× ۵۰۰ متر) در نواحی جنوب فلیولند.
- وضعیت زمین: هنوز کشت نشده
- ماشین‌زهکشی: ترنچر زنجیری
- نوع لوله : لوله مشبک پلاستیکی بقطر خارجی ۶۰ میلیمتر
- مصالح پوششی: بدون پوشش
- فاصله زهکشها: ۲۴ متر
- جهت جریان دو طرفه

در این پیوست فقط عملیات اصلی مرتبط با زهکشی شرح داده شده است. نمودار ارائه شده در پیوست شماره ۷ نمونه‌ای از ترتیب اجرای عملیات و برنامه کار برای اجرای یک سیستم زهکشی را نشان می‌دهد.

کارهای مقدماتی

- **نشانه‌گذاری**

پس از دریافت پیشنهاد برای احداث شبکه زهکشی، گروهی که مسئول انجام کار می‌باشد، ابتدا نقاط نشانه اصلی[1] را بر روی زمین پیاده می‌نماید.

تجهیزات موردنیاز: دوربین نقشه برداری، علامت‌ها و میخ‌های چوبی

1- Main reference points

نیروی کار : ۲ یا ۳ نفر

- **نشانه روی برای نصب میخ‌های فرعی و علم‌های مخصوص**

تجهیزات مورد نیاز: علم‌های نشانه روی، علامت‌ها ومیخ‌های چوبی
نیروی کار : ۲ یا ۳ نفر
در صورتیکه از ترنچرهای مجهز به سیستم لیزر استفاده شود علم‌های نشانه روی مورد نیاز نخواهد بود.

- **پخش و ریسه کردن لوله‌های زهکشی**

لوله‌های زهکشی درکنار مزرعه، در طول مسیر خطوط زهکشی و یا در محلی نزدیک به محل کار نگهداری می‌شود.
نفرات موردنیاز: دو نفر کارگر برای بارگذاری و بار اندازی لوله‌ها و یک راننده تراکتور
ماشین آلات موردنیاز: یک دستگاه تراکتور و حدود سه دستگاه تریلر مزرعه
یک تریلر مزرعه می‌تواند حدود ۱۲ کلاف لوله پلاستیکی خرطومی را حمل نماید. هر کلاف حدود ۱۵۰ متر طول دارد.

- **توزیع لوله‌های خروجی**

یک نفر کارگر، یک دستگاه تراکتور و یک دستگاه تریلر مزرعه مورد نیاز می‌باشد. در محل تخلیه هر یک از خطوط زهکش مزرعه، یک لوله خروجی همراه با درپوش و تعدادی لوله اتصال قرار داده می‌شود. لوله‌های خروجی از جنس پلاستیک و بطول ۱۲۰ سانتیمتر ساخته شده که برای سهولت لایروبی و علف‌بری زهکش جمع کننده ۸۰ سانتیمتر آن می‌تواند بصورت تلسکوپی جمع شود.

1- Outlet pipe

کارگذاری لوله‌های زهکش

- توضیحات کلی

کارگذاری لوله از زهکش روباز شروع و به سمت مرکز قطعه مورد نظر برای زهکشی ادامه پیدا می‌کند. سپس ماشین مجدداً به عقب و به سمت زهکش روباز رانده می‌شود. پرسنل و خدمه ماشین ترنچر به قرار زیر است:

- یک راننده
- دو نفر جهت قراردادن کلاف لوله‌ها برروی ماشین زهکشی و اتصال آنها به یکدیگر
- یک نفر جهت نصب لوله‌های خروجی و بستن دهانه آن در محل اتصال به زهکش روباز.

یک سرکارگر مسئول گروه چهار نفره فوق می‌باشد. کارگرها می‌توانند در فواصل منضم نوبت کار خود راتعویض کنند.

کارگذاری لوله‌های در سه مرحله متوالی انجام می‌گیرد:

- مستقر و آماده نمودن ماشین زهکشی (ترنچر) در مزرعه در ابتدای مسیر زهکش
- کارگذاری لوله‌ها
- حرکت ماشین از انتهای مسیر انجام شده بطرف مسیر جدید بعدی

مستقر و آماده نمودن ماشین زهکش درمزرعه درابتدای هر مسیر

- کلاف لوله روی ماشین قرار داده می‌شود؛
- قسمت حفار و لوله‌گذار ترنچر در موقعیت حفاری مستقر می‌شود؛
- لوله خروجی کارگذاری شده و لوله زهکش به آن متصل می‌گردد؛
- مواد باقیمانده حاصل از عملیات در کنار ترانشه جمع‌آوری می‌گردد.

کارگذاری لوله‌های زهکش

هر عضو گروه‌کاری موقعیت خود را مشخص نموده و ماشین به حرکت در می‌آید. هر یک از افراد وظایف محوله خود راکه از قبل مشخص شده انجام می‌دهد. راننده ترنچر بوسیله دستگاه کنترل لیزری، بدقت جهت حرکت و عمق کارگذاری لوله‌ها را وارسی می‌نماید. دو نفری که کار حمل لوله‌های را بعهده دارند مسئول وارسی لوله‌ها نیز بوده و مراقب هستند

که لوله‌ها شکستگی نداشته و یا خسارت ندیده باشد. فردی که مسئول کارگذاری لوله خروجی است بدقت قسمت انتهائی ترانشه را پرنموده و به وضع اولیه برمی‌گرداند. سرکارگر مواظبت می‌کند که به اندازه کافی از خاک مرغوب روئین (به عنوان مصالح پوشش لوله) در کف ترانشه ریخته شود.

خاتمه کار ماشین در انتهای هر مسیر:

در انتهای هر خط لوله زهکش، دهانه لوله به وسیله مناسب (گذاردن یک بلوک بتنی) مسدود می‌گردد تا از ورود خاک و خاشاک بداخل آن جلوگیری شود. راننده، ماشین را چند متر فراتر از پایان خط جلو می‌راند تاکارگذاری لوله و واریختن خاک به داخل ترانشه بطور کامل به انحام برسد. سپس سیستم حفاری را بالا کشیده و ماشین را به بمنظور استقرار در مسیربعدی به عقب می‌راند.

عملیات پایانی

- بازرسی و بازبینی

سرکارگر بهمراه دو دستیارش عمق کارگذاری لوله‌ها را وارسی می‌نماید.

وسائل موردنیاز: دوربین نقشه‌برداری (تراز) ، دو عدد شاخص نقشه برداری و تعدادی میخ چوبی برای علامت گذاری. در روی هر مسیر بفاصله هر ۱۰متر، عمق کارگذاری وارسی شده و نتایج برروی فرم‌های مخصوص نوشته می‌شود. هرگونه کارهای اصلاحی بطور معمول بادست انجام‌می‌گیرد.

- پاکسازی

یک راننده با یک یا دو نفر کارگر لوله‌های استفاده نشده، شکسته شده و یا معیوب را جمع‌آوری و پاکسازی می‌کنند.

ماشین آلات مورد نیاز : تراکتور و تریلر مزرعه

چون تمام موادی که بایستی پاکسازی شود دریک طرف مسیر زهکش قرار داده می‌شود

راننده و کارگران با یکبار عبور از مسیر، عملیات مورد نظر را به انجام می‌رسانند.

- **پرکردن ترانشه**

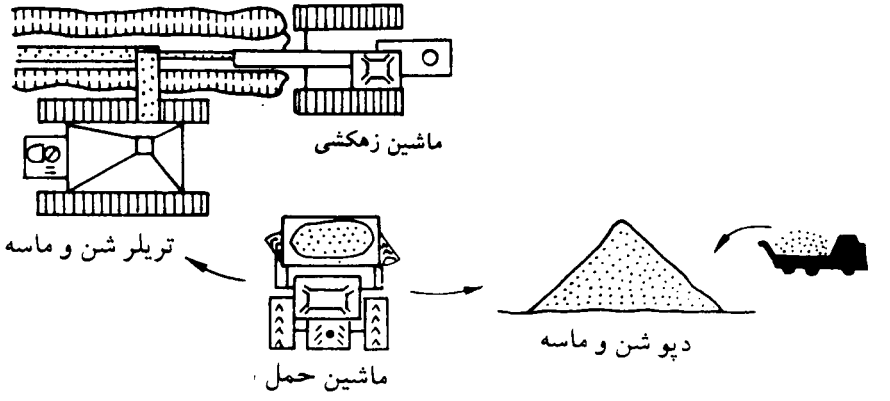
یک تراکتور معمولی مجهز به تیغه اسکریپر می‌تواند خاک ریسه شده در امتداد مسیر ترانشه را بداخل آن واریزد و بدین ترتیب ترانشه را پرکند. این کار را با بولدوزر و یا اسکریپر نیز می‌توان انجام داد.

- **ثبت مشخصات زهکش**

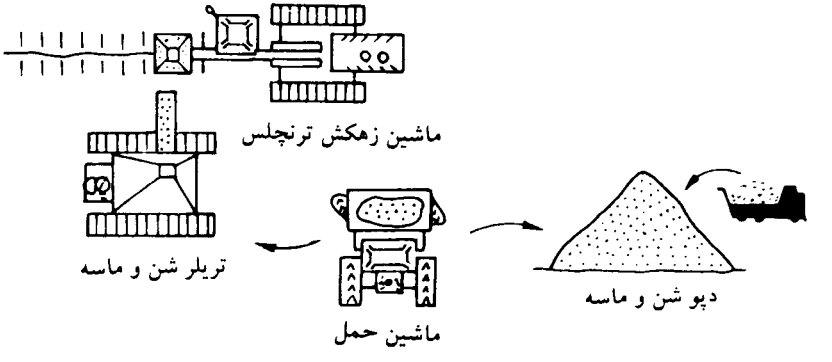
بعد از اتمام عملیات کارگذاری لوله‌های زهکش زیرزمینی، مسئولان ذیربط مشخصات سیستم، نوع مصالح مصرف شده، نوع خاک و دیگر اطلاعات از این قبیل را در فرم‌های مخصوص ثبت می‌کنند. وضعیت هر خط زهکش و چگونگی کارکرد آن در اولین زمستان (بعد از کارگذاری) مورد بازرسی قرار می‌گیرد و نتایج حاصل از بازرسی در فرمهای مخصوص بازرسی و نگهداری شبکه زهکشی ثبت می‌شود. وضعیت نهائی مزرعه از نظر مساحت ناخالص، مساحت خالص، اندازه و ابعاد مزرعه و ... نیز در فرمهای مخصوص ثبت و نگهداری می‌گردد.

پیوست شماره ۶

نمونه ای از تشکیلات اجرای سیستم‌های زهکشی در فرانسه



شکل شماره ۱-۶ احداث سیستم زهکشی با استفاده از ماشین ترنچر



شکل شماره ۲-۶ احداث سیستم زهکشی با استفاده از ماشین ترنچلس

پیاده کردن مسیر زهکشها

کارها بطور کامل براساس طرح اجرائی و طبق نقشه‌های تهیه شده انجام می‌گیرد.

پیاده کردن مسیر زهکشهای جمع‌کننده

در مسیر انتخاب شده برای جمع کننده بفواصل هر ۳۰ تا ۴۰ متر، یک نشانه به بلندی ۱/۲۰ متر کارگذاری می‌گردد. در پای هر نشانه نیز یک میخ چوبی بطول ۳۰ سانتیمتر و با مقطع ۴×۴ سانتیمتر که ۲۰ سانتیمتر آن داخل زمین فرورفته و ۱۰ سانتیمتر آن قابل رویت باشد نصب می‌شود. سپس این میخ‌ها ترازیابی شده و براساس نتایج بدست آمده مشخصات و اطلاعات لازم برای اجرای زهکش تعیین می‌شود. از جمله این اطلاعات، موارد زیر را می‌توان نام‌برد:

- طول و اندازه زهکش جمع کننده
- شیب زهکش
- عمق زهکش از بالای میخ‌های چوبی
- موقعیت آدم‌روها و تخلیه‌گاه‌هائی که به جمع کننده وارد می‌شود.

پیاده کردن مسیر زهکش‌های مزرعه

پیاده کردن مسیر زهکش‌های مزرعه نیز شامل تمام مراحل شرح داده شده برای پیاده کردن مسیر لوله‌های جمع‌کننده است، منتهی به ترازیابی نیاز ندارد و تنها جهت و طول زهکش‌ها مشخص می‌گردد.

کارهای مقدماتی

قبل از شروع کار ماشین زهکشی، کارهای مقدماتی زیر باید انجام ومزرعه آماده گردد:

- تخلیه گاههای منتهی به جمع کننده آماده شود.
- پشته‌های خاکی در مسیر حرکت ماشین هموار گردد.
- گودیهای موضعی که زهکش‌ها آنها را قطع می‌کنند پر گردد. همچنین لازم است بستر کارگذاری زهکش‌ها از نظر تحمل به بارگذاری بررسی شود تا از کارگذاری روی بستر ناپایدار جلوگیری شود.

انجام عملیات

ابزار و نیروی کار مورد نیاز :

الف :گروه کار با ماشین ترنچر

ماشین	نیـــروی کار	
ترنچر	سرپرست گروه	یک نفر
	راننده	یک‌نفر
	کارگر	دو نفر
بولدوزر (برای پر کردن ترانشه‌ها)	راننده	یک نفر
تراکتور با تریلی مزرعه برای توزیع لوله‌های زهکش		

ب : گروه کار با ماشین‌های ترنچلس

ماشین	نیـــروی کار	
ترنچر برای نصب زهکش‌های جمع کننده	ناظر	یک نفر
	سرپرست گروه	یک نفر
	راننده	یک نفر
	کارگر	یک نفر
ماشین ترنچلس	سرپرست گروه	یک نفر
	راننده	یک نفر
	کارگر	سه نفر
بیل هیدرولیکی برای باز کردن ترانشه بمنظور استقرار خیش حفار ماشین زهکشی	راننده	یک نفر
بولدوزر برای پر کردن ترانشه	راننده	یک نفر
تراکتور همراه با تریلر برای جابجائی لوله‌های زهکش		

کارهای مقدماتی برای آماده نمودن زمین

کارگذاری سریع زهکش‌ها تنها تحت شرایط زیر امکان‌پذیر می‌باشد :

- هموار بودن زمین

برای هموار کردن زمین باید پشته‌های نهرهای موجود در سطح مزرعه صاف گردد. در زمینهائی که جهت شخم با جهت حرکت ماشین متقاطع است، اجرای کار با دشواری روبرو خواهد بود.

- طراحی صحیح

طول کوتاه زهکش‌ها باعث کاهش راندمان ماشین زهکشی می‌گردد. برای اجتناب از طول کوتاه زهکش‌ها، بهتر است آنها را عمیق‌تر نصب نمود.

- نشانه‌گذاری کامل مسیر زهکش‌ها
- شناسائی شرایط خاک سطحی در مسیر خطوط زهکش از نظر حرکت ماشین، بطور مثال پوشش علفی سطح مزرعه باید تا حد امکان کوتاه گردد تا از لغزیدن ماشین جلوگیری شود.

عوامل محدود کننده سرعت ماشین برای کارگذاری زهکش‌ها

سرعت کارگذاری زهکش‌ها در موارد زیر بایستی پائین آورده شود :

- خاکهای سطحی سخت باشد.
- خاک زیرین سنگی یا سنگلاخی باشد.
- شیب زهکش‌ها خیلی کم باشد.
- شرایط دید راننده خوب نباشد.

آموزش راننده‌ها

در صورت عدم وجود مراکز آموزش برای راننده‌ها، هر پیمانکار خود موظف به انجام این کار خواهد بود. در این حالت بهترین راه‌حل، کار آموزی راننده تازه‌کار به مدت حدود یک ماه با یک گروه خبره می‌باشد. راننده بایستی تمام دوره‌های زیر را ببیند:

اولین هفته: اتصال زهکش‌های مزرعه به جمع کننده

دومین هفته: کارگذاری و تنظیم دستگاه کنترل لیزر یا سایر لوازم هدایت ماشین
سومین هفته : یادگیری چگونگی راندن ماشین به مدت چند روز و سپس رانندگی ماشین زهکشی بطور مستقل ولی به مدت کوتاه
چهارمین هفته : رانندگی و استفاده از کلیه لوازم تحت نظارت یک راننده با تجربه

معیارها و دستورالعملهای انجام کار

کلیه کارهای بایستی منطبق با دستورالعمل‌های فنی و استانداردها باشد.

تشکیلات کارگاه برای کارگذاری پوشش شنی در پیرامون لوله‌های زهکشی زهکشی با ماشین ترنچر

وقتی قشر فیلتر مورد نیاز باشد، ماشین ترنچر بوسیله یک تریلر که فیلتر شنی را در ترانشه می‌ریزد دنبال می‌شود. میزان ریزش فیلتر برحسب سرعت ماشین تنظیم می‌گردد به گونه‌ای که ضخامت مناسبی از فیلتر در پیرامون لوله‌ها قرار گیرد.

دو گزینه امکان پذیر است :

- دو تریلر در عقب ماشین ترنچر قرار گرفته و به صورت نوبتی بوسیله یک لودر بارگیری شوند.
- تنها یک تریلی در عقب ماشین قرار گرفته و مرتب بوسیله یک یا دو دستگاه دامپر پر گردد.

در هر دو حالت ماشین‌آلات و پرسنل مورد نیاز عبارتند از :

ترنچر، یکدستگاه	سرپرست گروه	یک نفر
	راننده	یک نفر
	کارگر	دو نفر
بولدوزر، یکدستگاه	راننده	یک نفر
تراکتور، یکدستگاه		
تریلر، شن و ماسه دو دستگاه	راننده	دو نفر
دامپر بارگیری یا لودر، یک دستگاه	راننده	یک نفر

زهکشی با ماشین ترنچلس

در صورت نیاز به فیلتر شنی، دستگاه ترنچلس به یک قیف مجهز می‌شود که دهانه آن بطور جانبی باز می‌گردد. یک تریلر در عقب ماشین زهکشی، مخزن فیلتر آن را مرتباً پر می‌نماید. دهانه تحتانی قیف می‌تواند به طریقی تنظیم شود که ارتفاع قشر فیلتر در حد مطلوب گردد.

لوازم و پرسنل موردنیاز :

ماشین	نیروی کار	
ماشین ترنچلس یک دستگاه	گروه کاری	۴ نفر
دامپر هیدرولیکی یک دستگاه	راننده	یک نفر
بولدوزر یک دستگاه	راننده	یک نفر
تراکتور یک دستگاه		
تریلر (شن و ماسه) یک دستگاه	راننده	یک نفر
لودر یک دستگاه	راننده	یک نفر

پیوست شماره ۷

نمونه‌ای از برنامه‌ریزی و فهرست‌بندی عملیات وتدارکات برای اجرای سیستم زهکشی زیرزمینی مزرعه

مفروضات

الف - یک قطعه زمین بطور تصادفی با اندازه و نوع خاک و پوشش گیاهی نامعین انتخاب گردیده است.

ب - تنها کارهای اصلی فهرست شده‌اند. در عمل ممکن است به تعدادی از کارهای ذکر شده در این فهرست نیازی نباشد. بطور مثال اگر نوار زمین انتخاب شده برای مسیر زهکش، قبلاً از نی و کلش پاک شده باشد نیازی به پاکسازی مسیر نخواهد داشت و یا اگر زهکش جمع‌کننده روباز به اندازه کافی عمیق باشد نیازی به تعمیق آن نیست.

فعالیت‌ها به ترتیب شماره (شکل ۷-۱)

۱(B)-۲ تهیه طرح و نقشه مقاطع مورد نیاز برای زهکش جمع‌کننده

۱(A)-۷ برداشت پروفیل و مقاطع زهکش جمع‌کننده در شرایط موجود

۲(F)-۳ تهیه نقشه‌های اجرائی و تدوین مشخصات فنی برای احداث زهکش‌های زیرزمینی

۲(C)-۴ وارسی عمق کف و سطح آب در زهکش جمع کننده

۳-۴ ارتباط جانبی بین فعالیت‌ها

۳(G)-۵ آماده کردن محل تخلیه زهکش‌های زیرزمینی در بدنه زهکش جمع‌کننده (روباز)

۳(H)-۸ انتخاب نوع ماشین زهکشی

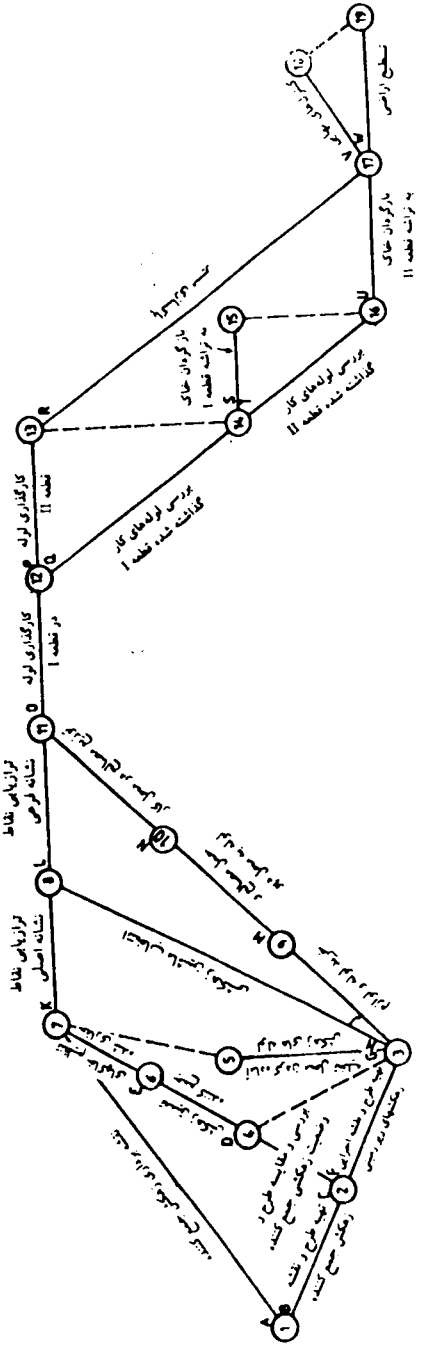
۳(J)-۹ خرید لوله‌های زهکش و مصالح پوششی

۴(D)-۶ تعمیق زهکش جمع‌کننده

۵-۷ ارتباط جانبی فعالیتها

۷-۶(E) ریسه‌کردن و تنظیم خاکهای حاصل از تعمیق زهکش
۸-۷(K) ترازیابی نقاط نشانه اصلی
۱۱-۸(L)ترازیابی نقاط نشانه فرعی؛ در صورتیکه ماشینهای زهکشی به سیستم کنترل مجهز باشند نیازی به نقاط نشانه فرعی نیست (رابطه ۸-۳).
۱۰-۹(M) انتقال لوله‌های زهکشی و مصالح پوششی به محل کار، بازبینی لوله‌ها
۱۱-۱۰(N) توزیع لوله‌های زهکش و مصالح پوششی در طول مسیرهای خطوط زهکشی
۱۲-۱۱(O) کارگذاری لوله‌های زهکشی (شامل تخلیه‌گاه‌ها: قسمت اول)[1]
۱۳-۱۲(P) کارگذاری لوله‌های زهکشی (شامل دهانه خروجی : قسمت دوم)
۱۴-۱۲(Q) وارسی وضعیت زهکش‌های کارگذاشته شده (قسمت اول)
۱۴-۱۳ ارتباط جانبی بین فعالیتها
۱۷-۱۳(R) پاکسازی، جمع‌آوری قطعات و لوله‌های شکسته و غیره
۱۵-۱۴(S) پر کردن ترانشه، قسمت اول
۱۶-۱۴(T) وارسی وضعیت زهکش‌های کارگذاشته شده (قسمت دوم)
۱۶-۱۵ ارتباط جانبی بین فعالیتها
۱۷-۱۶(U) پر کردن ترانشه، (قسمت دوم)
۱۸-۱۷(V) وارسی مجدد وضعیت کارگذاری زهکش‌ها،
۱۹-۱۷(W) تسطیح زمین
۱۹-۱۸ ارتباط جانبی بین فعالیتها

۱- فرض شده است که عملیات احداث زهکشهای مزرعه در دو قسمت جدا از یکدیگر اجرا شود.



نمودار ۱-۷ شمای اجرای عملیات زهکشی مزرعه با استفاده از جمع کننده‌های روباز

پیوست شماره ۸

انتشارات کمیسیون بین‌المللی آبیاری و زهکشی

انتشارات ویژه

1- Framji, K.K., Garg, B.C., and Kaushish, S.P.(eds.), 1984, "Design Practices of Open Drainage Channels in an Agricultural Land Drainage System: A World - Wide Survey", pp 343. **ISBN 81-85068-09-7**

2- Framji, K.K. (ed.), 1984, "State - of - the - Art : Irrigation Drainage and Flood Control No. 3", pp 455, ISBN 81-85068-08-9

3- USSR National Committee on Irrigation and Drainage, 1985, "History of Irrigation, Drainage, Flood Control and River Engineering : Volume-I - History of Irrigation and Drainage in the USSR", pp 264, **ISBN 81-85068-10-0**

4- "ICID Guidelines No. 106 : Development of Bitumen Concrete and Membranes", 1985, pp 39, **ISBN 81-85068-11-9**

5- "Guide 106 de la CIID : Dévelopement du Béton Bitumineux et de la Membrane Bitumineuse", 1985, pp 39, **ISBN 81-85068-12-7**

6- Humpherys, A.S.,1986 "Automated Farm Surface Irrigation Systems Worldwide", pp 92. **ISBN 81-85068-13-5**

7- Humpherys, A.S., 1987, "Automatisatior. des Systèmes d'Irrigation de Surface à la Parcelle à Travers le Monde", **ISBN 81-85068-15-1**

8- Framji, K.K., Garg, B.C., and Kaushish, S.P.(eds.), 1987, "Design Practices for Covered Drains in an Agricultural Land Drainage System : A World wide Survey", pp 438, **ISBN 81-85068-14-3**

9- Framji, K.K.(ed.), 1987, "Improvement in Irrigation Management With Special Refernce to Developing Countries : State - of - the Art No. 4", pp 243. **ISBN 81-85068-16-X**

10- Bonnet, G., Peccoud, F., et Wehrle, P., 1989, "Guide Méthodologique Pour l'Acquisition d'Un Système Informatique Léger par des Gestionnaires de Ressources en Eau", pp 190. **ISBN 81-85068-31-3**

11- Marco, A., et al., 1989, "The Influence of Wind on Sprinkler Irrigation: Annotated Bibliography", pp 46. **ISBN 81-85068-29-1**

12- March, A., et al., 1989, "L'Influence du Vent en Irrigation par Aspersion: Bibliographie Annotée", pp 50.

مقالات ارائه شده در کنگره‌ها

13- Transactions Twelfth International Congress on Irrigation and Drainage, Fort Collins, USA, 28 May - 2 June 1984.

14- Transactions Thirteenth International Congress on Irrigation and Drainage, Casablanca, Morocco, September 1987. **ISBN 81-85068-21-6**

15- Transactions Fourteenth International Congress on Irrigation and Drainage, Rio de Janeiro, Brazil, 1990. **ISBN 81-85068-27-5**

Guidelines on the Construction of Horizontal Subsurface Drainage Systems

INTERNATIONAL COMMISSION ON IRRIGATION AND DRAINAGE

Working Group on Drainage Construction

Edited by: Bart Schultz