خروجی **تراز مبنای سیستم زه کشی** است .

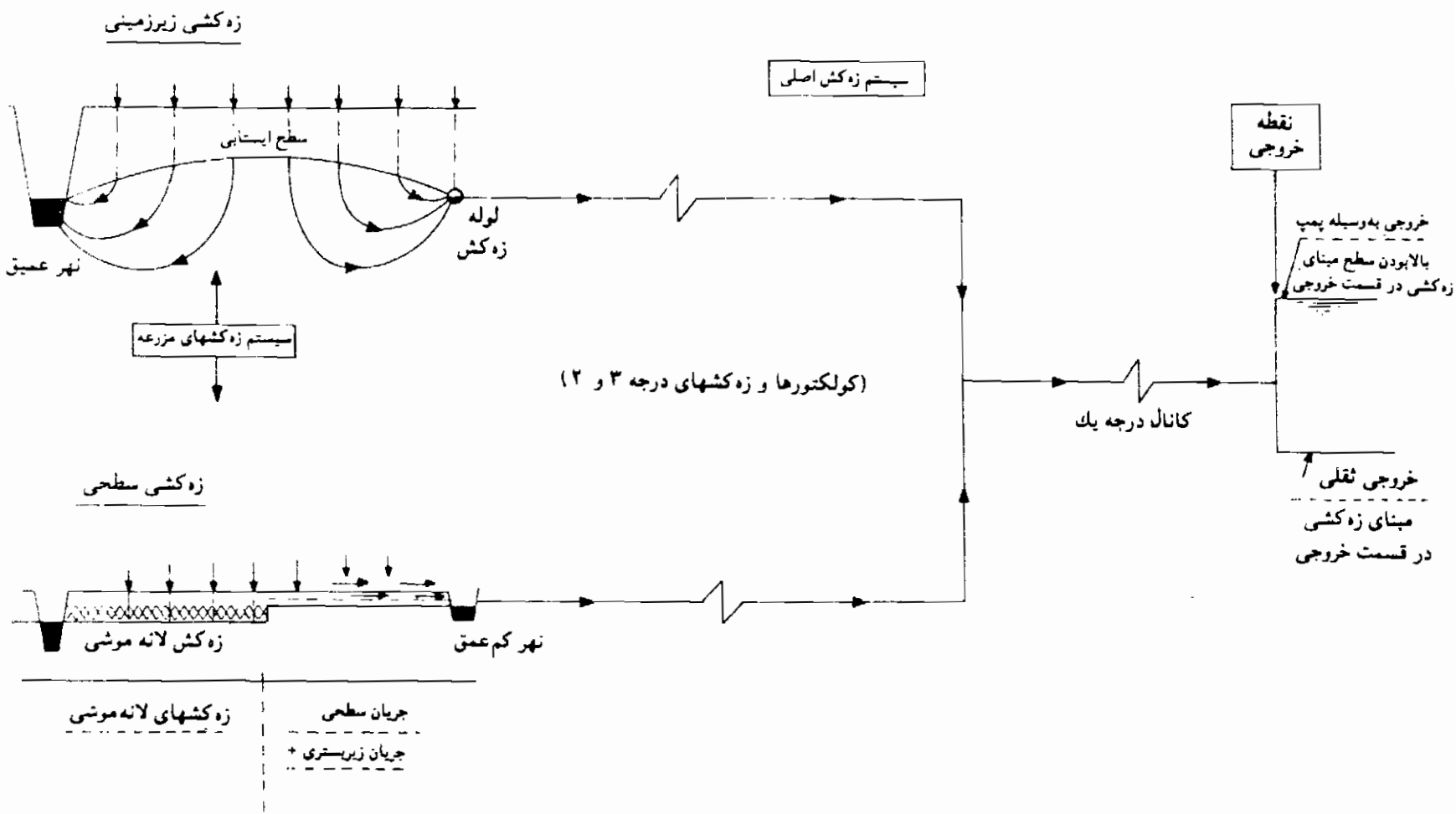
۲-۴ زه کشی و زراعت : نیازهای زه کشی

یک طرح زه کشی در صورتی قابل اجرا است که منافع اقتصادی یا اجتماعی آن بتواند پاسخگوی مخارج طرح باشد . علاوه براین اثرات محیطی اجرا یا عدم اجرای طرح نیز باید در نظر گرفته شود . بنابراین تحلیل درآمد و هزینه از جمله کارهایی است که طراح باید انجام دهد .

منافع حاصله از اجرای طرحهای زه کشی یا در اثر بهبود شرایط رشد گیاه است (کشت زودتر ، محصول بهتر ، محصول زیادتر ، شستشوی نمکها ، و غیره) و یا در نتیجه بهترشدن وضع خاك از نظر کار کردن روی آن (تعداد روزهای کاری ، خراب نشدن ساختمان خاك و غیره) . به هرحال زه کشی باید با مخارج کمتر درآمد زیادتری را عاید دهد تا مقرون بصرفه باشد .

باید توجه داشت که زه کشی به خودی خود فقط یکی از عوامل افزایش محصول است و همزمان با آن باید عملیّات دیگری از قبیل کودپاشی ، آبیاری ، استفاده از ماشین آلات ، وجین و غیره نیز صورت گیرد در غیر این صورت برطبق **قانون حداقل**(law of minimum) ، حتی با زه کشی زمین ، نمی توان انتظار درآمد زیادتری را داشت .

موضوع بسیار مهمّی که در زه کشی باید در نظر داشت این است که هزینه سنگین آن (به خصوص در زه کشی لوله ای) فقط در مورد گیاهان پر درآمد قابل توجیه است ، البته همان طور که گفته شد ممکن است تنها مسأله اقتصادی مورد نظر نباشد که در این صورت باید هدفهای اصلی طرح دنبال شود . به طورکلی شرایط خاك و عوامل اقلیمی ، همراه با روش زراعت عامل تعیین کننده بازده اقتصادی طرحهای زه کشی می باشد . لذا طرّاح باید به مسایل کشاورزی و اقتصادی نیز آشنائی داشته باشد . در بخش نهایی کتاب روش تجزیه و تحلیل اقتصادی طرحهای زه کشی به اختصار تشریح شده است .



شکل (۲-۳) اجزای مهم یك سیستم زه‌کشی

منابع

In: *Drainage for Agriculture*, J van Schilfgaarde (ed), Agronomy Monograph no 17, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin

RUTHENBERG, H 1980: *Farming Systems in the Tropics*, Oxford University Press

SMITH, L P and B D TRAFFORD 1975: 'Climate and drainage', Technical Bulletin 34, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London

WESSELING, J 1974: 'Crop growth and wet soils'. In: *Drainage for Agriculture*, J van Schilfgaarde (ed), Agronomy Monograph no 17, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin

بخش دوم

سیستمهای زه کشی

فصل سوم

سیستمهای زه کشی آب زیر زمینی

این سیستمها ، که گاهی اوقات به زه کشهای زیرزمینی نیز معروفند ، شامل شبکه ای از زه کشها می باشند که در عمق خاك احداث می شوند ، بطوری که سطح ایستابی تا منطقه زیر ریشه ها پایین آورده می شود . چون پتانسیل آب خاك در زه کش صفر است ، تمام آبهایی که بالاتر از سطح آب زه کش قرار دارند تحت تأثیر شیب هیدرولیکی به طرف زه کش جریان پیدا می کنند . با انتخاب فواصل مناسب برای زه کشها می توان سطح ایستابی را تا حدّ مورد نظر پایین آورد و چنانچه نفوذ آب به وسیله موانعی سد نشود رطوبت خاك تا حدّ ظرفیّت زراعی تخلیه خواهد شد .

زه کشهای مزرعه ممکن است از نوع لوله ای و یا کانالهای عمیق باشند . به زه کشهای لوله ای زه کشهای **سر پوشیده** ، یا **زه کشهای زیرزمینی** نیز گفته می شود حال آن که زه کشهای دیگر را **انهار زه کش روباز** نامند . سطح ایستابی را می توان با استفاده از یک شبکه پمپاژ نیز پایین آورد . این نوع زه کشی را **زه کشی عمودی** گویند (برخلاف روش اول که **زه کشی افقی** نام دارد) . زه کشی عمودی دارای محدودیتهایی است که بعداً بحث خواهد شد . معمولی ترین روش زه کشی همان زه کشی افقی است .

زه کشی آب زیرزمینی در خاکهایی قابل اجرا است که شرایط زیر را دارا باشند :

الف ـ در زیر منطقه ریشه ها لایه ای قرار گرفته باشد که ضریب هدایت هیدرولیکی آن

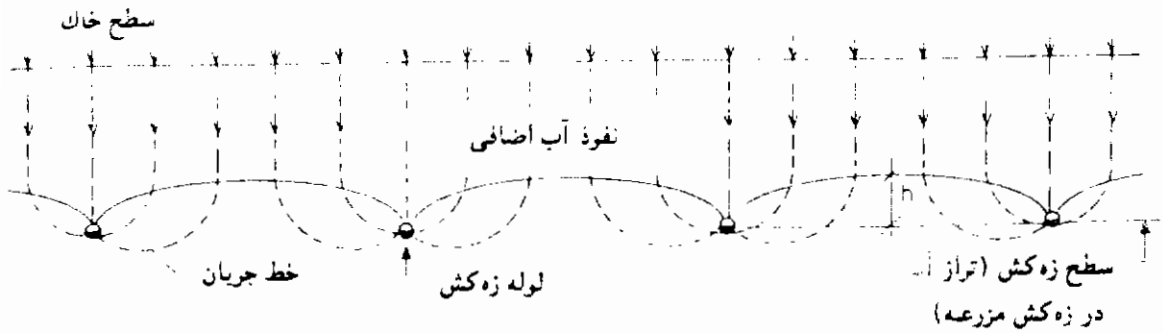
(K) و (یا) ضخامت آن (D) زیاد باشد ، به عبارت دیگر حاصلضرب KD زیاد باشد .

ب ـ آبی که روی زمین قرار می گیرد و آبی که در داخل خاك جمع می شود بتوانند با سرعت قابل ملاحظه ای از منطقه توسعه ریشه ها گذشته و خود را به سطح ایستابی برساند .

در شکل (۳-۱) نحوه جریان آب به طرف زه کشهای زیرزمینی نشان داده شده است . در این شکل ، زه کشها به صورت لوله های موازی در نظر گرفته شده اند (معمولی ترین شکل آرایش لوله ها) . اگر خاکی که در زیر لوله های زه کش قرار گرفته است عمیق و نفوذپذیر باشد ـ مشابه حالتی که در شکل (۳-۱) در نظر گرفته شده است ـ جریان آب به داخل لوله از زیر زه کش هم صورت می گیرد . ارتفاع h (فاصله عمودی سطح ایستابی در نقطه وسط بین دو لوله زه کش نسبت به تراز لوله زه کش) عامل تعیین کننده شیب هیدرولیکی در جریان آب به طرف لوله ها است . چنانچه مقدار KD در لایه خاکی که زه کش روی آن قرار گرفته است و نیز در لایه خاکی که زیر زه کش قرار دارد به اندازه کافی زیاد باشد آب به راحتی به طرف زه کشها جریان پیدا نموده و گرادیان هیدرولیکی کمی مورد نیاز است . در این صورت می توان زه کشها را بافاصله نسبتاً زیادتری از یکدیگر نصب نمود (بزرگتر از ۷۵ تا ۱۰۰ متر) ولی اگر KD کوچک باشد برای برقرار شدن همان مقدار جریان یا باید فاصله زه کشها را کوچک گرفت یا آن که گرادیان هیدرولیکی بزرگتری را اعمال نمود (ارتفاع h بزرگتر شود) . در خاکهایی که نفوذپذیری آنها کم است ، کنترل آب اضافی در منطقه توسعه ریشه ها ، چه به لحاظ فنی و چه به لحاظ اقتصادی ، امکان پذیر نمی باشد مگر آن که روشهای دیگری را به کار برد (به فصل چهارم مراجعه شود) .

۳-۱ سیستمهای زه کش لوله ای

بیشتر شبکه های زه کشی زیرزمینی از نوع لوله ای می باشند . این سیستمها در مورد کنترل شوری برای اراضی تحت آبیاری نیز به کار برده می شود . تا بحال زه کشهای لوله ای در مناطق خشک کمتر به کار گرفته شده اند . دلیل آن هزینه های بالای این سیستمهاست . اما اصلاح خاکهای شور در این مناطق به کار گیری آنها را اجتناب ناپذیر نموده است .



شکل (۳-۱) نحوه جریان آب به داخل زه کشهای لوله‌ای موازی

۳-۱-۱ الگوی قرار گرفتن لوله ها در مزرعه

وضع قرارگرفتن زه کشهای مزرعه و کولکتورها (یا جمع کننده هایی که زه آب به داخل آنها می ریزد) بستگی به پستی و بلندی زمین دارد . زه کشهایی بیشتر کارآیی دارند که از نقاط گود مزرعه عبور نمایند . زیرا این نقاط طبیعتاً نقاطی هستند که آب به اقتضای نیروی ثقل در آنجاها جمع می شود . مثلاً چنانچه در یک مزرعه در تعدادی از نقاط پست حالت باتلاقی بوجود آید بهترین شبکه آن خواهد بود که این نقاط از طریق زه کشها به همدیگر متصل شوند . مسلم است در این شرایط سیستم زه کشی مطابق شکل (۳-۲) نامنظم خواهد بود . این سیستمها را **سیستم طبیعی** گویند . در این شرایط معمولاً یک کانال روباز عمیق حفر و مسیر آن طوری انتخاب می شود که از نقاط گود مزرعه عبور کند .

اگر تعداد نقاط گود مزرعه زیاد باشد اجرای طرح شبکه طبیعی کارآیی خود را از دست داده و اجرای آن نیز خالی از اشکال نخواهد بود . در این شرایط شبکه منظمی از زه کشها احداث می گردد . از جمله شبکه های منظم می توان سیستم **شبکه های موازی** (parallel grid system) و **سیستم جناغی** (herringbone) را نام برد (شکل ۳-۲) .

در سیستم جناغی ، کولکتورها (جمع کننده ها) در جهت شیب اصلی زمین و زه کشهای مزرعه یا **لاترالها** (laterals) در امتداد خطوط تراز (با کمی شیب نسبت به آنها) کشیده می شوند . در این سیستم که نحوه اتصال زه کشها به جمع کننده همانند یک پر می باشد عمق لاترالها درتمام مسیر خود ثابت است . حال آن که در سیستم شبکه های موازی ، شیب لاترالها از طریق افزایش عمق آنها در جهت رسیدن به کولکتور تأمین می گردد . مثلاً عمق لاترال درمحل ریختن آب به داخل کولکتور ۱۰ تا ۲۰ سانتی متر بیشتر از عمق آن در ابتدا

می باشد . در این سیستم شیب لاترالها حدوداً ۵ تا ۱۰ سانتی متر در هر ۱۰۰ متر است و طول آنها بندرت از ۲۵۰ متر تجاوز می کند . با توجّه به شیب کف لاترالها ، درسیستم شبکه های موازی ، لاترالها عمود بر کولکتور قرار می گیرند . حال آن که درسیستم جناغی چون عمق لاترال ثابت است و شیب آنها از طریق انحراف نسبت به خطوط تراز تأمین می شود لذا با زاویه حاده ای به کولکتور می ریزند . برتری یک سیستم بر سیستم دیگر بستگی به موقعیت زمین دارد . در زمینهای مسطح اگر قطعات مستطیلی شکل باشد روش شبکه های موازی ارجحیت دارد . حال آن که در زمینهای غیرمسطح ، که فقط قسمتی از زمین ممکن است به زه کشی نیاز داشته باشد ، سیستم جناغی بیشتر به کار گرفته می شود .

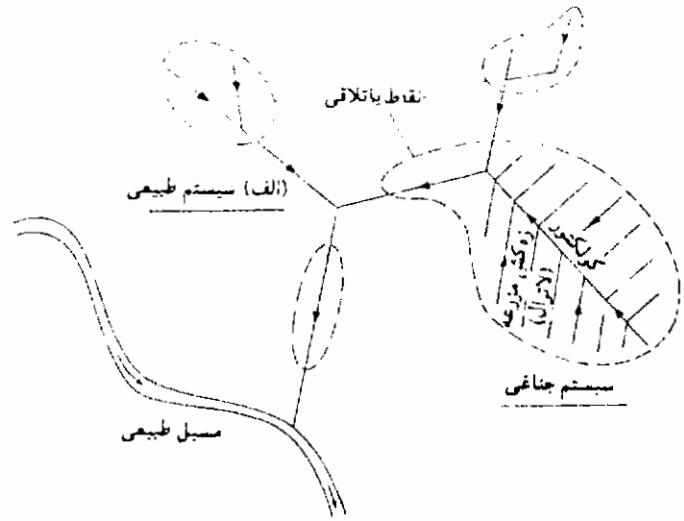
در شرایطی که جریان مشخصی از آب زیرزمینی وجود دارد لاترالها عمود برجهت حرکت آب زیرزمینی احداث می شوند . به طوری که اگر زمین شیب دار باشد لاترالها کم و بیش موازی خطوط تراز و عمود بر شیب کلی زمین قرار می گیرند و کولکتورها در جهت شیب ، زه آب را از زمین خارج می سازند .

لاترالهای موازی خطوط تراز با کولکتورهای عمود برآن در اراضی مسطح زیاد به کار گرفته می شود زیرا در این حالت آب می تواند از دو جهت وارد کولکتور گردد . ولی اگر کولکتور موازی خطوط تراز باشد لاترالها فقط ازیک طرف به آن می ریزند (شکل ۳-۲) ، مگر آن که شیب زمین خیلی کم باشد . درحالت اخیر به دو برابر حالت اول کولکتور نیاز خواهد بود .

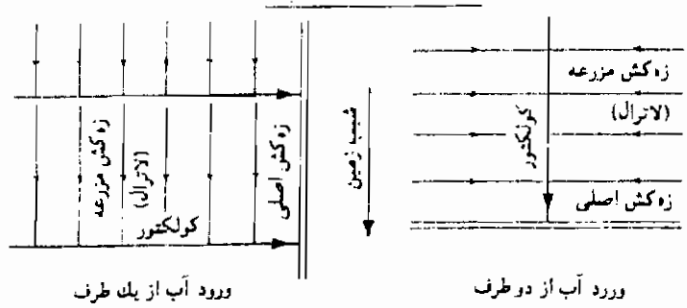
۳-۱-۲ سیستمهای منفرد و مرکب

لاترالهای لوله ای ممکن است به داخل کانالهای کولکتور روباز یا کولکتورهای لوله ای ، تخلیه شوند . حالت اوّل را **سیستم ساده یا منفرد**(singular) و حالت دوم را **سیستم مرکب** (composite) گویند . در شکل ((۳-۳) این دو سیستم نشان داده شده است در مورد انتخاب هریک از شبکه های فوق باید موارد زیر را در نظر گرفت :

الف ـ آبهای سطحی ، در صورت وجود کانالهای کولکتور آب سطحی اضافی می تواند وارد آن شده و از زمین خارج گردد .



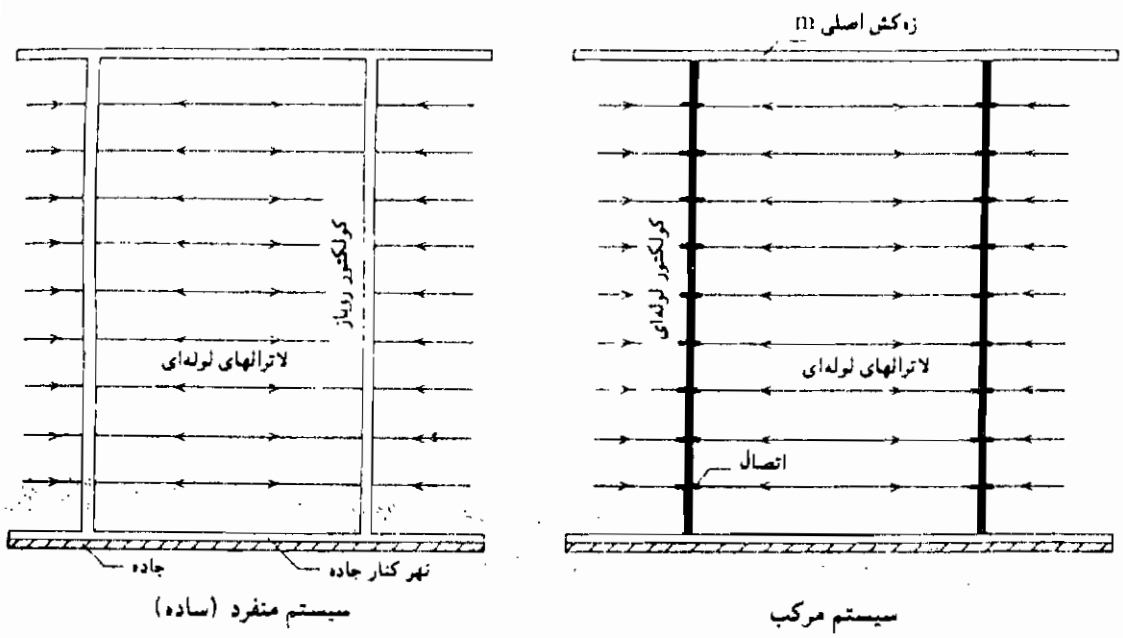
(ب) سیستمهای شبکه‌ای موازی



ورود آب از دو طرف

ورود آب از یك طرف

شکل (۳-۲) الگوهای مختلف قرارگرفتن زه‌کشها در مزرعه



سیستم مرکب

سیستم منفرد (ساده)

شکل (۳-۳) سیستمهای زه‌کش لوله‌ای ساده و مرکب

ب ـ *ابعاد زمین و مقدار خاك تلف شده* ، طول لاترالهای لوله ای نباید علی القاعده از ۳۰۰ متر تجاوز نماید . این امر باعث می شود که عرض زمین در مورد کولکتورهایی که آب از یک طرف به آنها می ریزد به ۳۰۰ متر و در مورد کولکتورهایی که آب از دو طرف وارد آنها می شود به ۶۰۰ متر محدود گردد . در شبکه های ساده تلفات زمین به ۲ تا ۳ درصد می رسد .

ج ـ *انسداد* ، در شبکه های ساده به سادگی می توان مشاهده کرد که آیا آب از لوله های زه کش وارد کولکتور می شود یا خیر و اگر انسدادی صورت گرفته باشد نسبت به رفع آن اقدام نمود ولی در سیستمهای مرکب مشاهده طرز کار لوله ها امکان پذیر نمی باشد .

د ـ *نگهداری* ، کولکتورهای روباز در مقایسه با نوع لوله ای بیشتر نیاز به مراقبت و تعمیر دارند (هر ۲ سال تعمیر در مقابل ۵ تا ۱۰ سال) .

هـ ـ *گرادیان هیدرولیکی* ، در مورد کولکتورهای لوله ای گرادیان هیدرولیکی باید حدوداً ۵ تا ۱۰ برابر بیشر از کولکتورهای روباز باشد .

و ـ *هزینه* ، شبکه های مرکب هزینه اوّلیه زیادی در بردارند ـ به خصوص اگر لازم باشد در محل اتصال لوله ها تأسیساتی برای بازرسی نیز ساخته شود . ولی با توجه به این که هزینه نگهداری آنها کمتر است اختلاف هزینه کلی در دو نوع سیستم زیاد نخواهد بود .

ز ـ *خروجیها* ، محل اتصال زه کشهای لوله ای به کولکتور روباز به عنوان نقاط ضعف سیستم محسوب می شود زیرا این نقاط در زمان لایروبی کولکتور صدمه پذیرند .

با توجه به مطالبی که در بالا گفته شد و در نظر گرفتن تمام جوانب امر ، چنین به نظر می رسد که سیستمهای ساده برای اراضی مسطح و آب هوای مرطوب ارجحیّت دارد و سیستم مرکب مناسب اراضی شیب دار است . هم چنین در مناطق خشک که در آن زه کشی برای کنترل شوری می باشد سیستم مرکب به کار می رود تا تداخلی با سیستم کانالهای آبیاری نداشته باشد .

۳ ـ ۱ ـ ۳ زه کشهای لوله ای

استفاده از زه کشهای لوله ای قدمتی ۲۰۰ تا ۳۰۰ ساله دارد . شروع زه کشهای لوله ای به این ترتیب بود که کانالی عمیقی حفاری و در کف آن قلوه سنگ یا چوب و شاخ و برگ ریخته می شد سپس بقیه آن به وسیله خاك حفاری شده پر می گردید . بتدریج کار گذاشتن جعبه های چوبی که مشابه لوله عمل می کردند آغاز گردید تا این که استفاده از لوله های بتونی ، سفالی و سایر انواع جایگزین آن شد . لوله هایی که در حال حاضر بیشتر در طرحهای زه کشی

از آنها استفاده می شود عبارتند از لوله های سفالی یا بتونی و پلاستیکی (به شکل ۳-۴ مراجعه شود) .

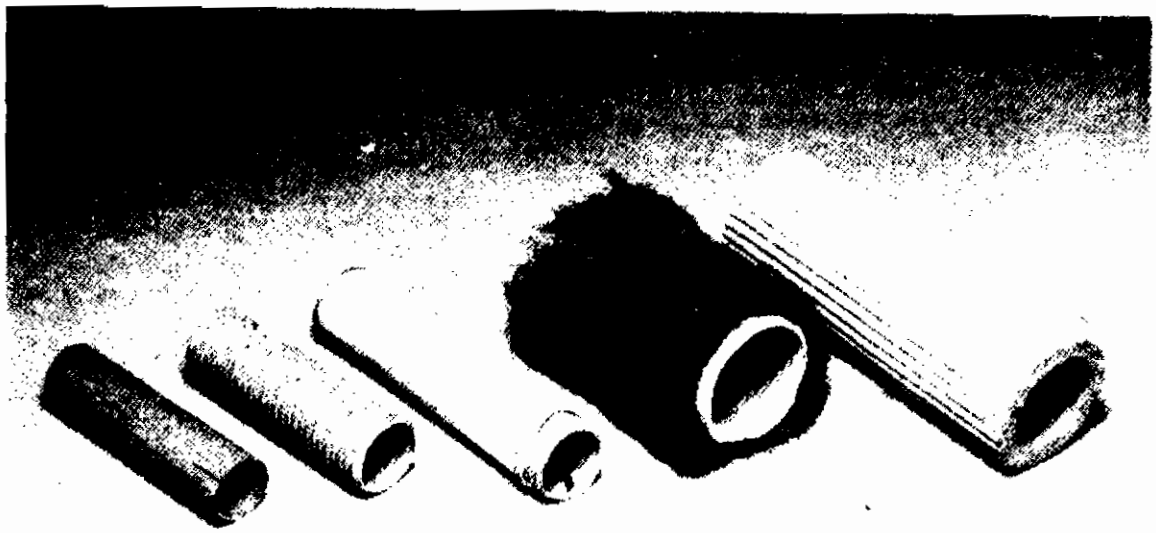
الف ـ لوله های سفالی : این لوله ها دارای اندازه های مختلفی هستند . معمولاً طولی معادل ۳۰ سانتی متر دارند و قطر داخلی آنها ۵ ، ۶/۵ ، ۸ ، ۱۰ و یا ۲۰ سانتی متر است . این لوله ها در مقابل کنشهای شیمیائی خاك بسیار مقاوم می باشند . لوله های سفالی به طور ساده یا به صورت نر و ماده پهلوی همدیگر چیده می شوند و مطابق شکل (۳-۵) آب از محل اتصال آنها وارد لوله می شود . چون لوله ها در هنگام کار گذاشتن بخوبی آب بندی نمی شوند ، لذا در محل اتصال آنها فضای کافی برای عبور آب وجود خواهد داشت .

ب ـ لوله های بتونی : این لوله ها با قطر متوسط یا بزرگ (حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتی متر یا بیشتر) ساخته می شوند . طول آنها ۳۰ سانتی متر و در مورد لوله های بزرگ ۵۰ سانتی متر است . اگر لوله های بتونی با سیمان معمولی پرتلند ساخته شوند به تدریج در اثر سولفات موجود در خاك از بین خواهند رفت لذا اکثراً توصیه می شود که لوله های زه کش بتونی از سیمان ضد سولفات ساخته شود . طرز نصب و وارد شدن آب به داخل آنها مشابه با لوله های سفالی است .

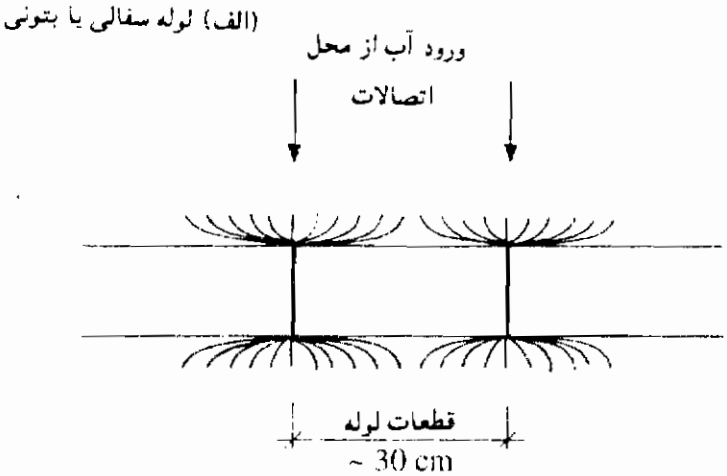
ج ـ لوله های پلاستیکی : این لوله ها از جنس PE (پلی اتیلن) یا PVC (پلی وینیل کلراید) ساخته می شوند که نوع PVC بیشتررایج است . یکی از اشکالهای مهم لوله های PVC شکنندگی آنها در اثر فشار و ترك خوردن در هنگام یخبندان است .

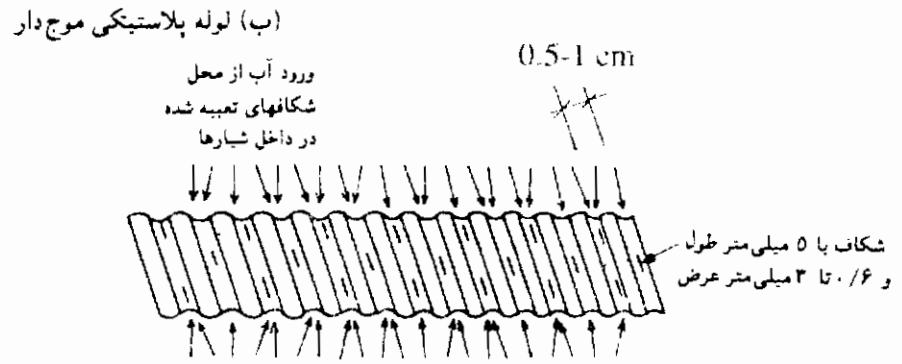
بیشتر لوله های پلاستیکی به صورت موج دار ساخته می شوند . این امر مقاومت بیشتری به لوله می دهد تا فشارهای زیادتری را تحمل نماید ولی وجود لوله های موج دار اصطکاك زیادی را در مقابل حرکت آب ایجاد می نمایند . از این جهت قطر لوله های موج دار باید حدوداً ۲۰ درصد بزرگتر از لوله های صاف باشد تا بتواند همان مقدار جریان را از خود عبور دهند .

لوله های موج دار پلاستیکی معمولاً با قطر خارجی (OD) ۴۰ ، ۵۰ ، ۶۵ ، ۸۰ ، ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی متر ساخته می شوند . قطر داخلی آنها (ID) حدوداً ۰/۹ قطر خارجی است ($ID \approx 0.9 \times OD$) . توصیه می شود برای کولکتورها بجای استفاده از لوله های پلاستیکی قطور از لوله های بتونی استفاده شود .



شکل (۳-۴) انواع مختلف لوله‌های زه‌کش





شکل (۳-۵) وارد شدن آب به‌داخل لوله‌های سفالی ، بتونی و پلاستیک موج‌دار

لوله های پلاستیکی همان طور که در شکل (۳-۵) نشان داده شده است به صورت مشبک یا سوراخ دار ساخته می شوند تا آب بتواند از سوراخهای آن وارد لوله شود. این سوراخها، درز یا شکافهای ساده ای هستند که به عرض ۰/۶ تا ۲ میلی متر در داخل شیار (موج) لوله ایجاد شده اند. به طور کلی تعداد و سطح مقطع درزها باید طوری باشد که مساحت سوراخها در هر متر طول لوله حداقل ۸۰۰ میلی متر مربع باشد.

افت انرژی در محل ورود آب به داخل لوله ها

با توجّه به کوچک بودن سطح مقطع جریان در هنگام ورود آب به داخل لوله های زه کش (درز اتصال در لوله های سفالی و بتونی و شکافهای تعبیه شده در جدار لوله های پلاستیکی) و مقاومت این درزها در مقابل حرکت آب مقداری از انرژی آب در هنگام ورود به لوله تلف می شود. افت بار (head loss) یا انرژی از فرمول زیر محاسبه می گردد:

$$h_e = \alpha \frac{Q}{K}$$ (مقایسه با فرمول دارسی)

در این فرمول:

h_e افت بار در محل ورود آب به داخل لوله، m.

α ضریب اصطکاك، بدون بعد.

Q دبی ورودی به داخل لوله در هر متر طول آن، $m^3.m^{-1}.day^{-1}$.

K ضریب هدایت هیدرولیکی موادی که دور لوله ریخته می شود $m.day^{-1}$.

مقدار ضریب α برابر است با:

برای لوله های سفالی و بتونی $\alpha = 0.4 - 2.0$

برای لوله های پلاستیکی صاف $\alpha = 0.4 - 0.6$

برای لوله های پلاستیکی موج دار $\alpha = 0.05 - 1.0$

معمولاً لوله های سفالی و بتونی در مقایسه با لوله های پلاستیکی مقاومت بیشتری در برابر ورود آب به داخل لوله نشان می دهند زیرا فاصله درزهایی که آب از آنها وارد لوله می شود نسبت بهم زیاد است. مقاومت لوله های پلاستیک در مقابل ورود آب به این دلیل کمتر است که سطح مقطع سوراخهایی که آب از آنها وارد لوله می شود نسبت به لوله های سفالی و بتونی بیشتر است. مقدار ضریب α از نظر انتخاب نوع موادی که به عنوان فیلتر در اطراف لوله

ریخته می شود حائز اهمیت است .

در انتخاب نوع لوله های زه کش معیار اصلی مقایسه هزینه ها و موجود بودن آنها در بازار می باشد ، ولی باید نکات زیر را نیز در نظر داشت :

الف ـ اگر لوله های زه کش در محل موجود نباشد ساختن لوله های بتونی به وسیله قالب ریزی ساده ترین روش تهیّه لوله است .

ب ـ اگر تمام انواع لوله ها در اختیار باشد ، استفاده از لوله های پلاستیکی موج دار در اولویت قرار دارد . دلیل آن سبکی ، طویل بودن قطعات ، و سایر محسّنات دیگر است . علاوه بر این اگر در کارگذاشتن لوله های پلاستیک دقت نشود این امر از کارآیی آن نمی کاهد . زیرا آب از محل اتصال قطعات وارد نمی شود . چنانچه کار گذاشتن لوله ها با ماشین صورت می گیرد لوله های پلاستیکی ارجح می باشند . زیرا کارکردن باآنهابه وسیله ماشین ساده است .

ج ـ در مورد قطرهای کوچک (کمتر از ۱۰ سانتی متر) قیمت این سه نوع لوله چندان متفاوت نیست ، ولی در قطرهای بزرگتر ، لوله های بتونی ارزانترین و لوله های پلاستیکی گرانترین می باشد .

۳-۱-۴ پوشش دور لوله های زه کش (envelope)

موادی که دور لوله های زه کش ریخته می شود دارای دو وظیفه اساسی می باشند .

الف ـ از نظر هیدرولیکی باعث تسهیل جریان آب به داخل لوله شده و در نتیجه تلفات انرژی کاهش پیدا می کند .

ب ـ از ورود ذرّات معلق موجود در آب به داخل لوله جلوگیری به عمل می آورد . به عبارت دیگر این مواد به عنوان صافی عمل می نمایند .

موادی که به عنوان پوشش مورد استفاده قرار می گیرند ، بسته به هریک از هدفهای فوق ، دارای جنبه های مثبت یا منفی می باشند . عمل نمودن پوشش به عنوان صافی در اوایل احداث زه کش بسیار مهم است ولی پس از نشست و تثبیت خاکهای اطراف و بالای لوله این تأثیر از اهمیّت زیادی برخوردار نخواهد بود مگر در مورد خاکهای ناپایدار .

موادی که معمولاً برای پوشش دور لوله استفاده می شود علی القاعده باید دارای نفوذپذیری زیادی باشند . این امر باعث می شود که اولاً افت انرژی در محل ورود آب به داخل لوله کاهش یابد (ضریب α به شدت کاهش پیدا نموده و کمتر از ۰/۱ می شود) و دیگر

آن که سرعت آب (سرعت حقیقی از داخل ذرات) کاهش یافته ، موجب می شود که ذارت معلق آب رسوب نموده و به داخل لوله راه پیدا ننمایند . این دو منظور زمانی حاصل می شود که ضخامت پوشش حداقل ۵ تا ۱۰ میلی متر و مقدار ضریب K در آن حدوداً ۱۰ برابر ضریب هدایت هیدرولیکی خاك باشد . موادی که می توانند این دو منظور را برآورده سازند عبارتند از ، شن درشت و گراول (سنگریزه) ، مواد آلی (مانند شاخ و برگ و کاه و کلش) و مواد مصنوعی (از قبیل الیاف و دانه های پلاستیکی) . البته مواد آلی دوام چندان زیادی ندارند .

عمل نمودن پوشش به عنوان صافی در شرایطی که امکان وارد شدن ذرات خاك به داخل لوله زیاد باشد بسیار حائز اهمیت است ، زیرا این مواد عامل اصلی مسدود شدن لوله ها می باشد . برای این منظور اندازه منافذ فیلتر باید به دقت تعیین گردد تا با اندازه ذرّات خاك اطراف هم آهنگی فیزیکی داشته باشند . یک فیلتر کامل از ورود هر ذره ای به داخل لوله جلوگیری می نماید . ولی تجربه ثابت نموده است که فیلترهایی خوب هستند که برخی از ذرّات را که اندازه آنها کوچک است از خود عبور دهند . این ذرات در آب به صورت معلق باقی مانده و همراه جریان آب از لوله ها خارج می گردند .

وجود فیلتر در خاکهایی که به آسانی فرسایش پیدا می کنند الزامی است . تجربه نشان داده است که حساس ترین خاکها در این رابطه خاکهای شنی نرم وسیلتی درشت می باشند که دانه بندی یکنواختی داشته و متوسط اندازه ذرّات تشکیل دهنده آنها بین ۲۰ تا ۱۰۰ میکرون است . سرعت وارد شدن آب به داخل زه کش معمولاً آن قدر زیاد نیست که بتواند ذرات بزرگتر را نیز وارد زه کش نماید . در ضمن ذرّات کوچکتر از ۲ میکرون هم به دلیل چسبندگی که دارند در مقابل جریان آب مقاومت نموده و وارد زه کش نمی شوند .

پوشش گراول یا سنگریزه

در پوشش دور لوله های زه کش به توسط گراول نقش صافی بودن آن مطرح است . به همین دلیل برای آن فقط از واژه صافی یا فیلتر استفاده می شود . در مورد این که چه نوع ذراتی برای فیلتر مورد استفاده قرار گیرد سازمان حفاظت خاك امریکا (USSCS) و دفتر عمران آن کشور (USBR) مطالعات زیادی انجام داده اند که می توان نتایج این تحقیقات را در طرحهای زه کشی به کار برد .

براساس معیارهای سازمان حفاظت خاك امریکا فیلتر باید دارای خصوصات زیر باشد :

$$\frac{D_{50F}}{D_{50S}} = 12 - 58$$

$$\frac{D_{15F}}{D_{15S}} = 12 - 40$$

در این فرمولها :

D_{50} = اندازه سوراخهای غربالی که ۵۰ درصد وزن مواد از آن عبور نماید .

D_{15} = اندازه سوراخهای غربالی که فقط ۱۵ درصد وزن مواد از آن بگذرد .

F = علامت اختصاری مواد تشکیل دهنده فیلتر .

S = علامت اختصاری خاك .

از نظر پایداری فیلتر نیز باید معیارهای زیر صادق باشد :

$$\frac{D_{15F}}{D_{85S}} \leq 5; \quad D_{100F} \leq 38 \text{ mm}; \quad D_{90F} \leq 20 \text{ mm}$$

$$D_{85F} \geq \frac{\text{عرض شکافهایی که در جدار لوله ایجاد می شود}}{۲}$$

با توجه به این که کنترل ذرات ریز حائز اهمیّت است اخیراً شرط زیر هم به شرایط بالا اضافه شده است .

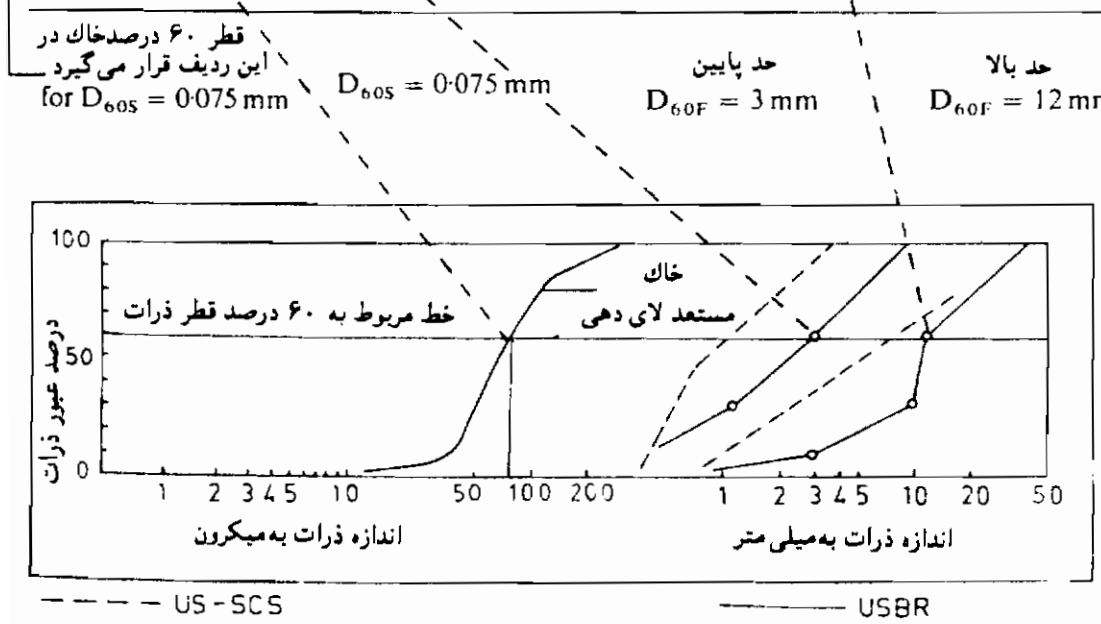
$$D_{5F} \geq 0.42 \text{ mm} \quad \text{(FAO, 1980)}$$

روش USBR براساس D_{60S} یا اندازه ای از قطر ذرّات خاك که ۶۰ درصد مواد تشکیل دهنده از آن کوچکتر باشد استوار است (عدد مربوط به ۶۰ درصد درمنحنی دانه بندی خاك) مطابق جدول(۳-۱)اگرD_{60}خاك ۰/۰۷۵ میلی متر باشد ($D_{60S} = 0.075$ mm) این عدد در محدوده ۰/۱ - ۰/۰۵ یعنی ردیف دوم قرار گرفته که در مقابل آن دو سری از اعداد مشاهده می گردد . هر یک از این سری ها در واقع مختصّات نقاط مربوط به منحنیهای دو حد دانه بندی فیلتر را به ازاء ۱۰۰ ، ۶۰ ، ۳۰ ، ۱۰ ، ۵ و ۰ درصد نشان می دهد . سری اوّل حد پایین و سری دوم حدبالای این منحنیها است . به عبارت دیگر چنانچه این دو منحنی مطابق شکل (۳-۶) در یک دستگاه محور مختصّات رسم شوند دو حد بالا و پایین دانه بندی فیلتر مشخص می شود، و مواد تشکیل دهنده فیلتر بایدطوری انتخاب شود که اگر منحنی دانه بندی آن درهمین دستگاه مختصّات ترسیم شد بین دو حد فوق قرار گیرد . در شکل (۳-۶) منحنی دانه بندی یک

نوع خاك مستعد لای دهی که قرار است در آن زه‌کش لوله‌ای نصب گردد رسم شده است . برای این نوع خاك و براساس معیارهای USSCS دو حد بالا و پایین منحنی دانه‌بندی فیلتر ترسیم شده است . در همین شکل دو حد مربوط به دانه‌بندی فیلتر به روش USBR نیز رسم گردیده است .

جدول (۳-۱) رابطه دانه‌بندی خاك و فیلتر (USBR, 1978)

قطری که ۶۰ درصد ذرات خاك کوچکتر از آنند (میلی‌متر)	حدود دانه‌بندی فیلتر (قطر ذرات ، میلی‌متر)											
	حد پایین						حد بالا					
	درصدی که از الك عبور می‌کند						درصدی که از الك عبور می‌کند					
	100	60	30	10	5	0	100	60	30	10	5	0
0·02–0·05	9·52	2·0	0·81	0·33	0·3	0·074	38·1	10·0	8·7	2·5	—	0·59
0·05–0·10	9·52	3·0	1·07	0·38	0·3	0·074	38·1	12·0	10·4	3·0	—	0·59
0·10–0·25	9·52	4·0	1·30	0·40	0·3	0·074	38·1	15·0	13·1	3·8	—	0·59
0·25–1·00	9·52	5·0	1·45	0·42	0·3	0·074	38·1	20·0	17·3	5·0	—	0·59



شکل (۳-۶) انتخاب فیلتر براساس دو روش USSCS و USBR

پوششهای مصنوعی و آلی

در سالهای اخیر استفاده از مواد آلی و مصنوعی به عنوان فیلتر برای دور لوله های زه کش مرسوم شده است . از جمله این مواد می توان الیاف تابیده شده یا نتابیده مصنوعی را نام برد . در برخی موارد دور لوله با پارچه پیچیده می شود .

در مورد الیاف نازك ، هدایت هیدرولیکی در جهت عرض (عمود بر جدار لوله) زیاد است . $K > 20\ m.day^{-1}$ حال آن که قابلیت انتقال این مواد در سطح (جهت موازی با جدار لوله) بسیار کم است . الیاف تابیده شده نازك دارای سوراخهای یکنواختی می باشند ولی تخلخل الیاف نتابیده شده در محدوده معینی متغیر است . هر دوی این مواد را می توان به عنوان فیلتر استفاده کرد ولی قرار گرفتن آنها روی درزها و شکافهای لوله های پلاستیک و سفالی و بتونی باعث مسدود شدن نسبی درزها شده و ورود جریان آب به داخل لوله با مقاومت بیشتری روبرو می گردد . بهترین استفاده از الیاف پارچه ای کاربرد آنها برای محافظت پوششهای سنگریزه ای در مقابل خاکهای ناپایداری است که ترانشه ها با آن پر می شود . همچنین در لوله های پلاستیک موج دار که درز وشکافها در داخل شیارهای لوله تعبیه می شوند ، استفاده از الیاف و پارچه هایی که مانند آستین لوله را در بر می گیرد مناسب است .

پوششهای ضخیم مانند الیاف نارگیل و یا نمدهای پروپلین دارای این خاصیت می باشند که ضریب هدایت هیدرولیکی آنها در سطح نیز زیاد است لذا تمامی توده الیاف در هدایت آب ازخاك به داخل لوله کمک می نمایند . خلل و فرج پوششهای مصنوعی ضخیم در اثر فشاری که توده خاك بر آن وارد می آورد تغییر پیدا می کند . این موضوع دارای اهمیت زیاد بوده و معیاری است که در انتخاب نوع پوششها باید در نظر گرفته شود .

فیلترهای مصنوعی سریعاً به وسیله ترکیبات آهن ، منگنز و گیاخاك (هوموس) مسدود می شوند . بعضی از آنها نیز در مجاورت با آب متورم می شوند و بهتر است قبل از استفاده از این بابت مورد آزمایش قرار گیرند .

روش به کار بردن فیلتر

استفاده از موادی که به عنوان فیلتر و پوشش دور لوله های زه کش به کار برده می شوند بستگی به نوع مواد و روش لوله گذاری دارد که به صورت زیر صورت می گیرد .

الف ـ به صورت توده‌ای : این مواد بدون آن که کوبیده شوند در ترانشه و روی لوله ریخته می شود (به طوری که ۷۵ درصد پوشش ایجاد شود) . در هنگام کار با ماشین می توان پوشش را به ۱۰۰ درصد نیز رساند . از جمله موادی که به صورت توده‌ای مصرف می شوند می توان از گراول و سنگریزه و پیت نام برد .

ب ـ لوله های پوشش شده : معمولاً بعضی لوله های موج دار پلاستیکی قبلاً در کارخانه به وسیله پارچه یا مواد آلی و مصنوعی پوشش می شوند که به همان صورت در مزرعه در زیر زمین نصب می شوند .

ج ـ به صورت نوار : در این روش در زیر یا روی لوله نواری از مواد آلی یا مصنوعی قرار داده می شود . امروزه این روش منسوخ شده و از همان لوله های پیش پوشش شده استفاده می شود .

باید توجّه داشت که بیشتر آبی که داخل زه کش می شود از قسمت تحتانی آن وارد می شود لذا ریختن فیلتر مناسب در زیر لوله اهمیت زیادی دارد . چون خاك روی لوله نیز به اندازه کافی فشرده نمی شود ، امکان وارد شدن سیلت از قسمتهای بالا وجود دارد . لذا توصیه می شود که فیلتر بطور کامل دور تا دور لوله را بپوشاند .

معیارهای انتخاب مواد

علاوه بر مسأله قیمت و موجود بودن مصالح در محل ، در انتخاب فیلتر باید به نکات زیر توجه گردد :

ـ چنانچه خاك دارای ساختمان خوبی باشد و لوله گذاری زمانی انجام شده باشد که خاك خشک بوده و خاکریزی روی لوله ها نیز به دقت صورت گرفته است می توان از ریختن فیلتر دور لوله خودداری نمود . ولی اگر این شرایط برقرار نیست وجود فیلتر الزامی است .

ـ اگر ساختمان خاك خوب نبوده و ذرّات آن به سادگی پراکنده می شوند فیلتر را تا حد ممکن باید ضخیم گرفت (به طوری که ضخامت آن پس از کوبیده شدن ۱ تا ۲ سانتی متر باشد) این موضوع کلیّه خاکهای سیلتی ، شنی ، شنی سیلتی و خاکهای سدیمی را در برمی گیرد .

ـ اگر وجود فیلتر تنها به عنوان صافی مطرح باشد می توان از الیاف مصنوعی که به صورت تابیده یا معمولی در بازار یافت می شوند برای این منظور استفاده نمود . البته الیاف مصنوعی را باید فقط در مورد لوله های موج دار به کاربرد و از استعمال آن در زه کشهای لوله ای

که از جنس پلاستیک صاف ، سفال و یا بتون ساخته شده اند خودداری کرد . زیرا این امر باعث می شود که مقاومت شدیدی در مقابل ورود آب به داخل زه کش ایجاد گردد .

ـ در مواردی که جریان ورودی آب به داخل لوله های زه کش زیاد باشد ریختن فیلتر در اطراف لوله ها چه به لحاظ اقتصادی و چه به لحاظ فنی قابل توجیه است .

۳-۱-۵ ساختمانهای مربوط به زه کشهای لوله ای

تأسیسات و ساختمانهای مربوط به زه کشهای لوله ای غالباً ساده است که برخی از تیپهای آن در شکل (۳-۷) نشان داده شده است .

محل خروج لوله زه کش و ریختن آن به داخل نهر یا کانال

این ساختمانها باید نیازهای زیر را برآورده سازند .

ـ از نظر طرز کار قابل اطمینان باشد . در غیراین صورت عدم کارآیی آنها باعث به هم خوردن کل سیستم می گردد .

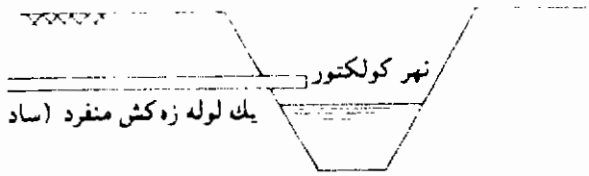
ـ از فرسایش دیواره های جانبی جلوگیری به عمل آورد .

ـ در رابطه با نگهداری کانال و نهر مشکلی را ایجاد ننماید .

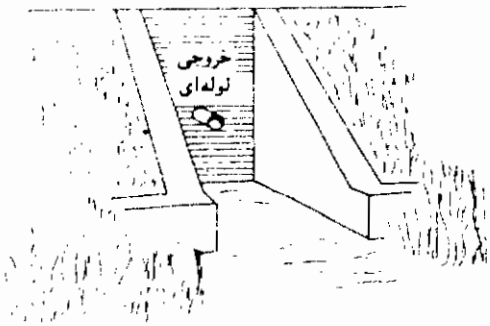
ـ از وارد شدن حیوانات به داخل سیستم جلوگیری نماید (در لوله هایی که $ID > 5\ cm$ می باشد) .

در شبکه های زه کش ساده که سطح زه کشی در آنها کمتر از یک هکتار باشد یک لوله پلاستیکی به طول ۱۵۰ تا ۲۰۰ سانتی متر که نیمی از آن لوله زه کش را در برگرفته باشد و نیم دیگر مطابق شکل (۳-۷) از خاك بیرون زده و در داخل نهر قرار گیرد کفایت خواهد نمود . چنانچه بیرون زدگی لوله در جدار نهر مانع از لایروبی و نگهداری کانال گردد می توان به دو طریق عمل نمود ، یا لوله پلاستیکی را طوری انتخاب کرد که به توان آن را بیرون آورده و دوباره جایگزاری نمود و یا آن که قسمت بیرون زدگی لوله را حذف و دیواره محافظ سرسره مانندی (Chute) در محل ورود لاترال به نهر ساخته شود . در کولکتورهای بزرگتر برای محل خروج آب از لاترال باید تأسیسات محکمتری بنا شود (شکل ۳-۷) .

(الف) خروجی یك لوله زه‌کش به‌داخل نهر رویباز

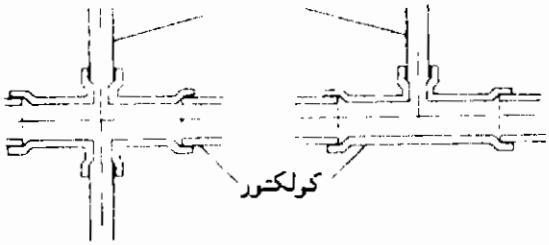


یك خروجی لوله ساده برای زه‌کشهای منفرد (ساده)



ساختمان خروجی
برای یك زه‌کش کولکتور

(ب) اتصالات در یك سیستم زه‌کش لوله‌ای لاترال

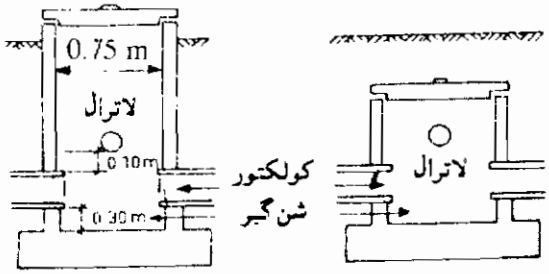


قطعات T شکل

مقطع

اتصالات کور

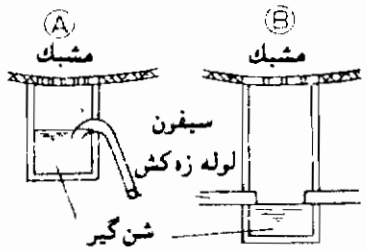
سرپوش در سطح زمین یا در زیرزمین



محل اتصالات (محفظه بازرسی)

(ج) ورود آبهای سطحی به‌زه‌کش لوله‌ای

ورودی کور



ورودی باز
A (در کنار)
B (در روی خط)

شکل (۳-۷) تأسیسات مربوط به‌سیستم زه‌کشی لوله‌ای

اتصالات و محفظه های بازرسی

این تأسیسات در شبکه های زه‌کشی مرکب و برای متصل کردن لوله های لاترال و کولکتور به همدیگر ساخته می شوند . بیشتر اتصالات از نوع کور (blind) بوده و امکان بازرسی از طرز کار آنها پس از نصب وجود ندارد (شکل ۳-۷) .

در بعضی جاها لازم است در محل اتصال لوله ها حوضچه ای ساخته شود که به عنوان شن گیر مورد استفاده قرار گیرد و هرچند وقت یک بار آن را تمیز و لایروبی نمود . ساختن این حوضچه ها گران تمام می شود لذا باید فقط در نقاط مهم ساخته شوند (مثلاً در جاهایی که شیب زه کشهای کولکتور کم بوده و یا لوله زه کش حداقل به اندازه ۲۵۰ متر راه را طی کرده باشد) . تجربه نشان داده است که محفظه های بازدید اگر بیرون از سطح زمین باشند اشکالات زیادی از نظر برخورد با عملیّات و ماشین آلات کشاورزی ایجاد می کنند . از این جهت بهتر است مطابق شکل (۳-۷) در زیر زمین ساخته شده و در روی زمین فقط علامتی گذاشته شود تا در مواقع نیاز بتوان محل آن را بسادگی پیدا کرد .

ورودیهای مربوط به آبهای سطحی

این تأسیسات در جاهایی ساخته می شوند که آب سطحی در آنجا جمع شده و بخواهیم این آب از طریق زه کشهای زیرزمینی خارج گردد . در این وضعیّت باید برای جلوگیری از ورود شن به داخل لوله ها تدابیر لازم اندیشیده شود . در شکل (۳-۷) دو تیپ ساختمانی مربوط به ورود آبهای سطحی به داخل لوله های زه کش مشاهده می گردد . یکی از آنها نوع **ورودیهای بسته یا کور** است که در محل مورد نظر مقداری گراول و قلوه سنگ روی لوله ریخته می شود تا همتراز خاك اطراف گردد . نوع دیگر **ورودیهای باز** است که به صورت محفظه های شن گیر ساخته می شوند . در این شکل دو نوع از این محفظه ها نشان داده شده است ، یکی برای حالتی که حوضچه در وسط خط لوله قرار می گیرد و دیگری برای موردی که در انتهای آن واقع گردد .

خاکی که لوله های زه کش روی آن خوابانده می شود معمولاً به اندازه کافی ، که بتواند فشار ناشی از لوله را تحمل نماید مقاومت دارد در غیر این صورت باید کف ترانشه را قبل از خوابانیدن لوله زیرسازی کرد . پوشش فیلتری که دور لوله را می گیرد ، گرچه برای این منظور نیست ، ولی می تواند این هدف را نیز برآورده سازد . در مواردی که لوله زه کش از محلی که مقاومت کمتری دارد عبور می کند باید نسبت به استحکام بخشیدن بیشتر لوله اقدام شود در غیراین صورت خطر شکستگی لوله وجود خواهد داشت .

۳-۲ شبکه های انهار زه کش

این شبکه ها شامل انهاری است که به صور مختلف کشیده می شود . برای آن که انهار

بتوانند به عنوان زه کش زیرزمینی نیز عمل نمایند باید به اندازه کافی عمیق حفر شوند (۱ تا ۱٫۵ متر عمق نسبت به سطح خاك) . انهار معمولاً به شکل ذوزنقه و با شیب جانبی ۱ : ۱ تا ۲ : ۱ ساخته می شوند (بسته به نوع خاك) .

در این مورد که آیا زه کشها به صورت نهر روباز انتخاب شوند و یا لوله های سربسته عوامل زیادی دخالت دارد . از جمله باید موارد زیر را در نظر داشت ؛

الف ـ آبهای سطحی : کانالهای روباز می توانند برای جمع آوری آبهای سطحی نیز مورد استفاده قرار گیرند در صورتی که لوله های زیرزمینی به سختی قادر به انجام این وظیفه می باشند .

ب ـ از بین رفتن زمین : در مورد کانالهای روباز حدود ۱۰ درصد از زمین به وسیله آنها اشغال می شود (اگر شیب جانبی آنها کم و انهار نزدیک به هم ساخته شوند) در صورتی که تلفات زمین در مورد لوله های زه کش صفر است .

ج ـ ممانعت در برابر انجام عملیات کشاورزی : انهار روباز مانعی از نظر حرکت و رفت و آمد ماشین آلات کشاورزی به حساب می آیند .

د ـ بازرسی و نگهداری : انهار روبازرا باید هرسال چند بار بازرسی و مرمت نمود ولی بازرسی لوله ها هرچند سال یک بار صورت می گیرد . در عمل بازرسی کانالهای روباز هیچ وقت صورت نگرفته و لذا بزودی از کارآیی آنها کاسته می شود .

هـ ـ برای لوله گذاری از ماشینهای ترانشه زن و حفار استفاده می شود حال آن که چنین ماشینهایی برای حفر کانالهای روباز وجود ندارد .

و ـ شرایط خاك : برخی خاکها برای زه کشهای لوله ای و برخی برای زه کشهای روباز مناسب اند . مثلاً رسوب ترکیبات آهن (Ochre) در بعضی خاکها مانع از احداث زه کشهای لوله ای می گردد و یا فرسایش شدید باعث می شود که نتوان زه کشهای روباز احداث نمود .

به طور کلی نتیجه عمل در زه کشهای لوله ای بهتر از زه کشهای روباز است که بیشتر به دلیل نصب بهتر ، عدم نیاز به مرمت ، و عدم جلوگیری از رفت و آمد ماشین آلات و قطعه قطعه نشدن اراضی است . ولی در شرایط زیر زه کشهای روباز نتیجه بهتری دارند ،

الف ـ در صورتی که زمین مورد نظر هم به زه کشی سطحی و هم به زه کشی زیرزمینی نیاز داشته باشد .

ب ـ موقعیت کانالها طوری باشد که مانع رفت و آمد ماشین آلات نشود .

ج ـ نخواهیم طرح زه کشی از استاندارد بالایی برخوردار باشد .
د ـ احداث کانال ارزان تمام شود .

۳-۳ احداث شبکه های زه کش لوله ای

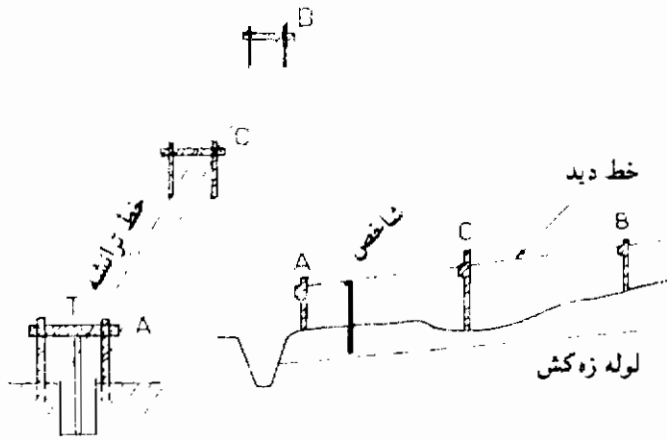
ساختن زه کشهای لوله ای معمولاً شامل دو مرحله است ؛
الف ـ تعیین مسیر و حفر محل نصب لوله ها .
ب ـ لوله گذاری .
جنبه های فنی هریک از موارد فوق در زیر به اختصار تشریح می گردد .

۳-۳-۱ تعیین و حفر مسیر خط لوله

درشکل (۳-۸) اصول کلّی که در این مورد باید رعایت شود نشان داده شده است . ابتدا و انتهای مسیر هریک از لوله ها را با میخ چوبی علامت گذاری کرده و اگر طول مسیر زیاد باشد از میخهای بینابینی نیز استفاده می شود . میخها طوری در زمین کوبیده می شوند که با توجّه به شیب لوله (= شیب کف ترانشه) اگر قسمت انتهایی آنها به هم وصل شود (خط دید) شیبی معادل شیب کف ترانشه داشته باشد . خط دید را می توان به وسیله بستن نخ به میخها برقرار نموده و عمق حفاری را توسط یک ژالون کنترل نمود .

۳-۳-۲ روشهای لوله گذاری

ترانشه را می توان با دست یا با ماشین حفاری نموده و سپس اقدام به لوله گذاری کرد . در بعضی جاها با استفاده از ماشین آلات خاص کار حفاری و لوله گذاری همزمان صورت می گیرد . ماشین آلات مختلفی که در این مورد به کار می رود در شکل (۳-۹) نشان داده شده است . نصب لوله ها شامل انجام عملیّات زیر است ،
ـ حفر ترانشه .
ـ خوابانیدن لوله ها با پوشش دور لوله و یا بدون پوشش .
ـ پر کردن مجدد ترانشه .

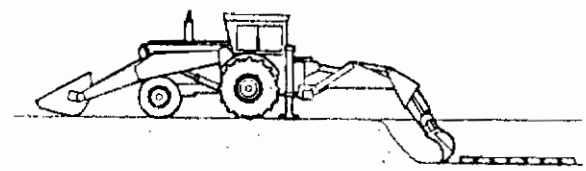


شکل (۳-۸) میخ کوبی مسیر لوله زه کش

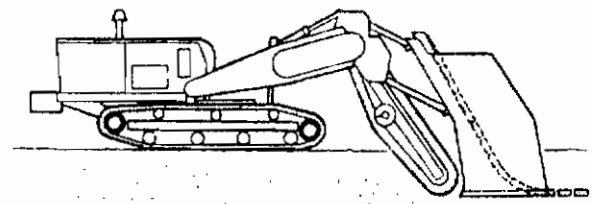
گرچه امروزه انجام کلیه مراحل فوق با استفاده از ماشین آلات جدید امکان پذیر است و یک دستگاه ماشین می تواند هر سه عمل را همزمان انجام دهد ولی هنوز در سطوح کوچک و جاهایی که چنین ماشینهایی در اختیار نیست کار کردن با دست قابل توجیه است . البته باید این کار توسط کارگران ماهر انجام شود . ترکیب این دو ، یعنی حفر ترانشه با ماشین و لوله گذاری با دست ، در اراضی کوچک و به خصوص خاکهایی که دارای قلوه سنگ می باشند بسیار رایج است . در این روش ، هم ماشین به کار گرفته می شود و هم از نیروی کارگر استفاده می شود .

نصب لوله بدون حفر ترانشه در حدود سال ۱۹۶۰ ابداع گردید و از آن سال تابه حال پیشرفتهای زیادی دراین زمینه صورت گرفته است . ولی باید در نظر داشت که هنوز هم این روش دارای محدودیتهایی است . جزئیات این روش در شکل (۳-۱۰) نشان داده شده است . برای جلوگیری از فشرده شدن خاك در اثر حرکت تیغه و کوبیده نشدن خاك اطراف لوله ها لازم است که حفره ایجاد شده در خاك از طریق بالا زدن توده خاك به طرف بالا باشد نه این که تیغه با نیروی زیاد به جلو رانده شده و حفره در اثر کوبیده شدن خاك به اطراف تیغه ایجاد گردد . برطبق اصول کلی مکانیک خاك هنگامی که یک تیغه عمودی به عرض t مطابق شکل (۳-۱۰) در خاك کشیده شود چنانچه عمق نفوذ کم باشد خاك در جهت جلو ، اطراف و رو ببالا جابجا می شود . دراین حالت شکستگی خاك در اثر نیروی برش (shear) در امتداد یک صفحه مشخص که با افق زاویه تقریبی ۴۵ درجه می سازد صورت می گیرد امّا اگر به تدریج عمق نفوذ تیغه در داخل خاك افزایش یابد به عمقی به نام **عمق بحرانی** می رسیم که شکسته شدن خاك در این وضعیت با حالت

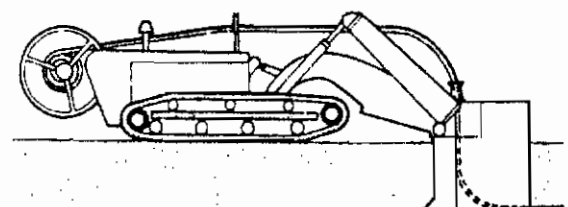
قبل متفاوت است . در عمق بحرانی که حدوداً ۵ تا ۷ برابر عرض تیغه (t) می باشد خاك به دوقسمت تقسیم می شود . در بالای عمق بحرانی شکست خاك در اثر نیروهای برشی موجب درز و ترك دار شدن خاك و در نتیجه افزایش ضریب هدایت هیدرولیکی می گردد اما در زیر عمق بحرانی شکست خاك به دلیل تغییر شکل پلاستیک است که موجب فشرده شدن خاك و لذا کاهش ضریب هدایت هیدرولیکی می گردد . عمق بحرانی در خاکهای مختلف متفاوت بوده امّا به عامل دیگری به نام **نسبت وضع تیغه** (aspect ratio) نیز بستگی دارد . نسبت وضع تیغه حاصل بخش عمق تیغه (که در خاك قرار دارد) به عرض کف تیغه (یا خیش گاوآهنی که ممکن است به آن متصل باشد) است . توصیه می شود پاشنه تیغه با زوایه ۴۵ درجه به آن متصل شده باشد (به شکل ۳-۱۰ رجوع کنید) .



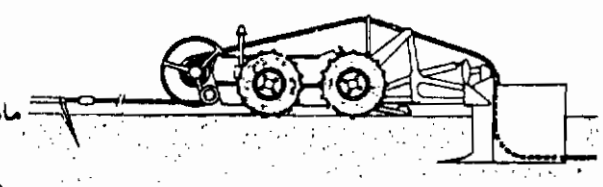
ماشین مکانیکی با بیل
مکانیکی در عقب
(backacter)



ماشین ترانشه‌زن پیوسته
(continuous - trencher)

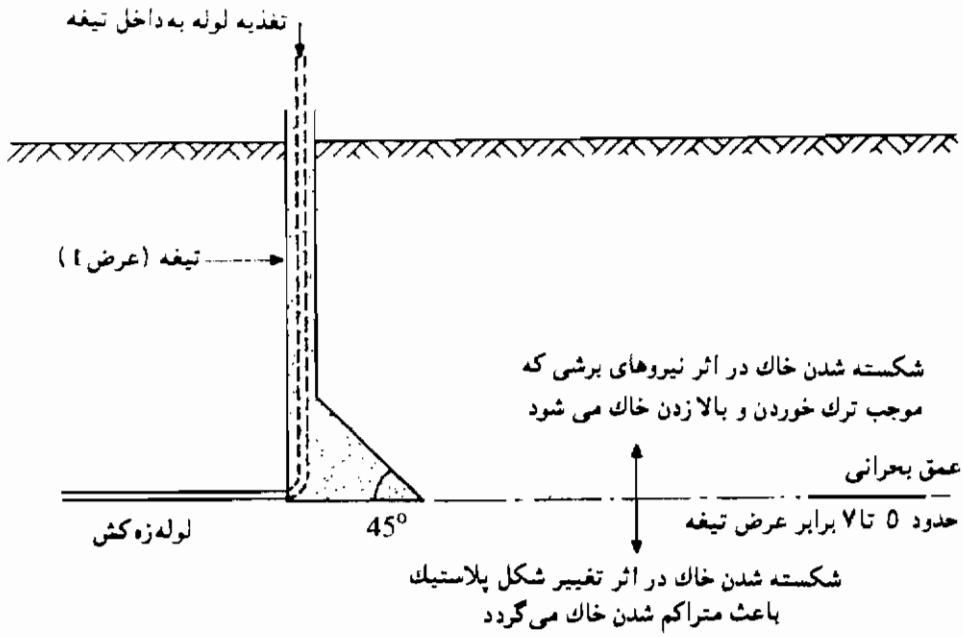


ماشین حفاری بدون ایجاد ترانشه
(نوع چرخ زنجیری خزنده)
(trenchless - crawless)



ماشین حفاری بدون ایجاد ترانشه
نوع سیم بکسلی
(trenchless - winched)

شکل (۳-۹) انواع مختلف ماشین آلات زه کشی



شکل (۳-۱۰) مفهوم عمق بحرانی و استفاده از آن در لوله‌گذاری بدون حفر ترانشه

لوله های زه کش باید در عمق بحرانی و یا در بالاتر از عمق بحرانی نصب شوند که عمق بحرانی همان طور که گفته شد بستگی به شرایط خاك (به خصوص درصد رطوبت آن) و نسبت عمق کار تیغه به ضخامت تیغه دارد . عمق بحرانی در خاکهای خشک بیشتر از خاکهای مرطوب است .

شکل تیغه نیز دراین امر دخالت دارد. تیغه باید مورّب (زاویه دار) و کمی عریض باشد. سرعت حرکت نیز نباید زیاد باشد . مجموعه این عوامل موجب می شود که عمق لوله گذاری در خاکهای خشک به ۱/۵ تا ۲ متر و در خاکهای مرطوب به مراتب کمتر از آن محدود گردد .

۳-۳-۳ ماشین آلات زه کشی

خصوصیّات فنی ماشین آلات زه کشی که درشکل (۳-۹) نشان داده شده است در جدول شماره (۳-۲) ذکر گردیده است . همان طور که مشاهده می شود بیل مکانیکی دارای سرعت کم و ماشین حفاری بدون ترانشه زنی دارای سرعت کار زیادی می باشد . ولی نباید تنها مسأله سرعت را درنظر گرفت بلکه مشخّصات کار ، قیمت و لوازم یدکی و نگهداری آنها نیز ملحوظ گردد . به خصوص که ماشین آلات سنگین انرژی بیشتری را نیز مصرف می نمایند .

الف ـ ماشین حفار با بیل مکانیکی در عقب : معمولی ترین نوع ماشینی که در عملیات

زه کشی از آن استفاده می شود ماشین حفار مجهز به بیل مکانیکی است . قیمت آن نسبتاً ارزان و کار کردن با آن نیز ساده است . تنها ایراد این ماشین آن است که نمی توان کف ترانشه را مطابق دلخواه با شیب معین صاف درآورد و سرعت کار آن نیز کند است . در هرحال این نوع ماشین برای کار در طرحهای کوچک و به خصوص اراضی تپه ای بسیار مناسب است . در خاکهایی که دارای قلوه سنگ می باشند امکان کار کردن با این ماشین وجود دارد . سرعت کم ماشین دارای محاسنی نیز می باشد . ازجمله این که به دقت می توان خاك مسیر را بررسی کرده تا از وارد آمدن خسارت به کابلهای برق و تلفن و سایر تأسیسات زیرزمینی جلوگیری به عمل آید . همزمان با پیشرفت کار و حفر ترانشه زیرسازی و رگلاژ بستر لوله ها با دست انجام می پذیرد .

ب ـ ماشینهای ترانشه زن پیوسته : ظرفیّت ترانشه زنی این ماشینها متفاوت است . اکثر آنها مجهز به زنجیرهایی می باشند که در حین چرخش تیغه هایی را در خاك فرو می برند . از جایی که تیغه ها ، به خصوص در خاکهای قلوه سنگی ، بزودی کند می شود غالباً آنها را به شکل سطل می سازند . با این ماشینها می توان لوله های پلاستیکی و یا سفالی را در کف ترانشه قرار داده و سنگریزه و گراول از مخزنی که همراه با ماشین در حرکت است به عنوان بخشی از عملیات در کف و جدار لوله ریخته می شود .

جدول (۳-۲) خصوصیّات فنی انواع ماشین آلات زه کشی

نوع ماشین	قدرت مورد نیاز kW(HP)	حداکثر عمق حفاری m	عرض ترانشه m	سرعت کار $km.hr^{-1}$
بیل مکانیکی	30 - 50 (40 - 65)	تا 4.0	0.20 - 0.60	0.2
ترانشه زن پیوسته				
سبک (8 - 10 tonnes)	60 - 90 (80 - 120)	1.5- 2.0	0.20 - 0.30	0.5 - 1.0
متوسط (13 -14 tonnes)	100(150)	2.0	0.20 - 0.45	1.0 - 2.0
سنگین (16 - 23 tonnes)	150(200)	3.0 - 3.5	0.20 - 0.45	تا 3.0
ماشین حفاری بدون ترانشه زنی نوع سیم بکسلی	50 - 80 (65 - 110)	1.2 - 1.7		1.7 - 2.0
ماشین حفاری بدون ترانشه زنی نوع چرخ زنجیری	100 - 150 (135 - 200)	1.6 - 2.0		تا 5.0

مواد پوششی دور لوله اگر از انواعی باشد که به صورت توده ای در اطراف لوله ریخته شوند با دست پخش می شود ولی فیلترهای نواری به صورت حلقه ای (رول) به ماشین داده می شود تا درحین عبور لوله دور آن پیچیده شود و یا روی لوله و گراولها در داخل ترانشه پهن شود .

سرعت حرکت در ماشینهای ترانشه زن سبک به طور متوسط ۶۰۰ متر در ساعت و حداکثر ۱۰۰۰ متر در ساعت است . راندمان کار بستگی به نوع خاك ، ابعاد زمین ، وسعت طرح ، شرایط هوا و مدیریت کار دارد . برای خاکهای معمولی اگر عمق لوله گذاری ۱ تا ۱/۲ متر و طول خطوط زه کش ۲۰۰ متر باشد بازده کار ۳۰۰ متر در ساعت کاری است . این مقدار در خاکهای سنگین رسی به ۲۰۰ متر درساعت تقلیل پیدا می کند . برای ماشینهای بزرگ با عمق کار ۲/۵ تا ۳ متر بازده به مراتب کمتر از مقادیر فوق الذکر است .

در کار کردن با ماشینهای ترانشه زن به یک گروه ۵نفری نیاز می باشد ، راننده یا اپراتور ، کمک اپراتور (برای راهنمایی مسیر حرکت) و سه نفر کارگر برای تغذیه لوله ، ریختن مواد پوششی دور لوله ها ، نصب و کارگذاری لوله های خروجی و پر کردن ترانشه (با استفاده از تراکتور مجهز به تیغه جلو و تریلر) ، در مورد لوله های پلاستیک پیش پوشش شده تعداد کارگرها به دو نفر تقلیل پیدا می کند . به طورکلی نیروی انسانی مورد نیاز در این نوع ماشینها ۱۰ تا ۲۰ نفر ساعت برای هر ۱۰۰۰ متر طول لوله است (در مقایسه با کار با دست که به ۲۵۰ تا ۳۰۰ نفر ـ ساعت برای هر ۱۰۰۰ متر طول لوله نیاز است) .

ج ـ ماشینهای حفاری بدون ترانشه زنی : سرعت کار در این ماشینها بیشتر از ماشینهای ترانشه زن بوده و از آنها نیز اقتصادی ترند (۲ تا ۳ برابر سریعتر ≅ ۵ کیلو متر در هر روز کاری) . این ماشینها برای کارگذاری لوله های پلاستیکی موج دار (به قطر ۶۰ تا ۱۸۰ میلی متر) ایده آل است . کار کردن با آنها در اراضی سنگلاخی راحت است ، به طوری که مواد پوششی دور لوله را نیز می توان با این نوع ماشینها مصرف کرد ولی بازرسی نحوه پوشش به سادگی امکان پذیر نمی باشد .

ماشین حفار بدون ترانشه زنی نوع سیستم بکسلی در امتداد و به وسیله کابلی که در جلو به نقطه ای در زمین لنگر شده است حرکت می کند . از اشکالات این نوع ماشین عدم اطمینان کافی از مقاومت نقطه لنگرگاه است . کابل و لنگر مذکور به وسیله یک دستگاه تراکتور که در فاصله ۵۰ متری در جلو حرکت می کند کشیده می شود .

ماشینهای حفاری بدون ترانشه زنی در مقایسه با انواع ترانشه زن انرژی زیادتری مصرف می کنند . به خصوص اگر عمق کار زیاد (بیشتر از ۲ متر) و خاك سنگین و رسی باشد . انرژی مورد نیاز (P) به نسبت مکعب عمق لوله گذاری (D) افزایش می یابد ، یعنی $P \approx D^3$ ، مثلاً اگر عمق کار دو برابر شود انرژی مورد مصرف ۸ برابر می شود .

کنترل عمق و شیب ترانشه

کنترل عمق ترانشه می تواند با دست و مطابق شکل (۳-۸) از طریق اندازه گیری با ژالون صورت گیرد .

روشهای جدید کنترل عمق ترانشه استفاده از دستگاههای لیزری است . در گوشه ای از مزرعه دستگاه پخش اشعه لیزر قرار داده می شود . دستگاه گیرنده اشعه نیز روی ماشین نصب می شود . با توجّه به شیب مورد نظر که محاسبه و دستگاه نسبت به آن تنظیم می شود ، دستگاه هیدرولیک ماشین به طور خودکار بالا و پایین می رود تا عمق مناسب به ترانشه داده شود . دقت کار با این روش ۰/۵ سانتی متر در ۱۰۰ متر است (۰/۰۰۵ درصد) . در هرثانیه معمولاً ۵ نقطه از این نظر کنترل می شود (سرعت چرخش پرتو لیزری) .

حداکثر تغییر مجاز در عمق لوله گذاری در کشورهای مختلف متفاوت درنظر گرفته می شود. ولی مقدار این اشتباه درهر ۱۰۰ متر طول نباید از نصف قطر لوله زه کش زیادتر باشد. مثلاً اگر قطر لوله ها ۲۰ سانتی تر است مقدار اشتباه در شیب یا عمق ترانشه نباید از ۱۰ سانتی متر در هر ۱۰۰ متر طول تجاوز کند .

زمان لوله گذاری

زمان ایده آل بری نصب لوله های زه کش در فصل خشک سال است . به طوری که ماشین آلات سنگین و تریلرهای حاوی گراول بتوانند در آن رفت و آمد کنند . زه کش را می توان در فصل رشد گیاه نیز در زمین نصب کرد . گرچه تلفات محصول ممکن است تا ۵ درصد برسد ولی باز هم نسبت به کار کردن در فصل مرطوب ارجحیّت دارد .

۳-۳-۴ پر کردن مجدّد ترانشه ها

پر کردن ترانشه ها پس از لوله گذاری و ریختن مواد پوششی دور لوله باید ابتدا باخاکی

که از لایه سطحی به دست آمده صورت گیرد زیرا این خاك معمولاً پایدارتر از خاك زیرین است . این کار را می توان با دست یا ماشینهای مجهز به بیل مکانیکی انجام داد . پرکردن بقیه قسمتهای ترانشه با خاك حاصله از حفاری ترانشه و به وسیله تراکتورهای بیل دار ، گریدر و یا ماشین آلات مشابه انجام می پذیرد . در آب و هوای مرطوب پس از پر کردن ترانشه روی آن با غلطک یا چرخ تراکتور رفت و آمد می شود تا خاکریزی اضافی به خوبی تحکیم شود . در اراضی آبیاری مشکل هنگامی بروز می کند که آب آبیاری وارد خاکریز تحکیم نشده ترانشه شده و به شدت آن را تحت فرسایش قرار می دهد که مقدار زیادی از خاك را به طرف انهار کولکتور می راند . این مشکل را می توان به چند طریق رفع کرد . یکی این که خاك ریخته شده روی ترانشه را تحکیم نمود و دیگر آن که از غرقاب شدن مستقیم ترانشه و ایستادن آب در روی آن در آبیاریهای اولی جلوگیری نموده و هر زمان حفره یا فرسایش خاك روی ترانشه ها مشاهده شد بلافاصله نسبت به خاکریزی مجدد اقدام نمود . برای اطمینان از عدم فرسایش توصیه می شود ۱۰ متر اوّل لوله که به کولکتور منتهی می شود بدون سوراخ انتخاب شده و خاکریزی و پر کردن مجدد ترانشه در این قسمت به دقت زیادتر و لایه به لایه انجام گردد . به طوری که ضخامت هر لایه از ۳۰ سانتی متر تجاوز نکند . هر لایه ابتدا آبپاشی می شود تا رطوبت آن از نظر کوبیده شدن به حد مطلوب برسد . مسأله زیر شویی (Piping) و فرسایش خاکریز ترانشه پس از یک فصل آبیاری از بین می رود .

همین مسائل در مورد لوله های نصب شده با ماشینهای حفّار بدون ترانشه زنی نیز اتفاق می افتد . ترکهای ایجاد شده در سطح خاك عامل اصلی ایجاد زیرشویی می باشد که در این مورد باید تمهیدات مشابه درنظر گرفته شود تا یک فصل آبیاری سپری شده و خاك به حالت اولی خود برگردد .

۳-۳-۵ نصب زه کش در زیر سطح ایستابی

ماشین آلات جدید زه کشی قادرند لوله های زه کش را در زیر سطح ایستابی هم نصب نمایند ولی این خطر وجود دارد که خاك اطراف لوله ها در حین حفاری یا پر کردن مجدد بهم خورده و گل آلودگی اطراف لوله ها باعث افزایش مقاومت در مقابل ورود جریان آب به داخل آن گردد . با پوشش ضخیم دور لوله ها می توان این خطر را برطرف نمود .

یکی دیگر از مشکلاتی که در لوله گذاری زیر سطح ایستابی به وقوع می پیوندد ریزش

جدار ترانشه در خاکهای ناپایدار شنی ، سیلتی و سدیمی است . به نحوی که امکان کار ماشینهای ترانشه زن وجود ندارد . برای رفع این مشکل می توان صفحات فلزی یا غیر فلزی را در دو طرف ترانشه قرار داد تا خاك طرفین را در طی حفاری ثابت نگهدارد . این مشکل در مورد لوله های کولکتور که هم بزرگ و هم عمیقند بیشتر جلب توجه می کند . خارج کردن سریع آب از زه کش یا کولکتور باعث خشک شدن موقت آن و فراهم آوردن شرایط کاری می شود . خارج کردن آب یا به وسیله پمپ صورت می گیرد و یا از طریق لوله های تخلیه کننده افقی . ماشینهای مخصوصی ساخته شده است که قادرند لوله های تخلیه کننده را در اعماق زیاد (۵ متر یا بیشتر) نصب نمایند .

۳-۴ نگهداری شبکه های زه کش لوله ای

لوله های زه کش ، به خصوص در جاهایی که خطر رسوب ترکیبات آهن وجود دارد ، باید مرتب تمیز شوند . گرفتگی لوله به وسیله ریشه های گیاهان زراعتی بندرت صورت می گیرد (به شرط آن که لوله در عمق مناسبی نصب شده باشد) . ولی این خطر در جاهایی که لوله از کنار درختها عبور می کند وجود خواهد داشت .

گرفتگی زه کشها به وسیله ترکیبات آهن

مسأله رسوب مواد آهنی در شرایطی بروز می کند که خاك حاوی سولفاتهای آهن بوده و برای اوّلین بار زه کشی می شود . اکثر خاکها دارای مقادیر قابل توجّهی آهن می باشند . معمولاً در خاکهای غیر زه دار که بخوبی تهویه می شوند آهن به صورت اکسید فریک (Fe_2O_3) غیرمحلول در خاك پراکنده بوده که مشکلی را ایجاد نمی کند . ولی در خاکهای زه دار آهن به صورت سولفور آهن (FeS_2) در می آید که پس از زه کشی و فراهم شدن اکسیژن به سولفات آهن ($FeSO_4$) و اسید سولفریک (H_2SO_4) تبدیل می گردد .

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

سولفات فرو در شرایط خنثی یا قلیایی (اسیدیته ۶٫۵ یا بالاتر) مانند خاکهای آهکی ، ناپایدار بوده و بزودی به اکسید فریک غیرمحلول تبدیل می گردد . این ترکیب همان ماده نسبتاً نارنجی رنگی است که در خاکها مشاهده می گردد . امّا اگر مقدار زیادی سولفور آهن باشد ،

اسید سولفریک ایجاد شده ، pH را پایین آورده و باعث تثبیت سولفات فرو که محلول است شده و به تدریج وارد زه کشها می گردد . در pH < 4.5 برخی از باکتریهای اسید دوست باعث اکسیداسیون سولفور آهن و افزایش سولفات فرو محلول می گردد . سولفات فرو به نوبه خود اکسیده شده و به هیدروکسید فریک $Fe(OH)_3$ غیرمحلول تبدیل می گردد . این ماده به صورت رشته هایی در اطراف لوله های زه کش رسوب می نماید . هیدروکسید فریک سرانجام به اکسید فریک که در اثر خشک شدن یا مرور زمان بیشتر تثبیت می گردد تبدیل می شوند .

جدی بودن این مسأله بستگی به pH آب زیرزمینی و غلظت یونهای دوظرفیتی آهن دارد . همان طور که در جدول (۳-۳) نشان داده شده است بدترین حالت زمانی است که pH پایین و غلظت Fe^{++} زیاد باشد .

در شرایط بسیار حاد ، هم لوله و هم فیلتر اطراف آن به کلی مسدود شده و هیچ راهی برای حل این مشکل در حال حاضر وجود ندارد .

شواهد موجود نشان می دهد که شستشوی آهن دو الی سه سال پس از نصب زه کش به حداکثر می رسد و سپس به تدریج کاهش می یابد . یکی از راههای مواجهه با این مشکل احداث مرحله ای پروژه های زه کشی می باشد . به این ترتیب که ابتدا زه کشها به صورت کانالهای روباز ساخته شوند تا تمیز کردن آنها ساده باشد . در سالهای بعد که شسته شدن آهن متوقف گردید اقدام به لوله گذاری شود . ولی اگر مسأله زیاد جدی نباشد می توان از همان ابتدا اقدام به نصب لوله ها نموده و هر چند سال یک بار آنها را به وسیله شستن تمیز نمود .

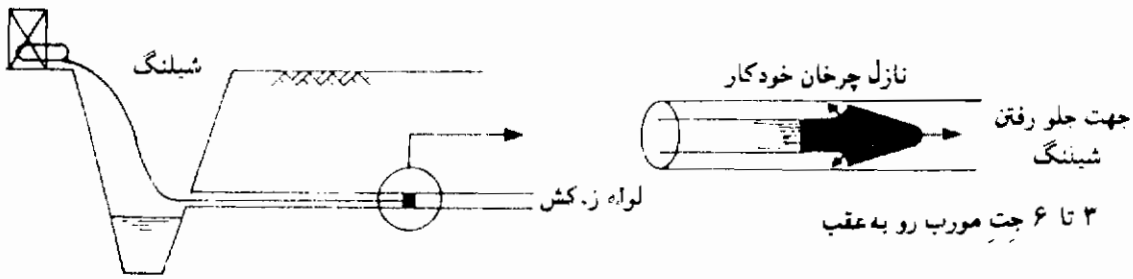
جدول (۳-۳) رابطه بین غلظت Fe^{++} و pH در تشدید گرفتگی لوله های زه کش

امکان مسدود شدن لوله توسط ترکیبات آهن	غلظت Fe^{++}	
	pH > 7 شرایط قلیایی	pH < 7 شرایط اسیدی
بندرت	< 1.0	< 0.5
کم	1.0 - 2.5	0.5 - 1.0
متوسط	2.5 -5.0	1.0 - 2.5
زیاد	5.0 - 7.5	2.5 - 5.0
خیلی زیاد	> 7.5	> 5.0

تمیز کردن لوله ها

رسوبات ماسه ای و ترکیبات آهن را می توان به وسیله شستشوی لوله ها تا اندازه ای برطرف نمود . این کار را می توان با داخل کردن میله هایی به داخل لوله که از نی درست شده و با نخ بهم متصل گردیده اند انجام داد . امروزه این کار توسط فشار آب صورت می گیرد (شکل ۳-۱۱) . اگر فشار آب در نازل به اندازه ۱۰ تا ۱۵ اتمسفر باشد کافی خواهد بود که تمام رسوبات معمولی و نرم را خارج سازد ولی برای رسوبات سفت فشار زیادتری لازم است . همان طور که گفته شد مشکل رسوب گذاری در لوله های زه کش در سالهای اوّلیه پس از نصب به وقوع می پیوندد و لذا لازم خواهد بود که تمیز کردن لوله ها یک یا دو سال پس از نصب صورت گیرد . پس از آن می توان این عمل را هر ۵ تا ۱۰ سال یک بار انجام داد .

ماشین آلاتی که برای شستشوی لوله ها در بازار موجود است حداکثر می توانند لوله ها را به طول ۲۵۰ تا ۳۰۰ متر تمیزنمایند . سرعت کار آنها در شرایط معمولی ۴۰۰ متر در ساعت و در شرایطی که لوله به سختی گرفته باشد ۳۰۰ متر درساعت است . تمیز کردن را می توان همان طور که در شکل (۳-۱۱) نشان داده شده است از انتها ، یعنی محلی که لوله زه کش به کانال می ریزد و یا از محل اتصال لوله ها به همدیگر شروع نمود . در سیستمهای زه کشی مرکب باید برای این منظور در محل اتصال لوله ها تأسیسات لازم تعبیه گردد .



شکل (۳-۱۱) تمیز کردن لوله های زه کش به توسط فشار آب

۳-۵ محاسبه هزینه ها در طرحهای زه کشی

هزینه شبکه های زه کشی لوله ای از یک طرح به طرح دیگر متفاوت بوده و فقط در مقطع محدودی از زمان معتبر است . بنابراین در این جا تأکید بر روش محاسبه و در برخی موارد مقایسه اجزاء تشکیل دهنده مخارج طرح است نه هزینه های واقعی آن .

الف ـ خرید ماشین آلات

اگر قیمت بیل مکانیکی را ۱۰۰ درنظر بگیریم قیمت ماشین آلات دیگر به صورت زیر است ،

بیل مکانیکی	۱۰۰
ترانشه زن پیوسته	۱۵۰ - ۴۰۰
ماشین حفاری بدون ترانشه زنی (نوع سیم بکسلی)	۱۵۰ - ۳۰۰
ماشین حفاری بدون ترانشه زنی (نوع چرخ زنجیری)	۴۵۰ - ۶۰۰
تراکتور و دستگاه تغذیه کننده لوله	۷۵ - ۱۰۰
تراکتور و تریلر (برای حمل گراول)	۷۵ - ۱۰۰
تراکتور بیل دار (لودر)	۷۵ - ۱۰۰
گاوآهن زه کش لانه موشی یا ساب سولر (زیر کن) با تراکتور	۱۰۰ - ۱۵۰
دستگاه لیزر	۷۵ - ۱۰۰
دستگاه تمیز کننده لوله	۲۰ - ۳۰

ب ـ هزینه های ساختمانی برای احداث زه کش لوله ای

اگر هزینه های کل احداث زه کشهای لوله ای را مطابق زیر تفکیک نماییم مشاهده خواهد شد که خرید ماشین آلات زه کش (علی رغم بالا بودن قیمت) درصد زیادی از هزینه را به خود اختصاص نمی دهد . دلیل این امر کارآیی زیاد و ظرفیت بالای این ماشینهاست . به طور کلی مصالح نیمی از هزینه های طرح را شامل می گردد .

قیمت ماشین آلات	۱۰ تا ۱۵ درصد کل هزینهٔ طرح
هزینهٔ مصالح (لوله و مواد پوشش دور آنها)	۴۰ تا ۶۰ درصد کل هزینهٔ طرح
هزینه های کارگری (برمبنای اروپای غربی)	۱۰ تا ۲۵ درصد کل هزینهٔ طرح
هزینه های بالاسری (شامل طرّاحی و نظارت)	۱۵ تا ۲۵ درصد کل هزینهٔ طرح

باید توجّه داشت که این تفکیک مربوط به زه کشهای منفرد یا ساده است ولی می تواند در مورد زه کشهای مرکب نیز ایده ای به دست دهد .

ج ـ راهنمای محاسبه هزینه ها

آن چه در زیر ملاحظه می شود استانداردهایی است که برای تخمین هزینه ها در طرحهای زه کشی مورد استفاده قرار می گیرد . برآورد نهایی طرح از نظر مالی باید با توجّه به شرایط و استانداردهای محلی صورت پذیرد .

ماشین آلات

ـ ساعات کار در سال : در آب و هوای مرطوب ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ ساعت و در آب و هوای خشک ۲۰۰۰ ساعت درسال .

ـ بازده یا کارکرد سالانه : برای ماشین آلات سبک در آب و هوای مرطوب ۲۵۰ تا ۴۵۰ کیلومتر و ۵۰۰ تا ۶۰۰ کیلومتر در آب و هوای خشک . درمورد ماشینهای حفّاری بدون ترانشه زنی ۵۰۰ تا ۷۰۰ کیلومتر در آب و هوای مرطوب و ۱۰۰۰ کیلومتر در آب و هوای خشک . برای ماشین آلات سنگین کارکرد سالانه بسیار متغیر و بستگی به شرایط کار و عمق زه کشها دارد .

ـ مصرف سوخت : به طور معمول موتورها با باری معادل نصف قدرت اسمی خودکار می کنند در این صورت مصرف سوخت آنها ۰/۳ لیتر گازوئیل برای هر اسب بخار ساعت است .

ـ مصرف روغن و گریس : حدود ۲۰ درصد هزینه سوخت .

ـ استهلاك : به ترتیب ۵ و ۷ سال برای ماشینهای ترانشه زنی و بدون ترانشه زنی (۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ ساعت) است .

ـ هزینه های نگهداری و تعمیرات : حدود ۱۵ درصد قیمت خرید .

اگر نرخ بهره یا کارمزد وام دریافتی را ۱۰ درصد در نظر بگیریم مجموع هزینه های استهلاك ، بهره ، و هزینه های نگهداری و تعمیرات را می توان برای ماشین آلات ترانشه زن ۳۵ درصد قیمت خرید و برای ماشینهای بدون ترانشه زنی ۲۵ درصد آن در نظر گرفت .

هزینه های کارگری (یك گروه ۴ تا ۵ نفری)

با فرض این که حقوق اپراتور ، کمک اپراتور و کارگر ساده به ترتیب به نسبت ۳۰۰ و ۲۰۰ و ۱۰۰ باشد ، جمع هزینه های سالانه کارگری حدوداً S × (۱۲ تا ۱۰) خواهد بود که S میزان حقوق سالانه یک کارگر می باشد .

مصالح

هزینه نسبی انواع مختلف لوله های زه کش از نظر مقایسه در جدول زیر نشان داده

شده است .

قطر[1]	لوله سفالی	لوله پلاستیک موج دار	
		بدون پوشش	پوشیده با الیاف نارگیل[2]
50 - 60 mm	30 - 35	30 - 35	60 - 65
80 mm	40 - 50	50 - 60	110 - 120
100 mm	70 - 80	100	150 - 165
150 mm	100 - 125	250	
200 mm		400 - 450	

۱ - قطر داخلی برای لوله سفالی و قطر خارجی برای لوله پلاستیکی

۲ - پوشش مصنوعی الیاف نارگیل ۵۰ تا ۱۰۰ درصد گران تر از پوششهای نوع مواد آلی است

برای پوشش دور لوله های زه کش ۰/۰۲ تا ۰/۰۴ متر مکعب گراول در هر متر طول لوله مورد نیاز است که هزینه آن بستگی به شرایط محلی و کیفیت مواد مورد مصرف دارد . اگر مصالح در محل موجود نباشد برای حمل آن به محل کار و پر کردن ترانشه به یک تراکتور همراه با تریلر و بیل احتیاج خواهد بود که هزینه سالانه آن ۵۰ درصد قیمت خرید این وسایل در نظر گرفته می شود .

نمونه ای از محاسبات مربوط به هزینه طرح

برای روش موضوع به ذکر نمونه ای از محاسبات هزینه در شرایط زیر می پردازیم :

ـ شرایط آب و هوایی نیمه خشک (مانند عراق در شرایط سال ۱۹۸۰)

ـ سیستم زه کشی از نوع مرکب ، عمق لاترالها ۲۲۰ سانتی متر ، فاصله لاترالها ۴۰ متر ، طول آنها ۲۵۰ متر ، نوع لوله پلاستیکی موج دار همراه با پوشش گراول ، کولکتورها به عمق ۲۵۰ سانتی متر و طول ۱۰۰۰ متر از لوله های بتونی به قطر ۲۰ و ۳۰ سانتی متر .

ـ لوله گذاری با ماشین (نوع ترانشه زن به قدرت ۱۷۵ اسب بخار و قیمت ۴۰۰۰۰ دینار عراقی سیف* تحویل دربصره**) . توانایی کار سالانه ۳۰۰ کیلومتر (۲۰۰۰ ساعت و ۱۵۰ متر به ازاء هر ساعت کار) ، مصرف گازوئیل ۳۰ لیتر در ساعت به قیمت ۰/۰۲ دینار برای هر لیتر .

* منظور از سیف (cif) مجموع قیمت و بیمه و هزینه حمل است .

** ارزش هر دینار عراقی در سال ۱۹۸۰ معادل ۳/۵ دلار بوده است .

ـ حقوق کارگر ، ۶۰۰ دینار در سال

لاترالها

لوله		۰/۲۵ دینار در هر متر
گراول ، تحویل در محل کار	۰/۱۰ دینار در هر متر	۰/۱۵ دینار در هر متر
نصب	۰/۰۵ دینار در هر متر	
ماشین آلات ، استهلاك ، بهره نگهداری و تعمیرات	۰/۰۴۷ دینار در هر متر	۰/۰۷۶ درینار در هر متر
سوخت	۰/۰۰۵ دینار در هر متر	
روغن و هزینه های گریس کاری	۰/۰۲۴ دینار در هر متر	
هزینه های متفرقه		۰/۰۲۴ دینار در هر متر
جمع هزینه های مربوط به لاترالها		۰/۵ درینار در هر متر

کولکتورها

لوله	۰/۵ دینار در هرمتر	۱/۵ دینار در هر متر
نصب	۱/۰ دینار در هر متر	
اتصالات		۵۰ دینار برای هر یک
خروجی		۳۵ دینار برای هر یک

هزینه های ساختمانی

شرح	واحد	مقدار مورد نیاز در هر هکتار	قیمت واحد (دینار عراق)	قیمت کل (هزینه در هر هکتار)
لاترالها	متر	۲۵۰	۰/۵۰	۱۲۵
کولکتور	متر	۲۰	۱/۵	۴۰
اتصالات	عدد	۰/۵	۵۰	۲۵
خروجیها	عدد	۰/۰۲	۳۵	۰/۷

۱۸۰/۷ دینار

هزینه های بالا سری (۱۵ درصد) و مهندسی (۲۰ درصد) ۶۳/۳ دینار

۲۴۴ دینار

هزینه های سالانه

سود سالانه سرمایه (براساس ۱۰ درصد بهره و مدت ۲۵ سال) ۲۶/۸۸ دینار

نگهداری تأسیسات ، ۲ درصد هزینه های ساختمانی ۴/۸۸ دینار

جمع ۳۱/۷۶ دینار

(۱۰ درصد تا ۱۵ درصد هزینه های ساختمانی)

به طوری که مشاهده می شود هزینه های سالانه ۳۱/۷۶ دینار می باشد که رقمی درحدود ۱۰ تا ۱۵ درصد هزینه های ساختمانی است .

فصل چهارم

سیستمهای زه کش کم عمق

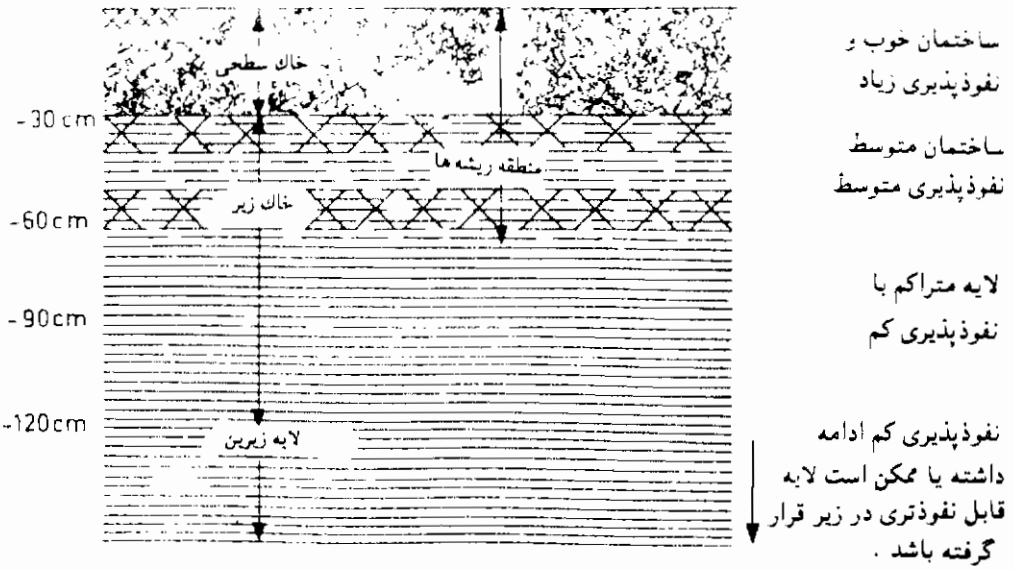
این سیستمها در زمینهایی پیاده می شود که در آنها زه کشی زیرزمینی به دلیل نفوذپذیری کم خاك و پایین بودن ضریب هدایت هیدرولیکی در منطقه زیر ریشه ها امکان پذیر نیست . در شکل (۴-۱) نیمرخ این گونه خاکها که به نام **خاکهای سنگین** معروفند نشان داده شده است .

با توجه به این که آب اضافی قادر به نفوذ به داخل این خاکها نمی باشد ، بالاجبار باید از طریق جریانهای سطحی خارج گردد . در این خاکها منافذ قابل زه کشی کم ($\mu < 2-3\%$) بوده و زه کشی عمقی مؤثر نخواهد بود مگر این که توأم با بهتر کردن شرایط فیزیکی لایه های زیرین خاك باشد .

جمع شدن آب درسطح خاك به دلیل صاف بودن زمین و یا وجود پستی و بلندی و ناهمواری در آن است . در این صورت آب در نقاط گود مزرعه جمع شده ، و نتیجتاً نفوذ آب در این گودالها قشر سطحی خاك را پراکنده ساخته ، سرعت نفوذ آب در این نقاط به شدت کاهش پیدا می کند . بنابراین تجمع آب در نقاط پست مزرعه خودبه خود موجب کاهش نفوذ آب می گردد . این مشکل را می توان تا اندازه ای از طریق تسطیح زمین برطرف ساخت .

شدت و مقدار بارندگی نیز در این امر دخالت دارند . اگر شدت بارندگی زیاد باشد ، زه کشهای زیرزمینی قادر به خارج ساختن تمام آب اضافی نخواهند بود و مقداری از آن در سطح

خاك باقی می ماند که به صورت رواناب جاری می شود .



(شکل ۴-۱) نیمرخ ، یك خاك سنگین

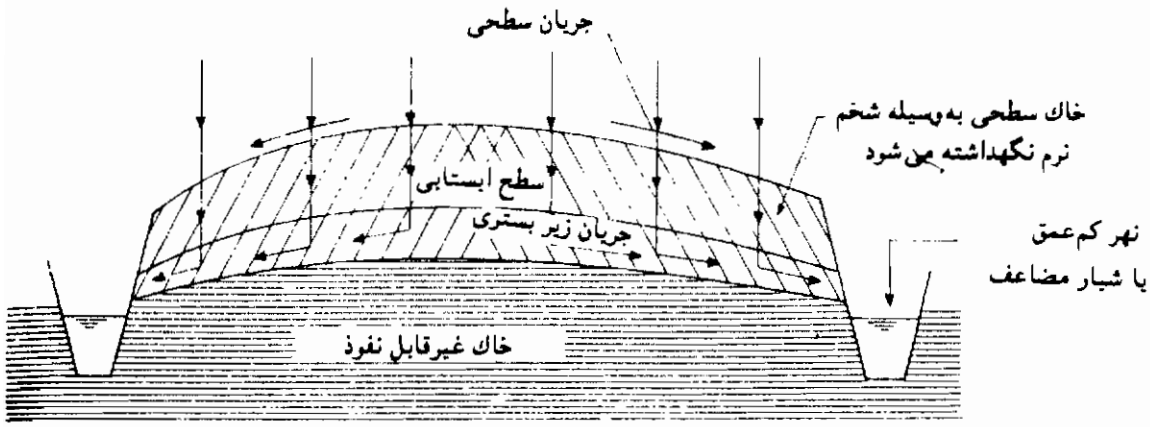
به طورکلی سیستمهای شبکه های زه کشی سطحی یا کم عمق در جاهایی مورد استفاده دارد که قشری از خاك با هدایت هیدرولیکی کمتر از ۰/۱ متر در روز در عمق حدود ۶۰ سانتی متری از سطح خاك وجود داشته باشد . اگر این لایه غیرقابل نفوذ در عمق زیادتری مثلاً ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی متری وجود داشته باشد می توان از سیستمهای معمول زه کشی زیرزمینی استفاده نمود . در این صورت زه کشها باید درست در بالای لایه غیرقابل نفوذ کار گذاشته شوند و فاصله آنها از همدیگر کم گرفته شود تا بتواند سطح ایستابی را هرچه بیشتر پایین بیاورند .

۴-۱ سیستمهای بسترسازی یا پشته بندی

بسترسازی (Bedding) یکی از روشهای کلاسیک زه کشی سطحی در اراضی سنگین و آب و هوای مرطوب است . در این سیستم آب اضافی در سطح زمین به جریان افتاده و به طرف زه کشهای مزرعه حرکت می نماید . به عبارت دیگر سطح زمین طوری شیب بندی می شود که آب بتواند به طرف زه کشها حرکت نماید . در شرایط معولی اگر بسترها صاف گرفته شوند عرض آنها نباید از ۱۰ متر تجاوز کند ولی مسلماً چنین بسترهایی از نظر کشاورزی مکانیزه مقرون به صرفه نمی باشند . از این جهت بسترسازی به صورت کپه ای یا شیب دار باعث می شود که بتوان عرض آنها را بیشتر گرفت (۲۰ تا ۳۰ متر) . شکل (۴-۲) زه کشی در زمینهایی

را که بسترسازی شده‌اند نشان می دهد .

بسترسازی بیشتر مناسب زمینهایی است که زیر کشت علوفه یا مراتع قرار می گیرند در این روش نهرهای زه‌کش باعث قطعه قطعه شدن زمین می گردد . ابعاد این نهرها می تواند به اندازه یک جوی کوچک معمولی یا یک کانال نسبتاً عمیق باشد . به هرحال نهری به عمق ۴۰ تا ۵۰ سانتی متر برای این منظور کفایت خواهد نمود . این کانالها باید شیب یکنواختی به سمت نقطهٔ خروجی داشته باشند ولی در اکثر موارد حفر کانالها به دقت صورت نگرفته و چنین شیبی به دست نمی آید و بهتر است خود زمین دارای شیب کلی نسبت به خروجی باشد تا باعث جریان آب گردد . در عمل نگهداری و مرمّت این کانالها بسیار مشکل است . زیرا تعداد آنها زیاد بوده و هزینه زیادی در برخواهد داشت . این امر و عدم دقت در طرح و ساختن کانالها و بسترسازی صحیح از عوامل مهمی است که این سیستم را با مشکل مواجه می سازد .



شکل (۴-۲) زه‌کشی به طریقه بسترسازی یا پشته‌بندی

۴-۲ سیستم نهرهای کم‌عمق (سطحی)

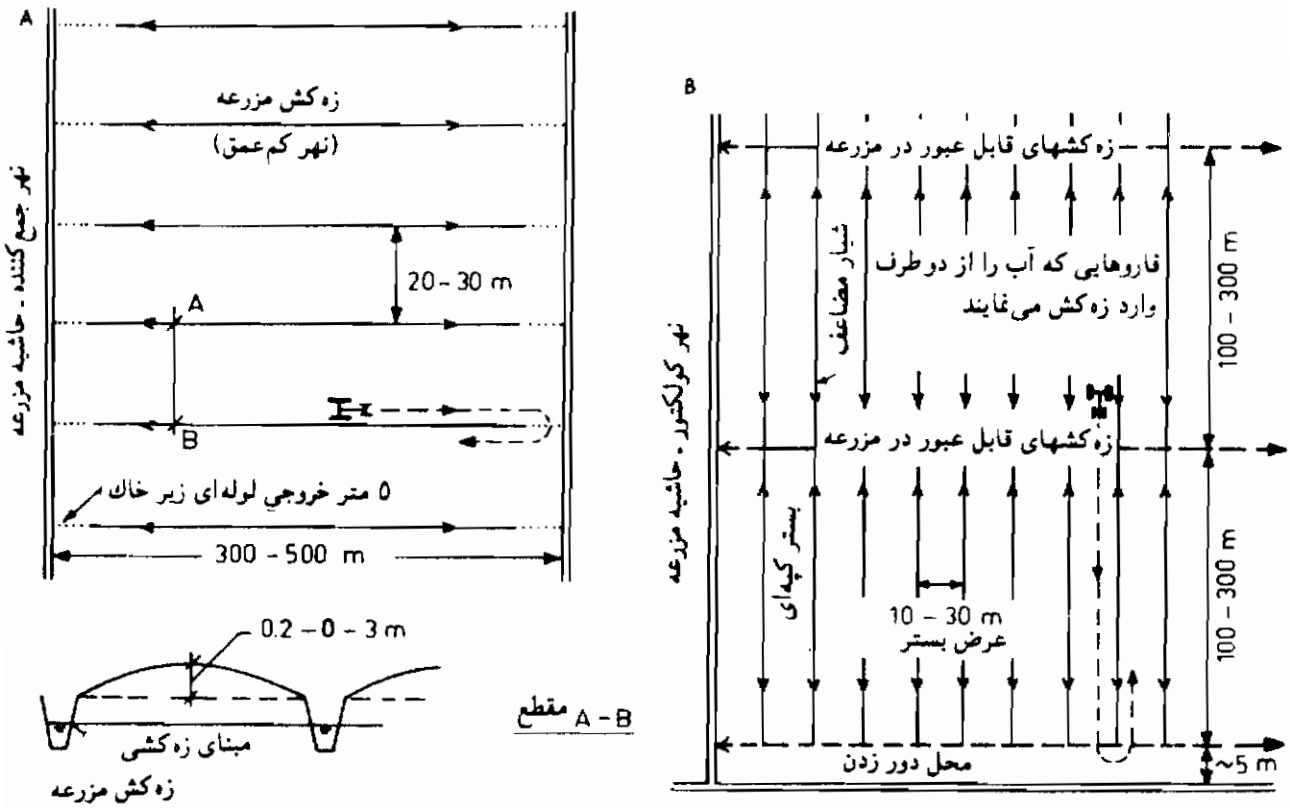
این سیستمها از نهرهای روبازی تشکیل شده اند که با آرایشهای مختلف در سطح زمین احداث می گردند . این نهرها بسیار کم‌عمق می باشند . وظیفه اصلی آنها جمع‌آوری رواناب سطحی و هدایت آن به طرف خروجیها می باشد . برای کمک به این منظور بسترسازی یا شیب بندی سطح زمین ضروری است . بسترسازی را می توان با گاوآهن و شخم‌زدن سطح زمین انجام داد ، بدین ترتیب که از یک خط شروع کرده و با شخم‌زدن دو طرف این خط خاک به قسمت بالا رانده می شود . این خط به صورت یک گودی باقی می ماند که آن را جویچه یا

شیار مضاعف (Dead furrow) گویند .

شیار مضاعف را می توان گود نمود تا به لایه غیرقابل نفوذ برسد و سپس به عنوان نهر زه‌کش عمل نماید . معمولاً عرض کف این نهرها ۳۰ سانتی متر و عمق آنها ۵۰ سانتی متر است . در شکل (۴-۳) روشهای بسترسازی و احداث نهرهای زه‌کش نشان داده شده است .

۴-۲-۱ انواع شبکه‌های زه‌کش کم‌عمق

در رابطه با انواع سیستمهای زه‌کش به ذکر چهار نمونه از آنها می پردازیم :



شکل (۴-۳) روش مکانیزه بسترسازی برای زه‌کشی سطحی

الف : سیستم نهرهایی که از گودیهای زمین می گذرند

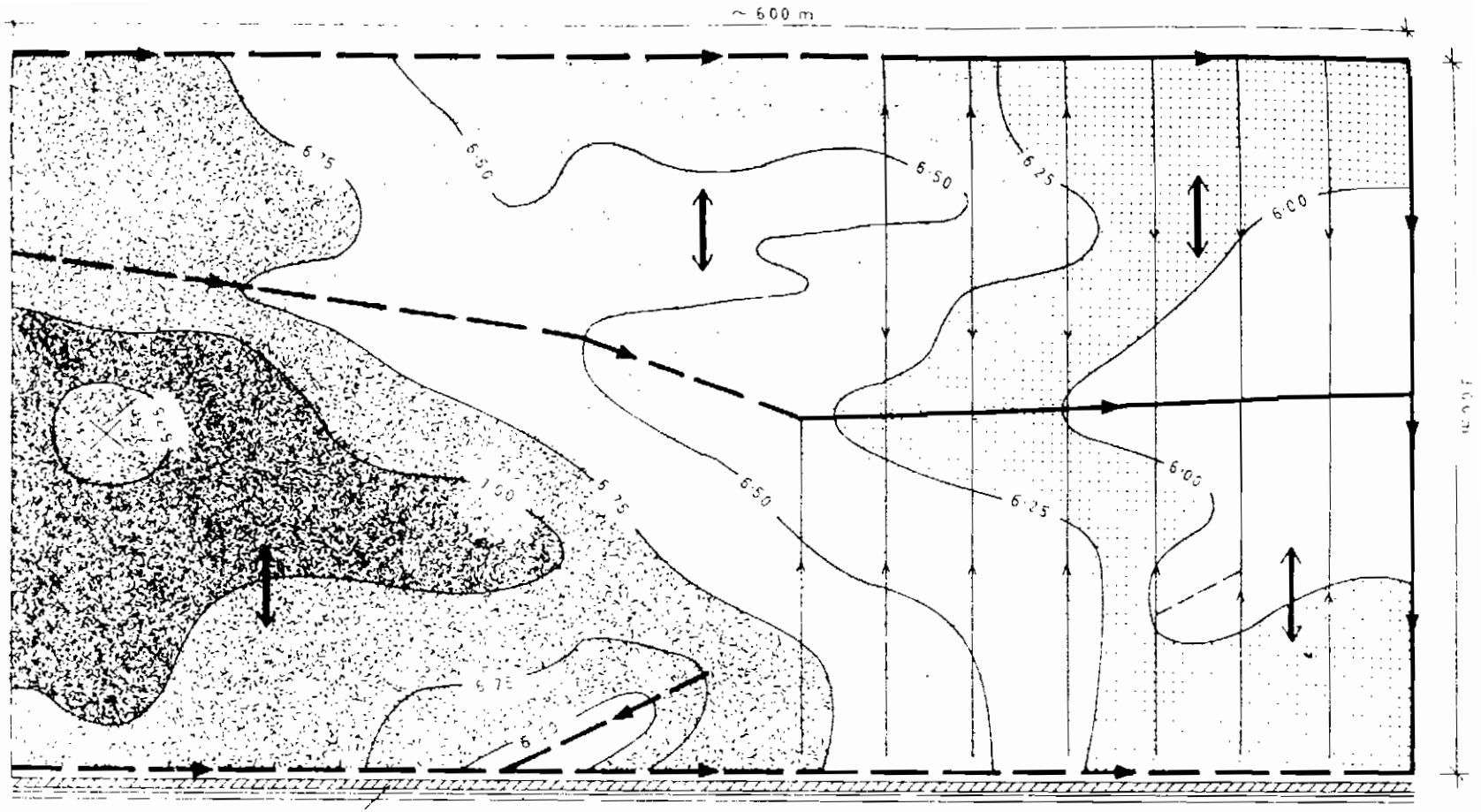
این سیستمها در مواردی به کار برده می شود که در سطح زمین نقاط گود مشخصی وجود داشته باشد . هر یک از گودیها به طور جداگانه یا متصل به هم زه‌کشی می شوند اگر به شکل

(۴-۴) توجّه کنیم مشاهد می شود که وضع خاك و شرایط هیدرولوژیکی در این شکل ایجاب می کند که در قسمت بالای زمین فقط زه کشی سطحی و در قسمت پایین زمین هر دو نوع ، یعنی هم زه کشی سطحی و هم زیرزمینی به کار برده شود . در موارد اخیر از سیستم نهرهای موازی استفاده شده است . عمق این نهرها حدود ۰/۷۵ متر و فاصله آنها از همدیگر ۳۰ متر گرفته می شود تا به خوبی به توانند آبهای زیرزمینی را زه کشی نمایند . وارد شدن آب به داخل زه کشها از طریق جریان سطحی ، و تا اندازه ای جریان زیر بستری ، صورت می گیرد . آب زه کشها وارد کولکتوری می شود که مسیر آن یا از حاشیه زمین می گذرد و یا آن که از نقاط مشخص گود زمین عبور می کند . در قسمت بالایی زمین زه آب یا به داخل گودیها می ریزد و یا به نهرهایی که در حاشیه زمین قرار گرفته اند .

به طورکلی در این سیستم فقط برای گودیهای بزرگ باید زه کش فراهم نمود و گودالهای کوچک را می توان با خاك حاصل از حفاری نهرها پر کرد . در غیراین صورت سطح زمین پر از نهرهای زه کش می شود که عملیات کشاورزی را با اشکال مواجه خواهد ساخت . به سیستمهای زه کشی که در آن گودیهای زمین ازطریق نهرهای زه کش به همدیگرمتصل می شوند سیستم **نهرهای نامنظم** نیز گفته می شود . این سیستم تا اندازه مشابه سیستم طبیعی زه کشی آب زیرزمینی است که در شکل (۳-۲) نشان داده شده است . در قسمت بالایی زمین نهرها طوری احداث می شوند که ماشین آلات بتوانند از آن عبور کنند . همچنین سطح زمین در جهت این نهرها به خوبی شیب بندی می شود تا آب به راحتی جریان پیدا نماید .

ب : شبکه نهرهای موازی غیرقابل گذر

این سیستم که در شکلهای (۴-۴) و (۴-۵) نشان داده شده است هم در زمینهایی به کار گرفته می شود که نسبتاً منظم ، هموار و صافند و هم در زمینهایی که بسیار ناهموار می باشند . با توجه به این که با وضع پستی و بلندی زمین نمی توان مسیر خاصی را برای عبور زه کشها در نظر گرفت ، جویها موازی همدیگر ، به فواصلی که معارض با انجام عملیّات کشاورزی نباشد ، انتخاب می گردند . تفاوت کلی این سیستم با روش قبلی در این است که نهرها عمیقتر و عریضتر ساخته می شوند بنابراین نمی توان از روی آنها عبور نمود .



شکل (۴-۴) نمونه‌ای از طرح زه‌کش سطحی

اگر به شکل (۴-۵) توجّه کنیم وضع پستی و بلندی زمین ایجاب می کند که دو نوع شبکه مورد بررسی قرار گیرند .

شبکه نهرهای موازی غیرقابل گذر (شکلⒶ در شرایطی قابل اجرا است که :

- مزرعه هم به زه کشی سطحی نیاز داشته باشد هم زیرزمینی .
- جابجایی خاك در سطح مزرعه به دلایل فنی امکان پذیر نباشد .
- وضع زراعت طوری باشد که نهرها مانع از انجام عملیات کشاورزی نگردند .

در این وضعیت حداقل جابجایی خاك صورت گرفته و برخی از گودیها با خاك حاصله از حفاری نهرها پر می شود . برای کارآیی بهتر باید نهرها حداقل ۷۵ سانتی مترعمق داشته باشند . در جاهای مناسب با ساختن آبگذر (Culvert) امکان رفت و آمد تراکتور و سایر ماشین آلات فراهم می گردد .

شبکه نهرهای موازی قابل گذر که در شکلⒷ نشان داده شده است نوع دیگر از سیستم می باشد که در آن ماشین آلات کشاورزی می توانند به سادگی از نهرها بگذرند . در این سیستم فقط زه کشی سطحی صورت گرفته و تقریباً هیچ آبی از داخل خاك زه کشی نمی شود .

ج ـ شبکه نهرهای موازی قابل گذر

همان طور که گفته شد در این سیستم نهرهای موازی و کم عمق در سطح مزرعه ایجاد می گردد و ماشین آلات به راحتی از آنها عبور می نمایند (شکل ۴-۵ Ⓑ) سطح زمین در بین نهرها به خوبی تسطیح می گردد تا آب بتواند بطرف نهرها جریان پیدا نماید .

د ـ شبکه انهار عرضی (Cross slope ditch system)

این سیستم در زمینهایی اجرا می شود که شیب آنها نسبتاً ملایم است . در این زمینها هم رواناب سطحی ایجاد مزاحمت می کند و هم آبی که در سطح زمین به صورت ساکن باقی می ماند . به عبارت دیگر هر دو نوع مشکل به وضوح مشاهده می گردد . در این سیستم فاروها و یا جوی پشته های کشاورزی در جهت شیب غالب زمین ، یا با کمی انحراف نسبت به آن ، کشیده می شوند . مازاد آب سطحی به وسیله نهرهایی که به فواصل مشخص و عمود بر فاروها ایجاد می شود سد شده و به داخل کولکتورها (جمع کننده) هدایت می گردد (شکل (۴-۶))

برای اجرای این سیستم شیب زمین نباید کمتر از ۰/۵ درصد و بیشتر از ۲ درصد (برای گیاهان ردیفی) یا ۴ درصد (برای زراعتهای غیر ردیفی) باشد . در زمینهایی که شیب زیادی دارند یا باید اقدام به تراس بندی نمود و یا آن که ردیفهای کشاورزی موازی با خطوط تراز ساخته شوند .

فاصله آبراهه ها نباید از حداکثر معینی تجاوز کند (به دلیل فرسایش) . عملاً فاصله بین نهرها از ۳۰-۲۰ تا ۷۰-۵۰ متر متغیر است . برخی عوامل دیگر نیز در فاصله بین نهرها از هم مؤثر می باشند که عبارتند از :

- چنانچه قابلیت نفوذ خاك کم باشد فاصله آبروها نیز کم در نظر گرفته می شود .
- در خاکهای قابل فرسایش فاصله آبروها کوچک انتخاب می شود .
- چنانچه شیب زمین کم باشد می توان فاصله آبروها را زیاد گرفت .
- اگر شدت بارندگی در منطقه زیاد است باید فاصله آبروها کوچک انتخاب شود .
- چنانچه در مزرعه گیاهان ردیفی کشت می شود باید فواصل آبروها را کوچک گرفت .
- برای گیاهان غیر ردیفی می توان فواصل را بزرگتر انتخاب نمود .

با توجّه به این که عوامل متعددی در انتخاب فاصله آبروها از همدیگر دخالت دارند نمی توان مقدار مشخصی برای آن ذکر کرد و بهتر است این معیار از طریق تجربه به دست آید .

۴-۲-۲ برخی جنبه های فنی در سیستم انهار کم عمق

جویهای زه کش و کولکتور

جویها ممکن است قابل گذر یا غیر قابل گذر ساخته شوند که با توجّه به شرایط حاکم بر مزرعه یکی از آنها انتخاب می گردد . علی الاصول در شرایطی که نهرها یا جویها موازی با جهت حرکت ماشین آلات کشاورزی قرار می گیرند به صورت غیرقابل عبور ساخته می شوند اما اگر نهر باعث شود که زمین به طور نامناسبی قطعه قطعه شود حتی الامکان باید آن را به صورت قابل عبور ساخت . البته وظیفه ای که برعهده نهر قرار خواهد گرفت نیز در این امر دخالت دارد . چنانچه نهر فقط به منظور جمع آوری آبهای سطحی ساخته می شود می توان آن را قابل عبور ساخت ولی نهرهایی که هدف از آنها علاوه بر جمع آوری آبهای سطحی ، زه کشی زیرزمینی نیز می باشد ، باید عمیق بوده و لذا غیرقابل عبور ساخته می شوند .