



انتشارات دانشگاه فردوسی (مشهد) شماره ۱۰۲

مهندسی زه‌کشی

جیمز . ان . لوتین

ترجمه

محمد ابراهیم بازاری

امین علیزاده

سعید نی‌ریزی

آذرماه ۱۳۶۷

مشخصات کتاب :

نام : مهندسی زه‌کشی

تألیف : جیمز . ان . لوتین

ترجمه : محمد ابراهیم بازاری ، امین عزیزاده و سعید نیری

ناشر : انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

تیراژ : چاپ دوم ۳۰۰۰ نسخه

چاپ اول : آذر ۱۳۶۷

چاپ دوم : مرداد ۱۳۷۰

چاپ و صحافی : مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی

قیمت ۴۴۰ ریال

حق چاپ محفوظ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمه مترجمین

کتاب مهندسی زهکشی که متن ترجمه شده آن را پیش رو دارید در دانشگاه فردوسی مشهد به عنوان کتاب درسی مورد استفاده قرار می گرفت. چون درس زهکشی به صورت گروهی تدریس می شد بر آن شدیم تا بطور گروهی نیز ترجمه فارسی آن را منتشر سازیم. کار ترجمه کتاب مدت ها است که به پایان رسیده است ولی دلایلی گوناگون چاپ و انتشار آن را به تعویق انداخت. در این کتاب قسمت اعظم فرمولها، نمودارها و جداول در سیستم انگلیسی است البته ما نیز معتقدیم که برای تدریس و یادگیری بهتر است تا حد امکان از کتابهایی استفاده شود که سیستم متریک در آنها به کار گرفته شده است ولی کمبود کتاب در این زمینه به زیان فارسی، و بخصوص این که کتاب مذکور توسط مرکز نشر دانشگاهی به عنوان کتاب درسی و مرجع معرفی شده است ما را بر آن داشت تا چاپ آن را به اتمام برسانیم.

دکتر لوتین در پیش گفتار خود هوکها و چایلدز و کرکهام را به عنوان پیشگامان زهکشی معرفی و از آنها قدردانی کرده است. جا دارد از خود او نیز به عنوان یکی از پیشکسوتها در این رشته نام برده شود. وی عمری را به مطالعه و تحقیق و تدوین نوشته های علمی در زمینه زهکشی گذراند لذا دانشجویان و متخصصین ما باید خدماتش را ارج نهند.

در تهیه این کتاب مؤسسات و عزیزان زیادی ما را یاری نموده اند که زحماتشان درخور تقدیر است. بر خود لازم می دانیم از دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد که هزینه های چاپ کتاب و معاونت پژوهشی این دانشگاه که زحمت بررسی و آماده سازی کتاب بر عهده شان بوده است سپاسگزاری شود.

آقای دکتر جعفر یاحقی ویرایش ادبی، آقای رضا سالارپور ویرایش فنی و صفحه آرائی و خانم عزت شادمهری زحمت تایپ این کتاب را بر عهده داشته اند، که از همکاری صمیمانه همه آنها سپاسگزاری می شود.

محمد ابراهیم بازاری

امین علیزاده

سعید نی ریزی



پیشگفتار

(مقدمه‌ای بر چاپ سوم کتاب)

از این که فرصتی دست داد تا با چاپ مجدد این کتاب برخی اشتباهات چاپ قبلی تصحیح شده و مطالبی نیز به آن اضافه شود بسیار خوشحالم. مطالب اساسی کتاب از زمانی که چاپ اول آن منتشر شده است تا بحال تغییر ننموده و هنوز هم در طراحیهای زه‌کشی‌های هوکهای زه‌کشی به کار برده می‌شود.

تئوری‌های بسیاری در زمینه زه‌کشی ارائه شده است و تا جایی که به اطلاع من رسانیده‌اند حدود ۱۶۰ تئوری مختلف موجود است. ولی به تجربه ثابت شده است که همان تئوریهای ساده هوکهای عملی‌تر است. علی‌رغم فرضیاتی که برای ساده‌شدن معادلات به عمل آمده است وقتی تغییرات موضعی ضریب هدایت هیدرولیکی خاک را که در این گونه معادلات نقش اساسی دارند در نظر می‌گیریم، اشتباه ناشی ازین فرضیات بسیار کوچک است. تغییر عمده‌ای که در سالهای اخیر صورت گرفته است استفاده بسیار زیاد از لوله‌های پلاستیکی است. این موضوع انگیزه‌ای برای اختراع ماشین‌آلات زه‌کش گردید که هزینه لوله‌گذاری را بسیار تقلیل داده است. علاوه براین، روشهای جدید نصب لوله بر کیفیت کار افزوده‌اند. کنترل نصب لوله را می‌توان مهمترین بخش از نصب سیستم زه‌کشی دانست.

جیمز، ان. لوتین



پیشگفتار

این کتاب به عنوان کتاب درسی برای درس مهندسی زهکشی نوشته شده است . البته مهندسين کشاورزی و ديگران نيز به استفاده از این کتاب قادر خواهند بود . همچنین برخی از قسمتهای آن می تواند مورد استفاده متخصصین فیزیک خاک قرار گیرد .

مهندسی زهکش رشته ای است که در آن تحقیق ، تتبع و عمل با یکدیگر تلفیق شده است . در کتابی به این اندازه ، امکان گنجاندن تمام مطالب خاک شناسی و هیدرولیکی مورد نیاز وجود ندارد . البته برخی اطلاعات مربوط به خاک و هیدرولیک توضیح داده شده است .

هدف اصلی در این کتاب این بوده است که براساس پیشرفتهای چند دهه اخیر ، راه حلی برای مسأله زهکشی ارائه شود . بسیاری از مطالب نظری باید از این کتاب حذف شود ولی نویسنده سعی کرده است که تئوری و عملیاتی را که استفاده عام دارند نشان دهد . البته این دلیل نمی شود که نظریه های دقیق تری وجود ندارد بلکه فقط سعی شده است تا بحثهای خود را به روشهایی که امروزه کاربرد دارند ، محدود کنیم .

همه ما که در زمینه زهکشی کار می کنیم مدیون دکتر هوگهات (Dr . S . B . Hooghoudt) هستیم که برای اولین بار مسایل زهکشی را مورد تجزیه و تحلیل منطقی قرار داد . تحقیقات وی یکی از درخشان ترین کارهای ابداعی و پژوهشی است . گرچه تئوریهای وی به علت فرضیاتی که داشته است از طرف برخی مورد انتقاد واقع شده است ولی در حال حاضر این تئوریها با راه حل های دقیق و پیچیده بسیار مطابقت دارد . در ضمن خدمات دکتر چایلدرز (Dr . E . C . Childs) در انگلستان و دکتر کرکهام (Dr . Don Kirkham) در امریکا را نباید از نظر دور داشت . انگیزه هایی را که این دونفر در این رشته به وجود آورده اند غیر قابل انکار است .

در تهیه و تدوین این کتاب بسیاری وقت خود را صرف کرده‌اند که چون ممکن است نام برخی از قلم بیفتد از ذکر اسامی آنها خودداری می‌شود. بدین وسیله تشکر عمیق خود را از همکاران ابراز می‌دارم.

جیمز، آن، لوتین

فهرست مطالب

۱۳	فصل اول - مقدمه
۲۷	فصل دوم - هیدرولیک و اندازه‌گیری آب
۰۴۷	فصل سوم - بارندگی و رواناب
۷۳	فصل چهارم - خاکها
۸۹	فصل پنجم - شدت و ماهیت مسائل زه‌کشی زیرزمینی
۹۹	فصل ششم - ایستایی آب در خاک
۱۱۵	فصل هفتم - حرکت آب در خاک
۱۳۹	فصل هشتم - اصول تجزیه و تحلیل تراوش آب
۱۶۳	فصل نهم - اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک
۱۹۳	فصل دهم - فاصله و عمق زه‌کشاها
۲۲۳	فصل یازدهم - زه‌کشهای زیرزمینی
۲۵۷	فصل دوازدهم - زه‌کشهای روباز برای کنترل سطح آبهای زیرزمینی
۲۷۳	فصل سیزدهم - چاهکهای زه‌کشی

18-10

فصل اول

مقدمه

نیاز به زهکشی

مسئله زهکشی ناشی از افزایش مقدار آب در سطح خاک و یا در منطقه رشد ریشه‌ها در زیر سطح خاک می‌باشد. اگر چنانچه آب در سطح زمین به‌ایستد مسئله از نوع زهکشی سطحی خواهد بود. این مشکل را می‌توان با فراهم آوردن راه‌حلی جهت خارج کردن آب‌های سطحی چاره‌جویی کرد.

نوع دیگر زهکشی مربوط به جمع شدن آب در زیر سطح خاک است. در این حالت سطح آب زیرزمینی بالا است ولی غالباً با کاوش سطح خاک نمی‌توان به وجود سفره آب زیرزمینی پی برد. در بسیاری موارد ممکن است سطح خاک ظاهراً خشک به نظر برسد ولی تجمع آب در عمق یک متری یا بیشتر می‌تواند به حدی باشد که برای رشد گیاهان زراعی بسیار مضر باشد. روش‌های بررسی این مسایل جزء مهم عملیات مهندسی یک سیستم زهکش را شامل می‌گردد.

هدف از زهکشی

منظور از زهکشی فراهم کردن محیط مناسب برای فعالیت ریشه‌هاست، به طوری که در آن گیاه بتواند حداکثر رشد خود را داشته باشد. بنابراین هدف نهایی زهکشی افزایش و تداوم تولید محصول طی یک دوره زمانی طولانی است. یکی از دلایلی که زهکشی ناقص زمین باعث کاهش محصول می‌گردد این است که در واقع ریشه گیاه برای رشد خود فقط مقدار محدودی خاک در اختیار دارد و سیستم ریشه‌ای گیاه نمی‌تواند غذای مورد نیاز قسمت‌های هوایی را تأمین کند.

در چنین شرایطی گیاه دارای رشد کافی نخواهد بود و نه تنها فقدان مواد غذایی به گیاه لطمه می زند بلکه موقعی که سطح آب زیرزمینی پایین می افتد گیاه از کمبود آب نیز صدمه خواهد دید. یکی دیگر از عواملی که بر رشد گیاه اثر می گذارد این است که در شرایط باتلاقی و خاکهایی که زهکشی مناسبی ندارند از لحاظ بعضی مواد غذایی کمبود ایجاد می شود.

اثر زهکشی ناقص بر خاک و گیاهان

آبی که خلل و فرج خاک را پر می کند نه تنها باعث خارج شدن هوای خاک می گردد بلکه گازهایی را که از ریشه گیاه متصاعد می شود نیز محبوس کرده، مانع انتقال آن به خارج می شود. کافی است مجاری خاک در یک نقطه مسدود گردد تا بدین وسیله تبادل گازهای خاک با محیط خارج به کلی قطع شود. محدود بودن اکسیژن در خاکهای باتلاقی تنها به دلیل کمبود اکسیژن محلول در آب نیست بلکه دلیل دیگر آن سرعت بسیار کم انتشار گاز در این نوع خاکهاست.



شکل ۱-۱: یک نقطه مرطوب که در داخل و اطراف آن جگن و گل گاوزبان روییده است. در این وضعیت بدلیل بالا بودن سطح آب زیرزمینی رشد گیاهان زراعتی امکان پذیر نمی باشد.

در خاکهای باتلاقی تباه گازها فقط در همان ضخامت دوسه سانتی متری رویه خاک انجام می گیرد. پایین تر از این عمق عملاً اکسیژن آزاد وجود ندارد. هنگامی که یک خاک غرقاب می شود، طی چند ساعت اکسیژن موجود در خاک و آب ناپدید می شود حتی اگر به طریق مصنوعی نیز مقداری اکسیژن جدید وارد گردد، آن هم نیز به سرعت از بین می رود. پس از آن که اکسیژن محلول در خاکهای باتلاقی به مصرف رسید تجزیه غیرهوازی مواد آلی شروع می شود. نتیجه این عمل تولید ترکیبات آلی احیا شده از قبیل متان (گاز باتلاقی) ترکیبات متیل و مواد آلدئیدی است. مواد معدنی خاک نیز در شرایط باتلاقی از حالت اکسید به احیا تبدیل می شود. همچنین ملاحظه شده است که در طی چند روز پس از غرقاب شدن، غلظت مواد سمی آهن دار و یون سولفور در خاک افزایش می یابد ولی افزایش غلظت یونهای سمی منگنز پس از مدت طولانی تری شروع می شود.

باتلاقی شدن خاک معمولاً باعث کاهش سرعت تجزیه شدن مواد آلی می گردد. بدین معنی که پس از زه دار شدن اراضی مقدار مواد آلی خاک زیاد می شود و به دلیل کاهش سرعت تجزیه، ازت موجود در بقایای مواد آلی به صورت زندانی باقی مانده و آزاد نمی شود. بدین ترتیب در خاکهایی که زه کشی ناقص دارند عدم وجود ازت قابل جذب از عوامل محدود کننده رشد گیاه است.

اگر خاک زه کشی شود، معدنی شدن ازت، یعنی آزاد شدن ازت در اثر تجزیه مواد آلی با سرعت ثابت انجام می گیرد ولی در خاکهای زه دار سرعت معدنی شدن پس از یک دوره اولیه سریع به شدت کاهش می یابد.

کاهش میزان تعرق به هنگام غرقاب شدن گیاهان، نشانه این است که در خاکهای زه دار جذب آب توسط گیاهان به سختی صورت می گیرد. عدم جذب آب به دلیل کمبود اکسیژن و بالابودن درصد گاز کربنیک در وضعیت باتلاقی است. پوسیدن ریشه های گیاه و عدم تولید ریشه های جدید به این وضعیت تداوم می بخشد.

زه دار شدن زمین بر جذب مواد غذایی توسط گیاهان نیز تاثیر می گذارد. این حالت را می توان از طریق علائمی که در شرایط باتلاقی بروز می نماید، مشاهده نمود. از جمله این علائم زردی، قرمزی، سوختگی و یا لکه دار شدن برگهای گیاه است. چنین علائمی در موقعیتی دیگر ممکن است نشان دهنده عدم توازن مواد غذایی باشد.

قبلاً گفته شد که پس از باتلاقی شدن اراضی غلظت ترکیبات سمی آهن و گوگرد بالا رفته و از طریق تجزیه های بی هوازی مقداری ترکیبات آلی که برای رشد گیاه مضر است تولید می گردد. یکی از این ترکیبات متان است که به تجربه ثابت شده است رشد بوته های گوجه فرنگی را کاملاً متوقف می سازد و اثر معکوس آن بر رشد بوته های جو بیش از اثری است

که کمبود ازت به وجود می آورد .



شکل ۱-۲: تصویر شماره ۱-۱ چهارده ماه بعد پس از اقدام به زهکشی زیرزمینی

حال به یکی دیگر از جنبه های بالابودن سطح آب زیرزمینی و تاثیر آن بر رشد گیاه توجه می کنیم و عکس العمل گیاه را نسبت به آن - که ممکن است زیان آور هم نباشد - در نظر می گیریم . در بسیاری از مناطق جهان مشاهده شده است که گیاه قادر است از یک سفره آب زیرزمینی بالا مقدار معتدبیهی آب جذب نماید . حتی اگر سطح آب زیرزمینی بسیار عمیق باشد باز گیاه قادر خواهد بود مقدار زیادی آب جذب کند . این موضوع در نواحی کویری ایالت یوتا در امریکا که گیاهان تیره قازایاگی و گونه های مشابه می تواند آب مورد نیاز را از اعماق ۷ متری زیرزمین یا بیشتر جذب نماید به اثبات رسیده است ، همچنین مشاهده شده است که گیاهان زراعتی از قبیل یونجه قادر است مقادیر معتدبیهی آب را از اعماق زیاد خاک جذب کند . کشاورزان هلندی برای رشد گیاهان زراعتی ، بیشتر متکی به جذب آب از سفره های زیرزمینی می باشند . البته در بحث پیرامون نقش بالابودن سطح سفره آب زیرزمینی و آثار مفید آن بر رشد گیاه همواره باید به خاطر داشت که اگر بخواهیم از جنبه های مفید آن استفاده کنیم لازم است که سطح آب زیرزمینی به نحوی کنترل گردد . اگر سطح آب زیرزمینی

در حد فاصل سطح خاک و عمق معینی از سطح زمین نوسان داشته باشد چنین سفره‌ای نمی‌تواند مفید واقع شود و در استفاده از آن باید احتیاطهای لازم را معمول داشت. نوسان سطح آب موجب پوسیدن ریشه‌های گیاه می‌گردد و هنگامی که سطح آب پایین می‌رود هیچ‌گونه ریشه‌ای که گیاه بتواند بوسیله آن آب مورد نیاز خود را جذب کند وجود نخواهد داشت در نتیجه گیاه از فقدان رطوبت صدمه می‌بیند و میزان محصول تقلیل پیدا می‌کند.

باید توجه داشت که هر نوع خاکی در تامین آب مورد نیاز ریشه از سطح سفره زیرزمینی مناسب نیست. در بعضی خاکها سرعت صعود موئینه‌ای بقدری کم است که گیاه قادر نیست آب کافی را از سفره آب زیرزمینی دریافت دارد. این وضعیت بخصوص در خاکهای سنگین و سخت رسی که در آنها سرعت صعود آب از سطح آب زیرزمینی نمی‌تواند تکافوی تعرق گیاه را نماید صادق است. در این نوع خاکها زه‌کشی عمقی یکی از کارهای اساسی است که باید انجام گیرد. برعکس در خاکهای لومی - ماسه‌ای سرعت صعود موئینه‌ای آب ممکن است بحدی سریع باشد که بتوان مقدار معتدله‌ای از آب مورد نیاز گیاه را از این طریق تامین کرد. به‌طور کلی مشخص شده است که برای کشت درختان میوه خاکهای زه‌کشی‌شده لازم است. گزارشهای متعدد نشان می‌دهد که رطوبت زیاد باعث پیدایش محیط مناسب برای بسیاری از بیماری‌ها می‌گردد. مثلاً "در ایالت اورگان مشخص شده است که در مورد درختان میوه عمق آب زیرزمینی نباید از ۲ تا ۳ متری کمتر باشد. بالا بودن سطح سفره آب به مدت سه الی چهار روز پس از بارندگی یا آبیاری در فصل رشد صدمه‌ای به گیاه وارد نمی‌کند.

در بسیاری موارد مزایای زه‌کشی یا خارج ساختن آب اضافی بسیار آشکار بوده و ارزش زمین را صدها برابر افزایش می‌دهد. این موضوع به‌خصوص در مورد باتلاقها که امکان کشاورزی در آنها محدود است و یا اصلاً امکان‌پذیر نمی‌باشد صادق است و با زه‌کشی این‌گونه اراضی می‌توان آنها را به زمینهای مفید کشاورزی تبدیل کرد.

بطور خلاصه در مورد تأثیری که اراضی با زه‌کشی ناقص و یا زمینهایی که در آنها سطح آب زیرزمینی بالاست بر گیاهان دارند می‌توانیم بگوییم که در اراضی باتلاقی اکسیژن محلول ابداً وجود ندارد و این موضوع به دلیل فعالیتهای میکروبی است. فرایندهای احیاکنندگی بلافاصله پس از باتلاقی شدن شروع می‌شود این مواد و دیگر مواد آلی احیا شده و یا مواد نیمه اکسایشی برای گیاه مضر است. فسفر در این‌گونه خاکها به صورت محلول درآمده و با آب شسته می‌شود.

تواند دیگر رنگشی

عرفاب شدن خاک در طول تابستان ممکن است موجب سوختن گیاهان گردد. در مناطقی که تابستانها گرم است، آبی که بوسیله آبیاری یا بارندگی در رود، زمینی جمع می شود باعث از بین رفتن گیاهان چمنی و بقولات می گردد. رنگشی زمینی همراه با شل آب ها در سوختگی را در گیاهان کاهش داده، سوختن را از بردن مقدار محصول می گرداند.



شکل ۱-۳: سوختگی یونجه بدلیل عرفاب ماندن زمینی به مدت چندین روز پس از آبیاری.

زاد و ولد پشه ها در مخازن آب و ماندابیهای کوچک مزارع از نظر سلامتی مخاطره آمیز است. چنانچه مزارع بخوبی تسطیح شده باشند و برای خارج شدن آب مجاری مناسب تعبیه گردد، از بروز این وضعیت جلوگیری شده، برای انسان محیطی سالم و مطبوع ایجاد خواهد شد.

رطوبت بیش از حد زمین معمولاً موجب می شود که خاک به وسیله حیوانات یا ماشین آلات کوبیده شود. با زه کشی خاک می توان رطوبت زمین را کنترل نمود و عملیات کشاورزی را به آسانی انجام داد.

بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی موجب می گردد که خاک نتواند در طول بهار به آسانی گرم شود. این موضوع به تاخیر جوانه زدن بذر منجر می شود و ممکن است بذرها قبل از جوانه زدن بپوسند. خاک زه کشی شده خاک گرم به حساب می آید.

در مناطقی که سطح سفره آب زیرزمینی بالاست برای رشد ریشه محیط مناسبی به وجود

خی آید. در این وضعیت منابع عوامل بیمار را میسر است. بهمنوی رسد فارچها در این کوید اراضی بسیار زیاد است.

جمع خاک در اراضی آبی می تواند منتهای حاصلخیز را به بیابانی بی آب و علف تبدیل کند. با توجه به دریاهای انسان - اجتماعی یا فردی باید زهکشی را به عنوان یک کار آزمای در نظر داشت. مایر هوفر (Mayerhofer) یکی از محققین پیس کسوت در امر زهکشی می نویسد: جدکشی می تواند اکار کند که اثر دست وسیع و شور خند که اکنون لم بررع و پوشیده از خاک است. به خوبی زهکشی می کند. خرب ۲۰ میلیون انسان کرسه سر بر بستر نمی گذاشتند.

تاریخچه زهکشی اراضی

سیر پیشرفتهای هنر زهکشی اراضی بصورت دورهای بوده است. در دورانی که زمین پر ارزش است، زارعین به برداشت حداکثر محصول علاقه خاصی نشان می دهند. علاوه بر این زارعین از نظر مالی به ساختن تاسیسات سیستمهای زهکشی قادر می باشند. در دوران بی ارزش بودن زمین سرمایه زارعین محدود است و علاقه به ایجاد تاسیسات زهکشی کاهش می یابد.

زهکشی در دوران قبل از تاریخ نیز بوسیله مصریها و بابلیها انجام می شده است. هرودت تاریخ نویس یونانی در ۴۰۰ سال قبل از میلاد به زهکشی در دره نیل اشاره کرده است. یکی از اولین مدارکی که در مورد زهکشی به ثبت رسیده است بوسیله کاتو (Kato) در ۲ سال قبل از میلاد بوده است که وی را می توان اولین نویسنده در زمینه زهکشی اراضی دانست. پلینی (Pliny) یک سال بعد از میلاد گزارش داده است که می توان از طریق حفر خندق و پر کردن نیمی از آن بوسیله سنگ و ریک و شاخه های تنیده درخت و سپس پوشاندن آن با خاکهای حاصله از حفاری، زهکشهای زیرزمینی ایجاد کرد.

کلوملا (Columella) نیز یک سال قبل از میلاد توصیه کرده است که باید زهکشها را در عمق یک متری قرار داد. سابقه هنر زهکشی احتمالاً به اندازه فن کشاورزی قدم دارد. اولین شواهد شناخته شده به دوران امپراطوری رم و حتی قبل از آن مربوط می شود. رومیها می دانستند که در طراحی زهکشی، کسب اطلاع در مورد خاکها از اهمیت زیادی برخوردار است و از مزایای زهکشی عمقی در بعضی موقعیتهای آگاهی داشتند. روشی که این مردم به کار می بردند تا عصر حاضر تغییرات چندانی نکرده بود تا این که در سال ۱۸۱۰ برای اولین بار در انگلستان در اراضی سرجیمز گراهام (Sir James Graham) در نورث آمبرلند

(Northumberland) رهکشی تنبوشه‌ای انجام شد . البته استفاده از لوله سفالی از سال ۱۶۲۰ در فرانسه در باغ کنوئ (Convent) در موبوژ (Maubeuge) آغاز شده بود ولی رواج پیدا نکرده بود .



شکل ۱-۴: وجود پشه در مناطقی که زهکش ناقص دارند .

در حال حاضر که زمین دارای ارزش است بین از هر زمان دیگر به زهکشی توجه می شود . هر سال زارعین و مؤسسات دولتی علاقه مند به برداشت محصول زیادتر شده و چندین کیلومتر زهکش جدید ایجاد می گردد .

غالباً " مردم از زهکشی دریافت صحیحی ندارند و این به دلیل عدم درک مساله است که هم زیان ناشی از خشکسالیها و هم سالهای پرباران به زهکشی نسبت داده می شود . یکی دیگر از مسائل مربوط به زهکشی در مقیاس بزرگ مخالفتهایی است که به دلیل اصطکاک منافع

در مقابل تغییر دادن وضعیت موجود ابراز می‌گردد. برحسب مدارک موجود زه‌کشی منطقه، فنس (Fens) در شرق انگلستان که بالغ بر ۸۰ هزار هکتار از اراضی جزر و مدی دریای شمال را شامل می‌شد با نارضایتی‌های زیادی روبرو بود که عامل اصلی آن را می‌توان مخالفت مردم فنس دانست که روی آن اراضی دست گذاشته بودند و در آن از مزایای شکار، ماهیگیری و پرورش دام برخوردار بودند. در حال حاضر نیز پروژه‌های زه‌کشی مورد مخالفت گروه‌های محافظه‌کار که خواهان حفظ طبیعت و حیات وحش می‌باشند قرار می‌گیرد.

برغم عدم درک مساله و مخالفت‌هایی که گاه و بیگاه می‌شده است پیشرفتهایی که در زمینه زه‌کشی صورت گرفته است منجر به بارور شدن ملیونها هکتار از اراضی زراعی شده که در تولید غذا و پوشاک برای جمعیت روزافزون جهان مؤثر بوده است. بسیاری از دانشمندان علم کشاورزی این واقعیت را نشان داده‌اند که ما هنوز در آغاز راه بهسازی و حفاظت اراضی از طریق زه‌کشی هستیم. هنوز اراضی وسیعی در شرق و جنوب آمریکا وجود دارد که می‌تواند از زه‌کشی بهره‌گیرد. تداوم زراعت آبی تا حد زیادی بستگی به زه‌کشی دارد و در مناطق خشک نیاز به احداث کیلومترها زهکش جدید است. به‌گفته مهندسين و دانشمندان که به خارج از آمریکا سفر کرده‌اند فقط اراضی آمریکا نیست که به زه‌کشی نیاز دارد بلکه این مساله در کل جهان مطرح است.

نیاز به زه‌کشی در مناطق خشک

برای عده زیادی از مردم بعید به نظر می‌رسد که زمینهای آبی نیاز به زه‌کشی داشته باشد. پس از پرداخت هزینه‌های گزاف تهیه زمین و طراحی سیستم آبیاری چرا باز هم باید مساله‌ای به نام زه‌کشی وجود داشته باشد؟

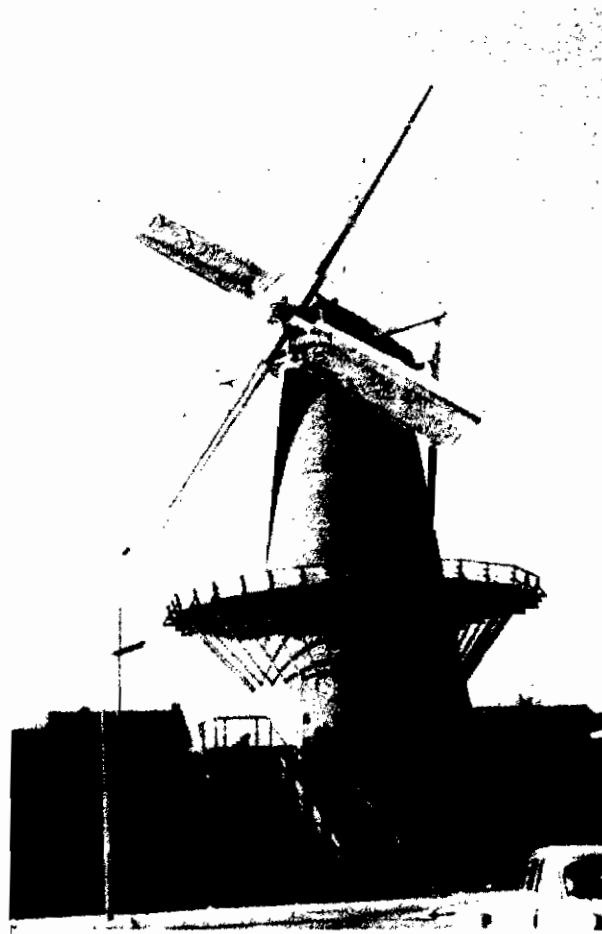
مساله زه‌کشی در مناطق خشک به گواهی نخستین نوشته‌های تاریخی همیشه برای متخصصین آبیاری مطرح بوده است. قسمت اعظم اراضی حوضه دجله و فرات در بین‌النهرین کهن به دلیل تجمع نمک در لایه‌های سطحی خاک به کویر تبدیل شده است. بنا به گفته سرویلیام میل‌کوکس (Mean et al, 1930) زمانی در چالدای باستان (Chaldea) حدود ۴ میلیون هکتار اراضی حاصل خیز و باغ وجود داشته است. این اراضی امروزه بیشتر به بیابانهای شور و قلیاسی بی‌آب و علف که گله‌های قبیله‌های صحراگرد در آن پرسه می‌زنند تبدیل شده است. وجود آثار سیس، سهای آبیاری، اراضی شور و قلیا در سرتاسر کویر صحرای خاور نزدیک دال بر این است که فقدان زه‌کشی مناسب سرانجام می‌تواند منطقه‌ای را به برهوت تبدیل کند. احتمال داده می‌شود که در برخی موارد این عامل در انقراض تمدنهای شکوفای باستان دخالت

داشته است. در آمریکا حوادثی در دست است که اولین تاسسات آبیاری که در ابتدا بوسیله سرج پوسان و سپس بوسیله اسپاسولها در دره رود کیلا (Kila) در آریزونا و ریونراس (Rio Grande) در نیومکزیکو و تگزاس ایجاد شده بود سرانجام به دلیل عدم رهکشی از بین رفته است. آثار سیستمهای آبیاری در نزدیک آیلتا (Gila Indian Reservation) در نیومکزیکو نشان می دهد که آبیاری محصولات کشاورزی قبل از کشف آمریکا نیز وجود داشته است (Bloodgood, 1930). جهانگردان اسپانیولی در قرن شانزدهم متوجه شدند که سرج پوسان پابلو (Pablo) از طریق انحراف آب رودخانه ریونراس به کشاورزی بدوی خود اشتغال داشته اند. بسیاری از این اراضی در حال حاضر شور و غیر قابل استفاده است.

یکی از نکات بسیار حائز اهمیت سرعت پیدا شدن مساله رهکشی است که سلافاصله پس از آبیاری اراضی در سطح وسیعی به وجود می آید. در نگاه اول چنین به نظر می رسد که اثر خاک نفوذپذیر سطحی در روی طبقات شنی قرار گرفته و سالها سال حس بی مانی مانده باشد از باسلاقی شدن در امان خواهد بود ولی به تجربه ثابت شده است که این موضوع درست نیست. پروژه نیولاندز (Newlands) در نوادا یکی از اولس پروژه هایی بود که در سال ۱۹۵۲ بوسیله دفتر احیاء اراضی آمریکا به مورد اجرا گذاشته شده است. در این پروژه سدی احداث و آبیاری ۳۵۵۰۰ هکتار زمین از سال ۱۹۵۶ شروع شد. زه دار شدن اراضی نیز سلافاصله پس از آبیاری شروع شده و در آخر سال ۱۹۱۸ در سن ۱۶۵۰۰ هکتار اراضی پروژه سطح آب زیرزمینی به عمق کمتر از ۲ متری سطح خاک رسیده بود. در سال ۱۹۲۱ احداث رهکشیهای روبار عمیق آغاز و در اواخر سال ۱۹۲۳ بیش از ۲۲۵ کیلومتر زهکس روبار ساخته شد تا بتواند آبهای راند سطحی و زیرزمینی را خارج کند. گرچه اراضی زمان تابحال بهره های رهکس دیگری نیز حفر شده اند ولی باز بودن سطح آب زیرزمینی به طور مرتب ایجاد اشکال می کرده است.

موارد بسیار زیاد دیگری را می توان در مورد زهکشی در اراضی تحت آبیاری نام برد مثلاً در سال ۱۹۱۲ حدود ۳۵۵۰۰ هکتار از اراضی دره پیکوس (Pecos) در ایالت نیومکزیکو زهکشی گردید. هارت (R.A. Hart) در سال ۱۹۱۵ خاطرنشان می کند که بیش از ۱۵ درصد از زمینهایی که در آمریکا در یک دوره طولانی تحت آبیاری بوده است به کلی حاصلخیزی خود را از دست داده یا زیر کشت مراتع و گیاهان بی ارزش قرار گرفته است. . . . از این اراضی صدمه دیده در ایالات مناطق نیمه خشک آمریکا بخصوص در جاهایی که آبیاری عامل توسعه آن منطقه بوده است باز هم دیده می شود.

اداره حفاظت خاک آمریکا مقدار این اراضی را در ۱۷ ایالت غربی این کشور بالغ بر ۳۶ هزار هکتار تخمین زده است.



شکل ۱-۵: نوعی آسیای بادی که در هلند برای زهکشی اراضی پست مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نیاز به زهکشی در مناطق مرطوب

مساله زهکشی در مناطق مرطوب با آنچه در مناطق خشک وجود دارد متفاوت است. این اختلاف به دلیل عوامل متعددی از قبیل بارندگی، خاک و تجمع نمک است. مسایل مربوط به زهکشی سطحی در مناطق مرطوب بسیار شایع است. این مشکلات ناشی از پستی و بلندی سطح زمین است که از جاری شدن رواناب حاصله از بارندگی جلوگیری می‌کند. در بسیاری از جاها خاک قادر به جذب سریع آب نیست و مقدار زیادی از بارندگی در سطح خاک جاری می‌شود. مسایل زهکشی عمقی ناشی از بالا بودن سطح آب زیرزمینی نیز در آن مناطق ممکن است در اثر عدم نفوذ آب به لایه‌های زیرین خاک به وجود آید. کم بودن نفوذپذیری در این لایه‌ها ممکن است به دلیل وجود مقدار زیاد رس و یا کوبیده شدن آنها در اثر وزن قطعات یخ در دوران یخبندانهای گذشته باشد.

علاوه بر این، در مناطق مرطوب، مقدار زیادی از اراضی به علت موقعیتشان نسبت به اقیانوس یا توده‌های عظیم آب تحت تاثیر طغیانهای متناوب قرار دارد.

با وجودی که زهکشی در مناطق مرطوب بخصوص در نواحی گرمسیری دارای قدمت زیادی است، ولی توسعه هنر زهکشی در هلند صورت گرفت. پلینی (Pliny) در یک سال قبل از میلاد از اقدامات اهالی فریشلند (Frieslanders) در جهت بهسازی اراضی دریایی یاد کرده است. زهکشی تا زمان ظهور آسیابهای بادی در سال ۱۴۰۸ که می‌شد از آنها بعنوان وسیله‌ای در به کار انداختن پمپهای زهکش استفاده نمود آن طور که باید و شاید رونق نگرفت. یکی از متخصصین آن عصر ژان لیگواتر (Jan Leeghwater, 1575 - 1650) است که کارهای زیادی در هلند و آلمان انجام داده است. مهمترین کاری که در این دوره انجام شده است خشکانیدن مقدار زیادی از اراضی دریایی بوده است که قسمت اعظم آن بوسیله زهکشهای سطحی صورت گرفته است. توسعه زهکشی زیرزمینی در قرن هیجدهم و نوزدهم با پیدایش لوله‌های سفالی آغاز شد.

اولین لوله‌های زهکش سفالی در آمریکا در سال ۱۸۳۵ توسط جان جانستون (Jan - Jonstone) در مزرعه‌ای واقع در ژنوا (Geneva) در ایالت نیویورک کار گذاشته شد. این لوله‌ها با دست ساخته شده بود. استفاده از لوله‌های سفالی از سال ۱۸۴۸ با وارد شدن ماشینهای لوله‌سازی بسیار معمول گردید. از این زمان به بعد نصب لوله‌ها در سواحل شرقی آمریکا روبه فزونی گذاشت.

اهمیت زهکشی زیرزمینی در اقتصاد کشاورزی ایالات متحده هنگامی آشکار می‌شود که ملاحظه کنیم در ایالات آیوا، ایندیانا، الینویز، و اوهایو حدود ۲۰ درصد از اراضی زهکشی می‌شود و در اکثر آنها از لوله‌های سفالی استفاده شده است. هزینه زهکشهای سفالی نصب شده در ایالت آیوا به تنهایی بیش از هزینه کانال پاناما است.

مآخذ

- Bloodgood, Dean W. 1930. The ground water of middle Rio Grande Valley and its relation to drainage. *New Mexico Agr. Exp. Sta. Bull.* 184.
- Brown, Charles F. 1913. Farm drainage, a manual of instruction. *Utah Agr. Exp. Sta. Bull.* 123.
- Clayton, B. S. and L. A. Jones. 1941. Controlled drainage in the Northern Everglades of Florida. *Agr. Eng.*, 22:287-288, 291.
- Gain, Elmer W. 1964. Nature and scope of surface drainage in Eastern United States and Canada. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.*, 7:167, 168, 169.
- Henderson, D. W., J. H. Lindt, Jr. and R. C. Pearl. 1954. Use of moles for sub-irrigation. *Calif. Agr.*, 8:5-6.
- Hilgard, E. W. 1886. *Report of the California Experimental Station* 1886.
- Kalisvaart, C. 1958. *Subirrigation in the Zuyderzee Polders*. Publication No. 2, International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen, The Netherlands.
- Johnstone, John. 1801. *An Account of the Mode of Draining land According to the System Practised by Mr. Joseph Elkington*. B. McMillan, London.
- Land out of the Sea*. Published by the Boards of the Zuyderzee Works, The Hague, Netherlands.
- Means, Thomas H. 1930. (Chairman) Committee of the Irrigation Division Report. Drainage of irrigated lands. *Trans. Am. Soc. Civil Engrs.*, 94:1525-1447.
- Stuvel, H. J. 1956. *Het Deltaplan*. Scheltema and Holkema N.V., Amsterdam.
- Thorne, D. Wynne. 1951. *The Desert Shall Blossom as the Rose*. Faculty Association, Utah State Agricultural College, Logan, Utah.
- Van der Molen, W. H. and W. H. Sieben, 1955. *Van Zee tot Land*. W. E. J. Tjeenk Willink N. V., Zwolle, The Netherlands.
- van Veen, J. 1955. *Dredge, Drain, Reclaim, the Art of a Nation*. Marinus Nijhoff, The Hague.
- Van't Woudt, B. D. and R. M. Hagan. 1957. *Land Drainage in Relation to Soils and Crops*. American Society of Agronomy Monograph 7 (J. N. Luthin, Editor), Madison, Wisconsin.
- Weir, W. W. 1954. Land drainage in California. *Agr. Eng.*, 35:482-485.

فصل دوم

هیدرولیک و اندازه گیری آب

جریان آب در آبراهه های روباز

عامل حرکت آب در آبراهه های روباز شیب سطح آب است و نیروی ثقل منبع مورد نیاز برای جریان آب می باشد . اگر در آبراهه های سطح آب بدون شیب باشد ، آب جریان پیدا نخواهد کرد . با توجه به این که ثقل عبارت از نیرویی است که به هر واحد جرم مایع وارد می شود - لذا بر اساس قانون نیوتن ، اگر در مقابل حرکت آب هیچ گونه مقاومتی وجود نداشته باشد ، درست مانند سقوط آزاد یک جسم در حوزه ' ثقل زمین - آب نیز با شتاب معینی به حرکت خود ادامه می دهد . ولی وجود نیروهای اصطکاک بین آب و جدار آبراهه مقاومتی را در برابر جریان آب ایجاد می کند . حتی در کانالهای بسیار صاف نیز نیروهای اصطکاک وجود داشته ، موجب کاهش شتاب حرکت آب می گردد . در شرایطی که جریان بصورت ماندگار باشد ، شتاب حرکت باعث می شود سرعت جریان بحدی برسد که در آن وضعیت مقدار نیروهای اصطکاک برابر با نیروهای تندکننده ' جریان گردد . در این حالت سرعت ماندگار شده ، با زمان تغییر نخواهد کرد .

با توجه به این که منشأ نیروهای بازدارنده ' حرکت آب اصطکاک بین آب و جدار آبراه می باشد لذا سرعت آب در تمام نقاط مقطع یک آبراه یکسان نخواهد بود هم چنین وجود نیروهای کشش سطحی در حد فاصل آب و هوا باعث کاهش سرعت در سطح آب می گردد . نقطه ای از مقطع یک آبراه دارای حداکثر سرعت است که در دورترین فاصله از جدار و در وسط گودترین قسمت آن و اندکی زیر سطح آب قرار گرفته باشد . فاصله نقطه ای که دارای حداکثر سرعت می باشد تا سطح آب بستگی به عمق آب دارد . این نقطه در آبراهه های کم عمق

نزدیک سطح آب و در آبراهه‌های عمیق حدوداً " در یک سوم عمق از سطح قرار گرفته است .

شعاع هیدرولیکی

مقاومت در مقابل جریان آب تابعی از محیط خیس شده و مساحت مقطع عرضی جریان آب است . نسبت سطح مقطع جریان به محیط خیس شده را شعاع هیدرولیکی گویند . اگر در دو آبراهه ، شیب کف و سطح مقطع جریان یکسان باشد ، آبراهه‌ای که محیط خیس شده آن کمتر است دارای شعاع هیدرولیکی بزرگتر است و لذا سرعت آب در آن بیشتر می‌باشد . تجربه نشان داده است که رابطه بین سرعت آب و شعاع هیدرولیکی به نحوی است که سرعت جریان آب متناسب است با شعاع هیدرولیکی به توان $\frac{1}{4}$ تا $\frac{2}{3}$. برای محاسبه سرعت جریان آب در نه‌رهای روباز فرمولهای مختلفی ارائه شده است . در تمام این فرمولها شیب بستر کانال ، شعاع هیدرولیکی و زبری جدار و کف کانال ، دخالت دارند .

فرمول شزی (Chezy)

یکی از نخستین فرمولهایی که برای تخمین سرعت آب در نه‌رهای روباز ارائه شده است فرمول شزی (۱۷۷۵) است که بصورت زیر نشان داده می‌شود .

$$v = C(rs)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

در این فرمول v سرعت متوسط آب ، r شعاع هیدرولیکی و s شیب کف نه‌ر است . شزی تصور می‌کرد که ضریب C عدد ثابتی است حال آن که تجربه‌های بعدی نشان داد که مقدار این ضریب با زبری جدار و نیز سرعت آب و شعاع هیدرولیکی متغیر است . با درک مفاهیم جدید در مورد جریان آب در نه‌رهای روباز تغییراتی در فرمول شزی داده شده و آنچه در زیر ارائه می‌شود فرمولهایی است که در حال حاضر بوسیله مهندسیین مورد استفاده قرار می‌گیرد .

فرمول مانینگ (Manning)

متداولترین فرمولی که در آمریکا برای طراحی کانالها استفاده می‌شود ، فرمول مانینگ

است*.

$$v = \left(\frac{1.486}{n} \right) r^{2/3} s^{1/2} \quad (2)$$

در این فرمول:

v - سرعت متوسط جریان آب در نهر برحسب فوت در ثانیه.

r - شعاع هیدرولیکی برحسب فوت.

s - شیب کف نهر بر حسب فوت در هر فوت طول و n ضریب زبری است.

چون شعاع هیدرولیکی در فرمول مانینگ به‌توان عدد مثبتی می‌رسد لذا در یک‌نهر بزرگترین شعاع هیدرولیکی، بیشترین سرعت را به‌مراه خواهد داشت و نهری دارای حداکثر شعاع هیدرولیکی است که سطح مقطع آن نیم‌دایره باشد. ساختن و نگهداری چنین سطح مقطعی عملاً غیرممکن است لذا شبیه‌ترین مقطع به نیم‌دایره که همان ذوزنقه می‌باشد در طراحی نهرهای زه‌کشی به‌عنوان سطح مقطع کانال در نظر گرفته می‌شود.

مشکلترین کار در استفاده از فرمول مانینگ تعیین ضریب زبری است زیرا این ضریب ثابت نبوده و همراه با تغییر شکل بدنه نهر و رویش علف در آن از فصلی به فصل دیگر تغییر می‌کند. اگر اندازه‌گیری ضریب زبری در نهر مورد نظر امکان‌پذیر نباشد می‌توان از دستورالعمل رامسر (Ramser) استفاده نمود. رامسر در نهرهایی که از نظر رشد علفهای هرز شرایط مختلفی داشتند اندازه‌گیریهای لازم را برای تعیین ضریب زبری انجام داد و از هر کدام تصاویری را در کتاب خود تحت عنوان "جریان آب در نهرهای زه‌کشی" (بولتن فنی شماره ۲۹، وزارت کشاورزی آمریکا، نوامبر ۱۹۲۹) چاپ نموده است.

بر اساس تجارب کارشناسان اداره حفاظت خاک آمریکا در طراحی نهرهای زه‌کش می‌توان برای ضریب زبری از اعداد زیر استفاده کرد.

شعاع هیدرولیکی	n
کمتر از ۰/۸ متر	۰/۰۴ تا ۰/۰۴۵
۰/۸ تا ۱/۲ متر	۰/۰۳۵ تا ۰/۰۴۰
۱/۲ تا ۱/۵ متر	۰/۰۳۰ تا ۰/۰۳۵
بیش از ۱/۵ متر	۰/۰۲۵ تا ۰/۰۳۰

اعداد فوق با این فرض است که جدار نهر فاقد علف هرز باشد، چنانچه در جدار و کف

* در سیستم متریک فرمول مانینگ به صورت $v = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}$ به کار می‌رود که n برحسب متر در ثانیه، r برحسب متر و s برحسب متر در هر متر طولی است.

نهر علت هرز رشد کند مقدار n ممکن است به $۵/۱$ و حتی بیشتر نیز برسد .
در نهرهای جدیدالاحداث مقادیر n و سرعت آب به ترتیب کمتر و بیشتر از مقادیر طراحی شده است . چنانچه لازم باشد که برای جلوگیری از فرسایش از سرعت آب کاسته شود ، می توان نهر را عریض و کم عمق ساخت .

فرمول ایلیوت (Elliot)

چون تغییرات ضریب زبری بحدی زیاد است که گاهی اوقات کاربرد آن را در فرمول مانینگ با اشکال مواجه می سازد بدین جهت ایلیوت فرمولی را برای تخمین سرعت آب توصیه نمود که در آن ضریب زبری ثابت است . مزیت این فرمول سهولت استفاده و بخاطر سپردن آن است .

بنا به فرمول ایلیوت سرعت جریان آب در یک نهر روباز بصورت زیر نشان داده می شود :

$$v = (1.49rh)^{1/3} \quad (۳)$$

در این فرمول r شعاع هیدرولیکی برحسب فوت و h شیب کف نهر برحسب فوت در هر مایل است .

فرمول کوته (Kutter)

در سال ۱۸۶۹ دو مهندس سویسی به نامهای گانکیه و کوته اعداد حاصل از اندازه گیریهای جریان آب در نهرها را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و فرمول تجربی زیر را که به نام فرمول کوته معروف شده است ارائه کردند .

$$C = \frac{41.65 + \frac{0.00281}{s} + \frac{1.811}{n}}{1 + \frac{n}{\sqrt{r}} \left(41.65 + \frac{0.00281}{s} \right)} \quad (۴)$$

درین فرمول C همان ضریب شزی است ، r شعاع هیدرولیکی برحسب فوت ، s شیب کف نهر برحسب فوت در فوت و n ضریب زبری جدار نهر است . این فرمول بیان کننده ضریب C بعنوان تابعی از شعاع هیدرولیکی (r) ، شیب کف نهر (s) و ضریب زبری (n) می باشد .

فرمول مانینگ ساده‌تر از فرمول کوتاه بوده و با استثنای شیبهای ملایم در بقیه موارد نتایج حاصله از هر دو فرمول مشابه است. برای شیبهای ملایم دقت فرمول مانینگ زیادتر از فرمول کوتاه است.

جریان آب در لوله‌های زهکش

حرکت آب در لوله‌های نیمه‌پر نیز مانند انهار روباز بر اثر شیب سطح آب صورت می‌گیرد تا زمانی که لوله نیمه‌پر است تنها نیروی محرکه نیروی ثقل است هیچ گونه فشاری بر آب وارد نمی‌شود.

لوله‌های زهکش بندرت پر از آب بوده و معمولاً با شیب ملایمی در خاک قرار می‌گیرند. فرمول مانینگ که برای جریان آب در نه‌های روباز است می‌تواند برای جریان آب در لوله‌های زهکش نیز مورد استفاده قرار گیرد. در لوله‌های زهکش مقطع که بصورت قطعات جدا پهلوی هم چیده می‌شوند مقدار مقاومت در مقابل جریان بیش از لوله‌های یک تکه است. مقدار ضریب مقاومت و جداول مربوط به محاسبه جریان آب در لوله‌های زهکش در فصل ۱۱ بخش زهکشهای زیرزمینی داده شده است.

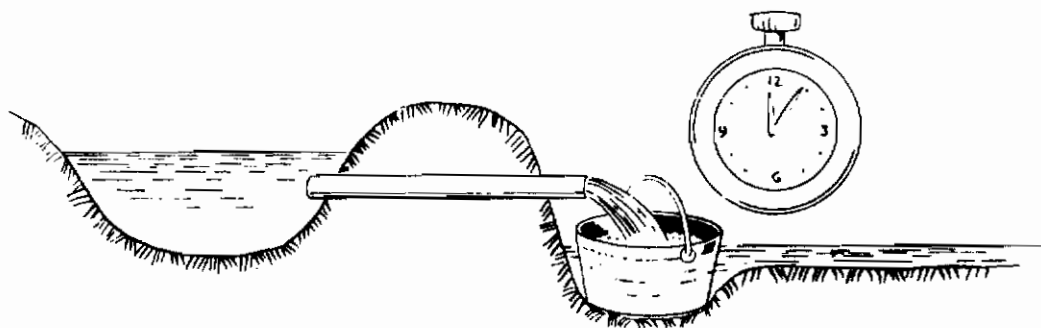
روشهای اندازه‌گیری آب

اندازه‌گیری آب در مهندسی زهکشی حائز اهمیت است. زیرا از یک طرف لازم است که مقدار آب خروجی از سازه زهکشی را بدانیم و از طرف دیگر ممکن است اندازه‌گیری جریان آب در لوله‌های زهکش نیز مورد نظر باشد. روشهای معمول در اندازه‌گیری آب را می‌توان به سه گروه طبقه‌بندی کرد: روشهای مستقیم، روشهای اندازه‌گیری سرعت و سطح مقطع و روشهایی که در آنها از مقطع محدود شده جریان برای اندازه‌گیری استفاده می‌شود.

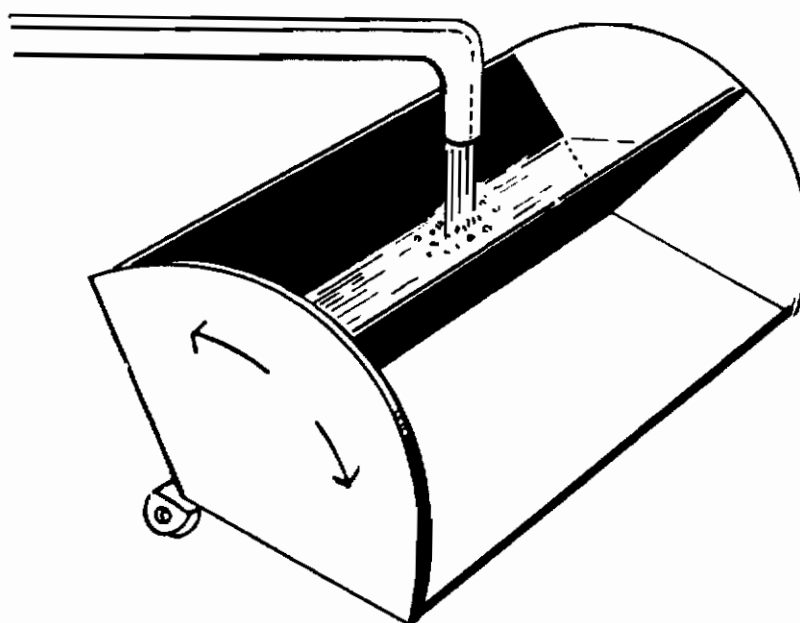
روشهای مستقیم:

مستقیم‌ترین روش در اندازه‌گیری آب استفاده از یک ظرف و جمع‌آوری حجمی از آب در مدت زمان معین است. اگر مقدار آب کم باشد می‌توان از یک سطل معمولی و یک کرنومتر یا ساعت مچی برای اندازه‌گیری آب استفاده نمود. زمان لازم برای پر شدن کامل سطل اندازه‌گیری می‌شود و با توجه به آن می‌توان مقدار دبی آب را محاسبه نمود. روش دیگر اندازه‌گیری تغییر سطح آب در یک ظرف یا محلی که آب در آن جمع می‌شود می‌باشد. برای

دقت در اندازه‌گیری باید مقدار نفوذ آب در جدار این‌گونه مخازن نیز برآورد شود.



شکل ۱-۲: جمع آوری حجم معینی از آب در یک فاصله زمانی مشخص
علاوه بر روش استفاده از ظرف و کرنومتر، برای اندازه‌گیری آب انواع کنتورهای تجارتي نیز به‌بازار عرضه شده است. این دستگاهها در اصل سرعت آب را اندازه‌گیری می‌کنند و لسی درجه‌بندی روی صفحه‌کنتور به‌نحوی است که عدد قرائت شده حجم آب را نشان می‌دهد. روش دیگری که می‌تواند در اندازه‌گیری آب مورد استفاده قرارگیرد سطل متحرک یا کج شونده است. این سطل از دو مخزن مشابه و مجزا تشکیل شده است. موقعی که یک مخزن آن از آب پر شد سطل خودبخود کج و آب این قسمت خالی می‌شود در همین زمان مخزن دیگر در حال پرشدن از آب است. در کنار دستگاه، کنتوری تعبیه شده است که تعداد چرخشها را ثبت می‌کند و از روی آن می‌توان حجم آب عبور داده شده را محاسبه کرد. برای استفاده صحیح از این دستگاه باید در قسمت فوقانی آن به اندازه کافی فضا وجود داشته باشد تا دستگاه بتواند از نظر مکانیکی به آسانی حرکت نماید.



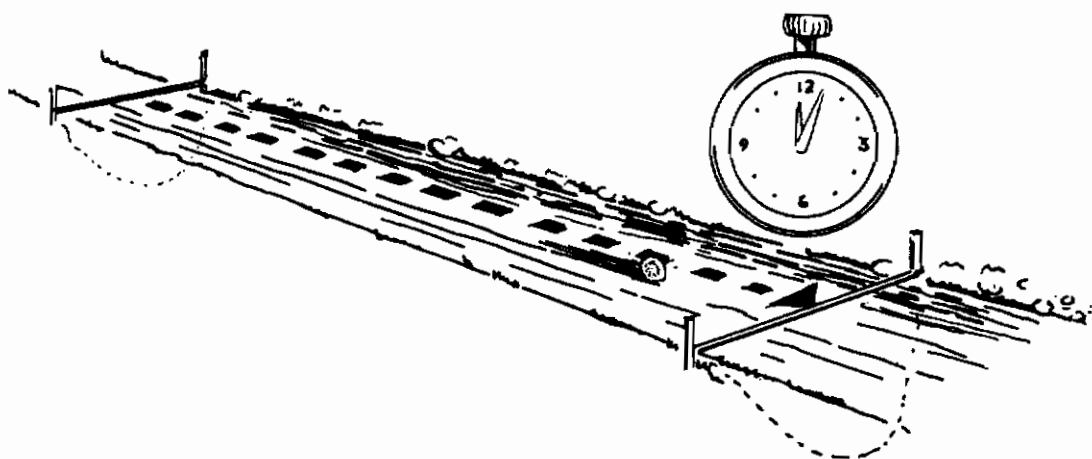
شکل ۲-۲: سطل کج شونده، دو طرفه

اندازه‌گیری سرعت آب

در صورت اندازه‌گیری سرعت و سطح مقطع جریان می‌توان مقدار دبی را در واحد زمان به دست آورد.

روش جسم شناور:

روش جسم شناور برای اندازه‌گیری تقریبی مقدار جریان آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش در تخمین میزان دبی نهرها بسیار مفید است. برای این منظور مسیر مستقیمی از نهر که در آن سطح مقطع آب نسبتاً یکنواخت باشد انتخاب می‌شود. طول این قطعه از مسیر بسته به مقدار جریان بین ۱۵ تا ۳۰ متر کفایت می‌کند. در این فاصله چندین نقطه را انتخاب نموده و در آنها عمق آب و عرض نهر اندازه‌گیری می‌شود تا براساس آن بتوان سطح مقطع جریان را محاسبه کرد. سپس جسم شناوری مانند یک قطعه چوب کوچک، بطری خالی یا اشیاء مشابه را در نقطه نشان شده‌ای از مسیرها می‌کنند و زمان لازم برای رسیدن آن به نقطه نشان شده بعدی ثبت می‌گردد. این اندازه‌گیری چندین بار تکرار می‌شود تا از حرکت جسم بین دو نقطه زمان متوسطی به دست آید. همان‌طور که قبلاً گفته شد سرعت جریان در سطح آب بیشتر از سرعت متوسط آب در نهر است لذا برای به دست آوردن سرعت متوسط لازم است که سرعت سطحی در ضریب $5/8$ ضرب شود.

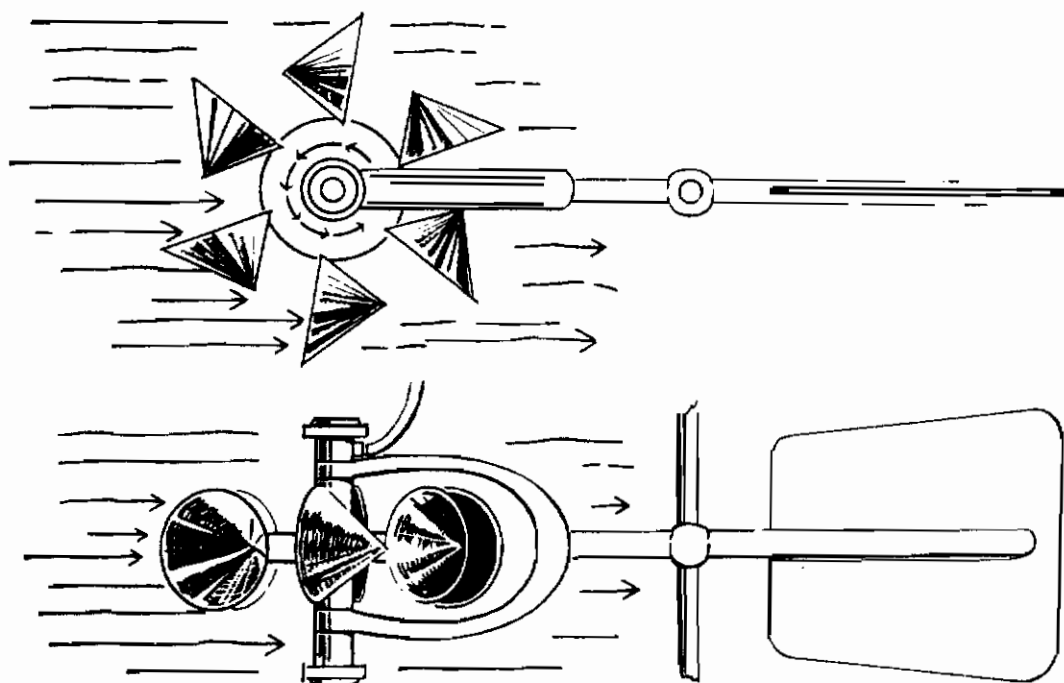


شکل ۲۰-۳: استفاده از جسم شناور برای اندازه‌گیری دبی

روش سرعت سنج مکانیکی (پروانه آبی) یا مولینه:

پروانه آبی یا مولینه وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری دقیق سرعت آب طراحی شده

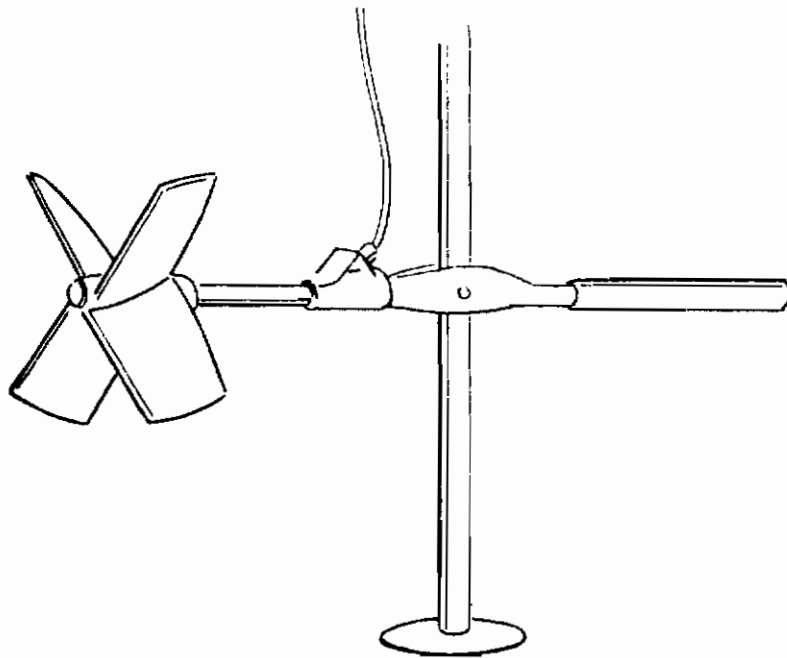
و انواع آن بصورت تجارتي در دسترس می باشد . سرعت سنج نوع پرایس (Price) از پروانه ای مرکب از ۶ فنجان مخروطی که بر روی یک محور عمودی قرار گرفته اند تشکیل شده است . موقعی که این دستگاه در زیر آب و در مقابل مسیر جریان قرار می گیرد پروانه شروع به چرخیدن می کند و زمان لازم برای چرخیدن تعداد معینی دور اندازه گیری شود .



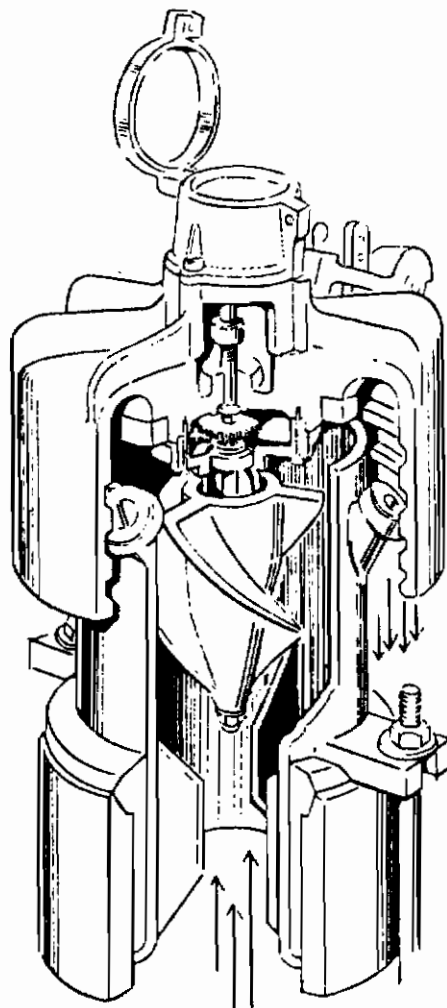
شکل ۲-۴: سرعت سنج (پروانه آبی) نوع پرایس

سرعت سنج نوع هاف (Hoff) از یک پروانه پلاستیکی که روی محوری قرار دارد تشکیل شده است . مهمترین مزیت آن این است که تلاطم جریان کمتر بر آن مؤثر است . از این نوع سرعت سنج بیشتر برای اندازه گیری سرعت خروجی آب از لوله های آبده و پمپها استفاده می شود . برای اندازه گیری سرعت در دبی های زیاد سرعت سنج را با استفاده از پلی که بر روی جریان احداث می شود بوسیله یک سیم آویزان نموده و داخل آب قرار می دهند . لازم است که تمام انواع مولینه ها را قبل از استفاده کالیبره (واسنجی) کرد و یک گراف یا نموداری که رابطه بین سرعت و تعداد دور در زمان معین را نشان دهد تهیه شود .

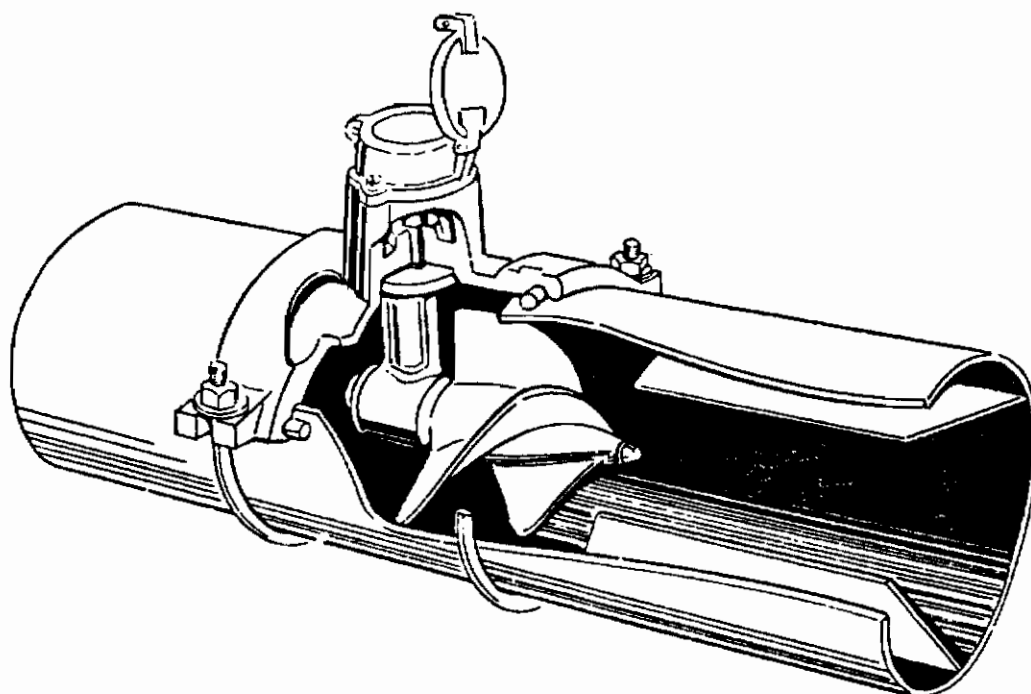
برای آن که اندازه گیری جریان دقیق باشد ، لازم است مسیر کانال مستقیم و سطح مقطع آن نسبتاً یکنواخت باشد . بهتر است اندازه گیری در نزدیک ستونها و یا دیگر موانع موجود در کانال صورت نگیرد . اندازه گیری در چندین نقطه در عرض جریان و عمود به آن که به فواصل مساوی از یکدیگر واقع شده است انجام می پذیرد . در جریانهای بزرگ فاصله نقاط از یکدیگر حدود ۳ متر انتخاب می شود که عمق جریان و سرعت متوسط آن در هر نقطه تعیین می گردد .



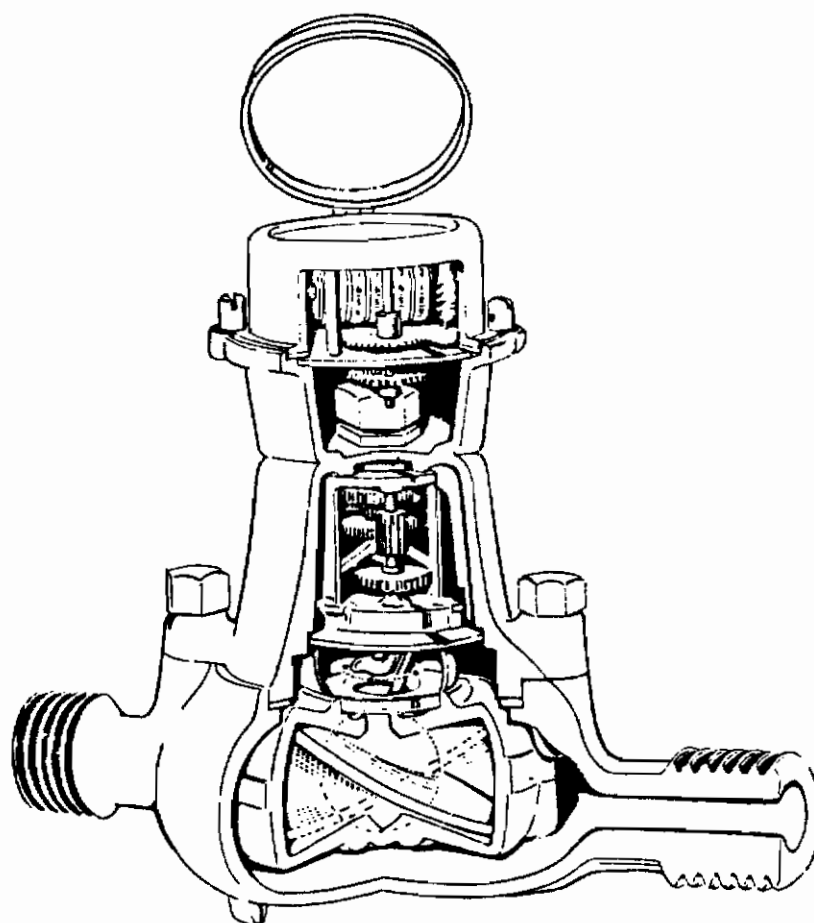
شکل ۲-۵: جریان سنج (پروانه آبی) نوع هاف



شکل ۲-۶: کنتور آب نوع ملخی که در لوله‌های عمودی نصب می‌شود



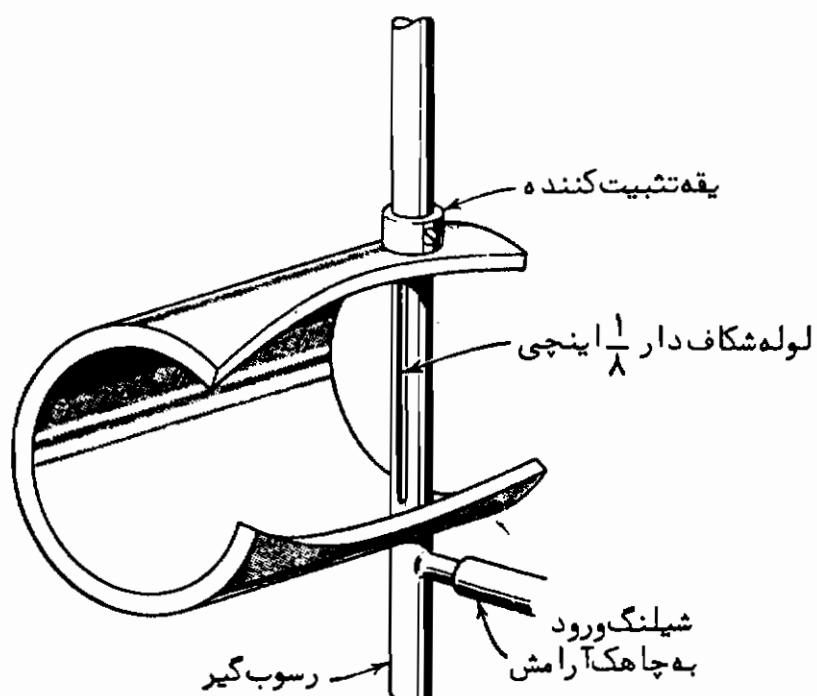
شکل ۲-۷: کنتور آب ملخی نصب شده در داخل لوله



شکل ۲-۸: کنتور آب معمولی نوع بشقابی



شکل ۲-۹: کنتور نوع ملخی برای اندازه‌گیری دبی خروجی از یک چاه



شکل ۲-۱۰: لوله شکاف دار

برای به دست آوردن سرعت متوسط باید سرعت آب را در اعماق مختلف اندازه گرفت . دقیق ترین روش آن است که سرعت را در نقاط مختلف اندازه گیری کنیم و آن بدین ترتیب است که از سطح آب تا کف نهر چندین عمق را انتخاب و در هر نقطه سرعت آب اندازه گیری شود . اگر این نقاط بفواصل مساوی از یکدیگر باشند سرعت متوسط جریان برابر است با حاصل جمع سرعتها تقسیم بر تعداد نقاط .

روش دیگر ، اندازه گیری سرعت در دو نقطه است به طوری که این نقاط در $0/2$ و $0/8$ عمق از سطح آب قرار داشته باشد . متوسط سرعت آب در این دو نقطه حدوداً برابر سرعت معمولی جریان است .

در روش تک نقطه ای سرعت جریان در $0/6$ عمق آب از سطح آب تعیین می شود . این روش برای موقعیتهایی به کار می رود که عمق آب کمتر از 30 سانتی متر باشد زیرا در عمقهای کمتر از 30 سانتی امکان اندازه گیری در دو نقطه وجود ندارد .

در روش انتگرال گیری عمودی ، سرعت سنج در امتداد یک راستای قائم بطور یکنواخت در داخل آب پایین و بالا آورده می شود . ولی به دلیل اشتباهاتی که در انجام عمل بروز می کند از این روش بندرت در اندازه گیری آب استفاده می شود .

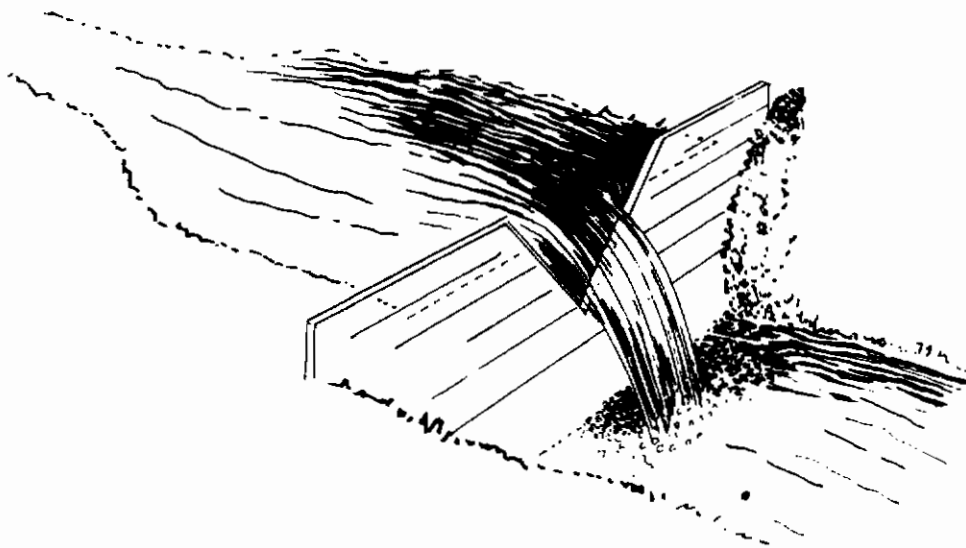
اندازه گیری دبی در لوله ها با استفاده از نیم رخ طولی جت خروجی آب :

این روش می تواند برای اندازه گیری دبی خروجی از انتهای یک لوله مورد استفاده قرار گیرد . اگر لوله پراز آب باشد اندازه گیری طول افقی و قائم ، در قسمت بالای جت خروجی آب صورت می گیرد ولی اگر لوله نیمه پر باشد این اندازه گیریها باید در مرکز جت خروجی آب انجام پذیرد .

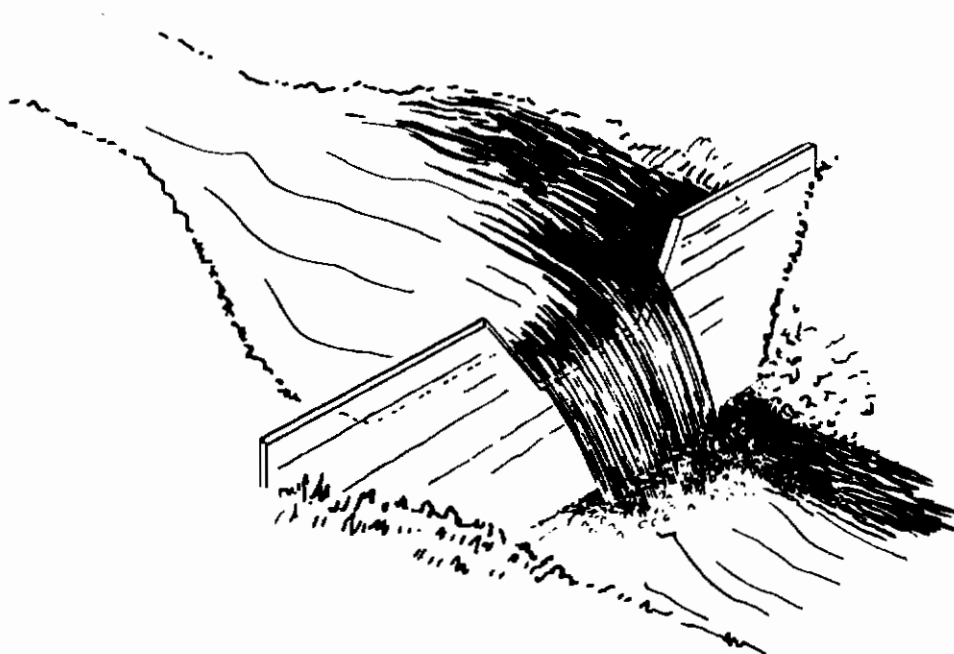
روش اندازه گیری با لوله شکاف دار (Slotted - tube) :

برای اندازه گیری دبی در لوله های زهکش می توان از وسیله ای که جدیداً ابداع شده و به نام لوله شکاف دار نامیده می شود استفاده کرد . یک لوله شکاف دار طوری در انتهای لوله زهکش قرار می گیرد که شکاف آن به طرف سرآب باشد . ترتیب قرار گرفتن اجزاء این وسیله و ابعاد آن برای استفاده در لوله هایی با جدار داخلی صاف در شکل ۲-۱ نشان داده شده است . ارتفاع سطح آب در لوله شکاف دار نسبت به کف لوله اصلی اندازه گیری می شود و عدد قرائت شده بعنوان شاخص سرعت جریان آب مورد اسفاده قرار می گیرد . برای دقت بیشتر و ساده کردن اندازه گیری لوله شکاف دار از طریق یک شیلنگ به چاهک آرامش متصل می شود . اتصال شیلنگ به لوله شکاف دار از قسمت پایین آن صورت می گیرد . بدین طریق سطح آب داخل

چاهک آرامش بوسیله خط کش یا متر نواری و یا در صورت نیاز به آمار پیوسته بوسیله دستگاه ثبات اندازه‌گیری سطح، تعیین می‌گردد.



شکل ۲-۱۱: سرریز لبه نازک مثلثی شکل ۹۰ درجه

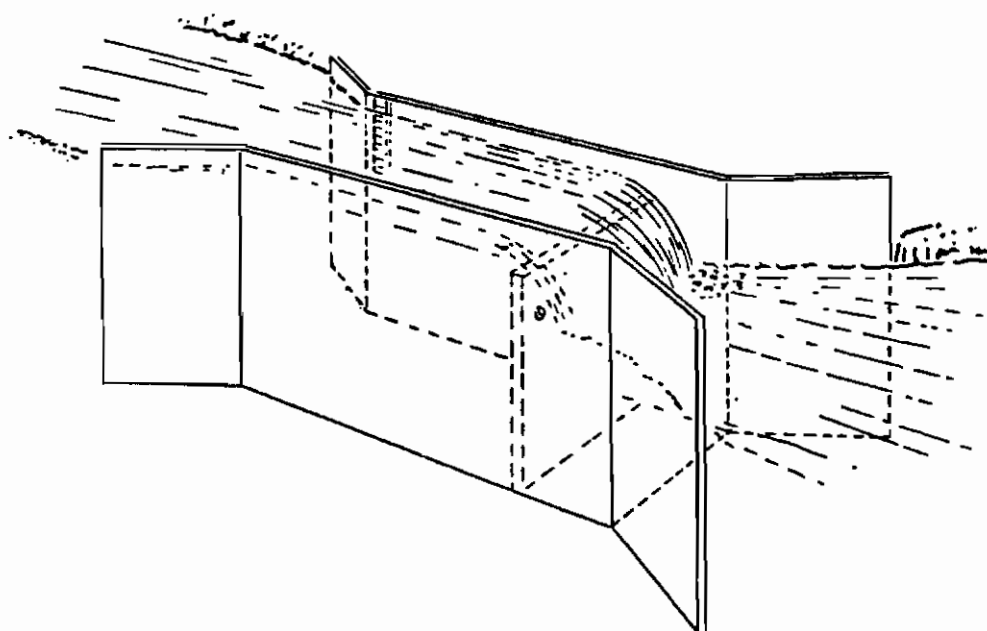


شکل ۲-۱۲: سرریز دوزنقه‌ای یا سیپولتی

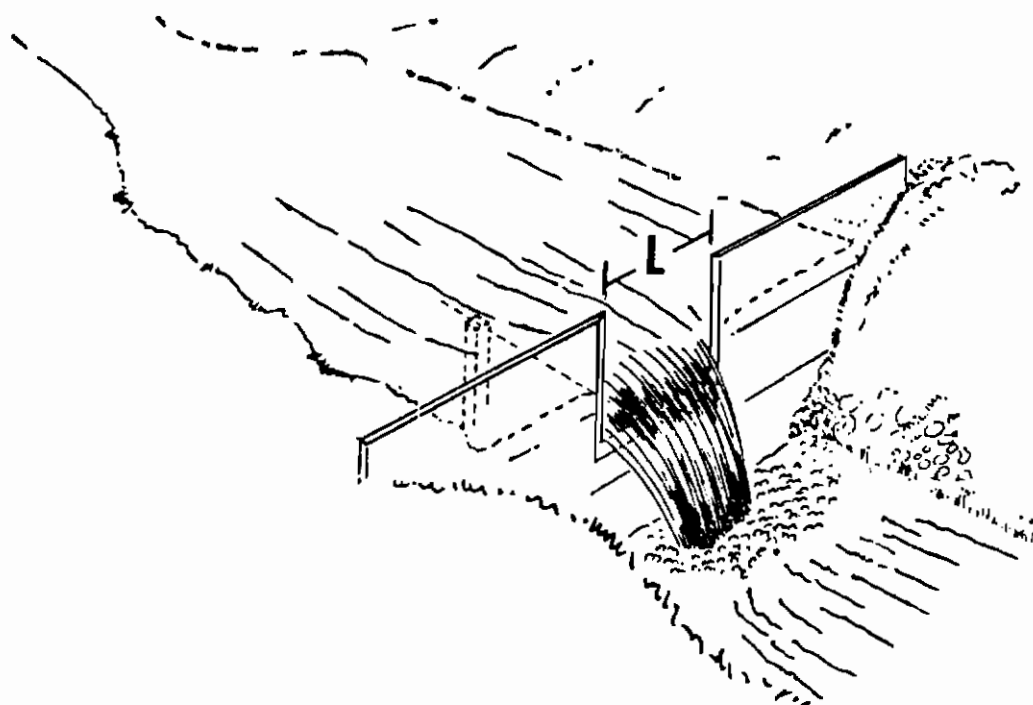
روشهایی که در آنها اندازه‌گیری از طریق محدود نمودن جریان آب نهر صورت می‌گیرد:

سرریزها - عبارتست از یک شکاف یا بریدگی با شکلی منظم که آب از آن عبور می‌کند. سرریزها برحسب شکل قسمت برش داده شده و نوع تاج و فشردگی جانبی که در آنها صورت می‌گیرد طبقه‌بندی میشود مثلاً "اگر شکل سرریز در نظر گرفته شود انواع آن عبارتند از:

سرریز مستطیل شکل با فشردگی جانبی، سرریز مثلثی شکل، سرریز ذوزنقه‌ای (سیپولتی) و سرریز مستطیلی بدون فشردگی جانبی.

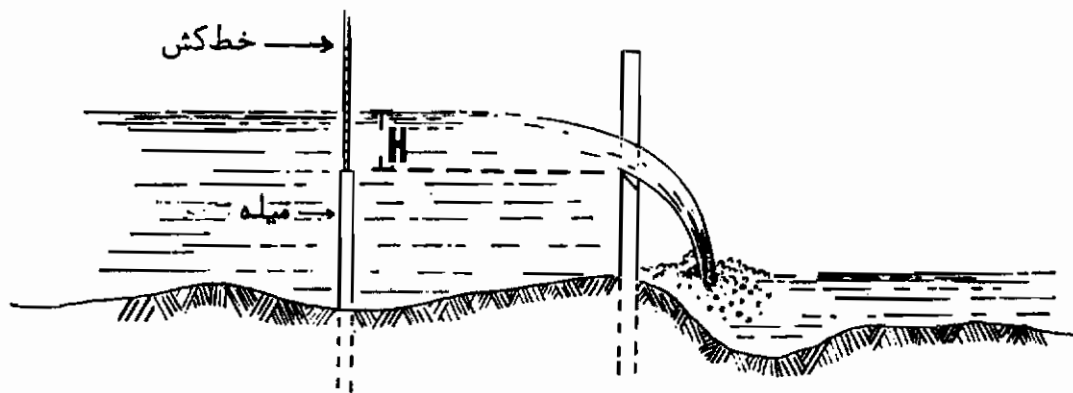


شکل ۲-۱۳: سرریز مستطیلی بدون فشردگی جانبی

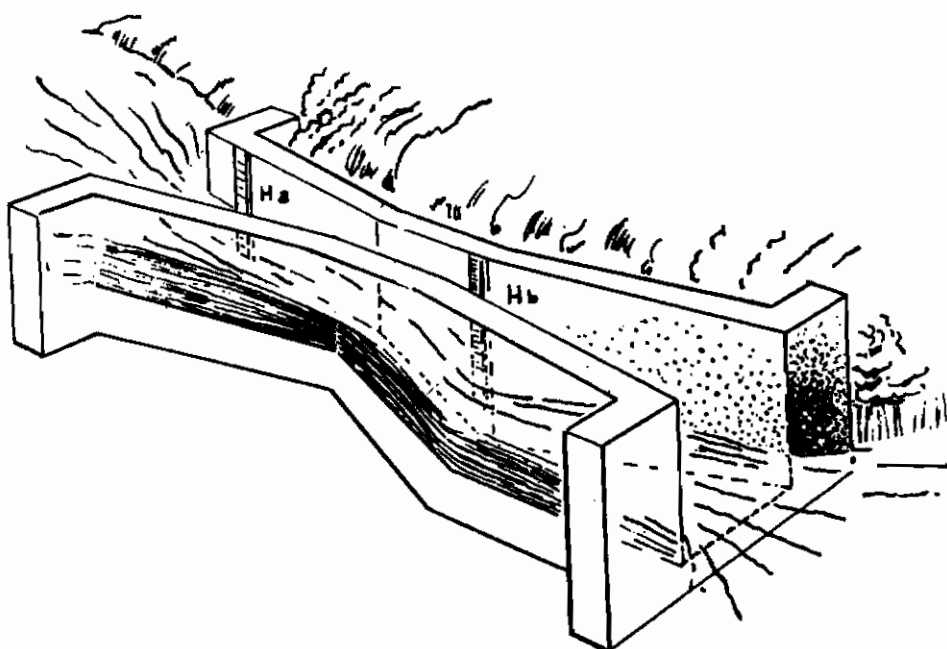


شکل ۲-۱۴: سرریز مستطیلی با فشردگی جانبی

طبقه‌بندی سرریزها براساس تاج شامل سرریزهای لبه‌تیز و لبه پهن است. در سرریز لبه تیز تاج آن بطوری نازک و تیز است که آب در هنگام عبور از روی آن فقط با یک خط در تماس است ولی در سرریز لبه پهن که ممکن است لبه آن به سمت سرآب گرد شده باشد و یا دارای تاج خیلی پهن باشد آب در هنگام عبور با یک سطح در تماس می‌باشد، دقت اندازه‌گیری در سرریزهای لبه نازک بیشتر از سرریزهای لبه پهن بوده و موارد استعمال آن نیز زیادتر است. سرریز با فشردگی جانبی به‌انواعی اطلاق می‌شود که در آنها تاج سرریز کوچکتر از عرض کانالی است که سرریز در آن نصب شده است و سرریز بدون فشردگی جانبی سرریزی است که طول تاج آن برابر عرض نهر در بالا دست جریان باشد.



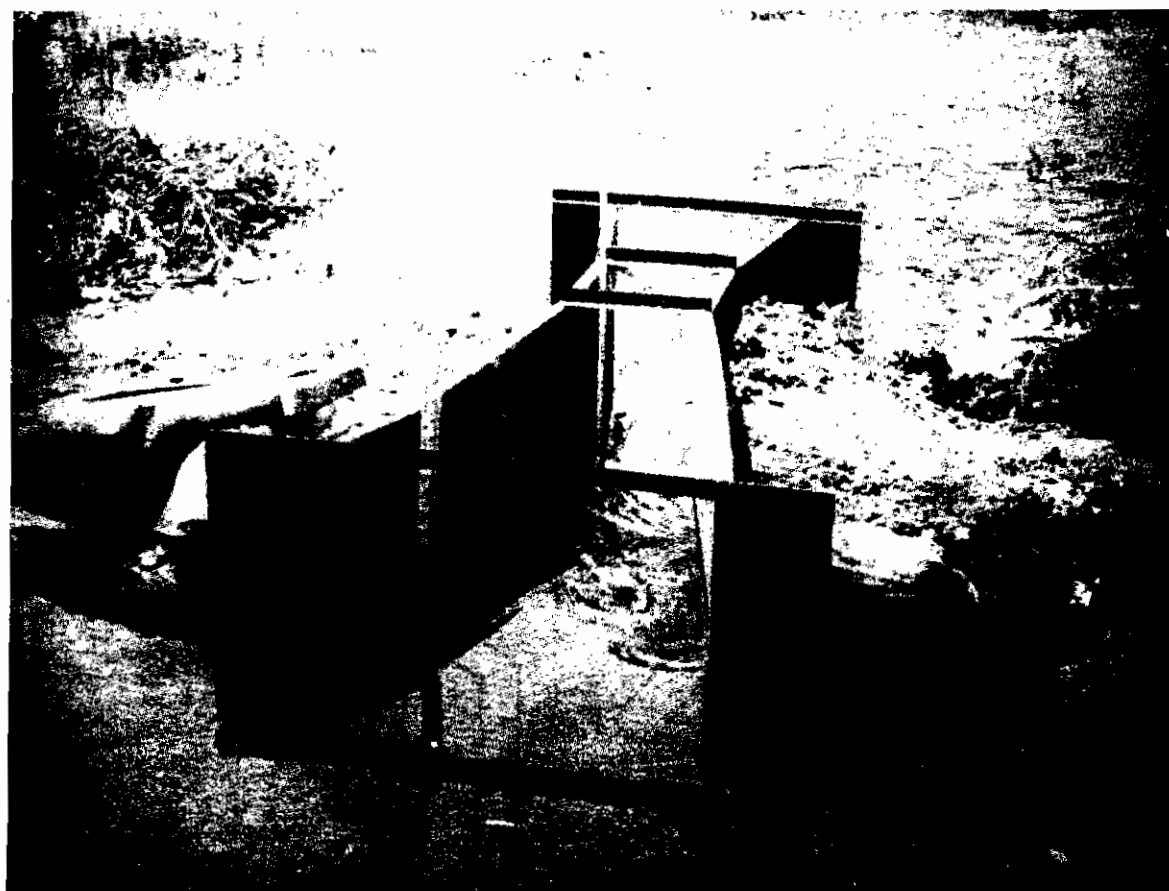
شکل ۲-۱۵: اندازه‌گیری ارتفاع روی سرریز



شکل ۲-۱۶: پارشال فلوم

اگر سرریزها بطرز صحیحی ساخته و نصب شوند یکی از ساده‌ترین و دقیق‌ترین وسائل اندازه‌گیری دبی هستند. در شرایط ایده‌آل خطای اندازه‌گیری دبی بوسیله سرریز ۲ تا ۳ درصد است. در اندازه‌گیریهای صحرایی خطای اندازه‌گیری حدود ۵ تا ۱۰ درصد می‌باشد. پارشال فلوم: پارشال فلوم ناودانی است که افت ارتفاع (بار) در آن کم است و در مناطق تحت آبیاری غرب آمریکا زیاد از آن استفاده می‌شود. در این ناودان گل و لای خود بخود شسته و حمل می‌شود.

کف این فلوم در قسمت علیا مسطح و دیواره‌های آن نسبت به گلوی پارشال فلوم متقارب است. در گلو دیواره‌ها موازی ولی کف آن شیب‌دار است. عرض گلو مشخص‌کننده اندازه پارشال فلوم است و از ۳ اینچ تا چندین فوت متغیر می‌باشد. برای اندازه‌های مختلف پارشال فلوم جداول و منحنی‌های واسنجی گوناگون در اختیار است. در جریانهای متلاطم (آشفته) و همچنین برای اندازه‌گیری دقیق‌تر سطح آب، چاهکهای آرامش در اطراف پارشال فلوم تعبیه می‌شود تا سطح آب در آن آرام شده و اندازه‌گیری در آن صورت گیرد.



شکل ۲-۱۷: اندازه‌گیری آب در مزرعه بوسیله پارشال فلوم

جدول تبدیل واحدها

در محاسبه حجم آب و به دست آوردن دبی، برای تبدیل یک واحد به واحد دیگر می‌توان از معادل‌های زیر استفاده نمود.

واحدهای حجم

یکایکر اینچ

$$= 3630 \text{ فوت مکعب}$$

$$= 27154 \text{ گالن}$$

$$= \frac{1}{12} \text{ ایگر فوت}$$

یک ایگر - فوت

$$= 1233 \text{ مترمکعب}$$

$$= 43560 \text{ فوت مکعب}$$

$$= 325851 \text{ گالن}$$

$$= 12 \text{ ایگر - اینچ}$$

یک فوت مکعب

$$= 0.028 \text{ مترمکعب}$$

$$= 1728 \text{ اینچ مکعب}$$

$$= 7/481 \text{ (حدود } 7/5 \text{) گالن}$$

دارای وزنی معادل ۶۲/۴ (حدوداً "۶۲/۵) پوند است.

یک گالن

$$= 3/78 \text{ لیتر}$$

$$= 231 \text{ اینچ مکعب}$$

$$= 0.13368 \text{ فوت مکعب}$$

دارای وزنی معادل ۸/۳۳ پوند است

واحدهای دبی

یک فوت مکعب در ثانیه

$$= 448/83 \text{ (حدود } 450 \text{) گالن در دقیقه}$$

$$= 0.028 \text{ مترمکعب در ثانیه}$$

$$\begin{aligned}
 &= 50 \quad \text{مایر اینچ جنوب کالیفرنیا} \\
 &= 40 \quad \text{مایر اینچ قانونی کالیفرنیا} \\
 &= \text{یک اینچ در یک ساعت و } 30 \text{ ثانیه (حدود یک ساعت) ، یا} \\
 &\quad 0/992 \text{ (حدود یک) اینچ اینچ در ساعت .} \\
 &= \text{یک اینچ فوت در } 12 \text{ ساعت و } 6 \text{ دقیقه (حدود } 12 \text{ ساعت) یا} \\
 &\quad 1/984 \text{ (حدود } 2 \text{) اینچ فوت در روز (} 24 \text{ ساعت) .}
 \end{aligned}$$

یک گالن در دقیقه

$$\begin{aligned}
 &= 0/00223 \text{ (حدود } \frac{1}{450} \text{) فوت مکعب در ثانیه} \\
 &= 0/1114 \text{ (حدود } \frac{1}{9} \text{) مایر اینچ جنوب کالیفرنیا} \\
 &= 0/0891 \text{ (حدود } \frac{1}{11} \text{) مایر اینچ قانونی کالیفرنیا} \\
 &= \text{یک اینچ اینچ در } 452/6 \text{ (حدود } 450 \text{) ساعت ، یا } 0/00221 \\
 &\quad \text{اینچ اینچ در ساعت .} \\
 &= \text{یک اینچ فوت در } 226/3 \text{ روز یا } 0/00442 \text{ اینچ فوت در روز} \\
 &= \text{یک اینچ عمق آب روی سطحی معادل } 96/3 \text{ فوت مربع در یک} \\
 &\quad \text{ساعت}
 \end{aligned}$$

ملیون گالن در روز

$$\begin{aligned}
 &= 1/547 \text{ گالن در ثانیه} \\
 &= 694/4 \text{ گالن در دقیقه} \\
 &= 77/36 \text{ مایر اینچ جنوب کالیفرنیا} \\
 &= 61/89 \text{ مایر اینچ قانونی کالیفرنیا}
 \end{aligned}$$

مسائل

- ۱ - در یک نهر ذوزنقهای عرض کف نهر ۳ فوت و شیب جانبی آن ۲:۱ و عمق جریان آب ۲ فوت است . ضریب زبری جدار نهر ۰/۰۴۲ و شیب کف آن ۰/۱۵ می‌باشد . حساب کنید سرعت آب را با استفاده از فرمول‌های مانینگ ، کوته و ایلیوت .
- ۲ - در یک لوله نیمه پر محیط خیس شده P ،

$$P = \frac{360 - \theta}{360} 2\pi r$$

و سطح مقطع جریان A ،

$$A = \frac{360 - \theta}{360} \pi r^2 + \frac{1}{2} r^2 \sin \theta$$

با استفاده از فرمول مانینگ نشان دهید که حداکثر سرعت زمانی است که $\theta = 57^\circ 40'$ و $d = 0.938D$ باشد .

۳ - یک آبراهه روی باز دوزنقه‌ای که حداکثر راندمان را داشته باشد مورد نظر است ، بطوری که بتواند ۱۲۰ فوت مکعب در ثانیه را با سرعت ۳ فوت در ثانیه عبور دهد . چه ابعاد و شکلی را برای آن توصیه می‌کنید ؟

۴ - ابعاد و شکل یک کانال نیم دایره‌ای را محاسبه کنید که بتواند ۱۲۰ فوت مکعب در ثانیه را با سرعت ۳ فوت در ثانیه عبور دهد . محیط خیس شده این کانال را با آبراهه مساله ۳ مقایسه کنید .

مآخذ

- King, H. W. 1954. *Handbook of Hydraulics*, 4th edition. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Parshall, R. L. 1950. Measuring water in irrigation channels with Parshall flumes and small weirs. *U.S. Dept. Agr. Circ.* 843.
- Rouse, H. 1950. *Engineering Hydraulics*. John Wiley and Sons, New York.
- Scott, V. H. and C. E. Houston. 1959. Measuring irrigation water. *Univ. Calif., Div. of Agr. Sci., Circ.* 473.

فصل سوم

بارندگی و رواناب

بارندگی و ارتباط آن با زهکشی

در مناطق مرطوب، قسمت اعظم آبی که باید از سطح زمین یا زیر خاک زهکشی شود، از نزولات جوی منشأ می‌گیرد. قسمتی از این نزولات بصورت برف است ولی عمده آن را باران تشکیل می‌دهد. مقدار بارندگی نقش مهمی را در تعیین لزوم زهکشی دارد. نه تنها مقدار باران بلکه شدت بارندگی نیز حائز اهمیت است. گنجایش نهرهای زهکش بستگی مستقیم به مقدار بارندگی و میزان نفوذ آن در زمین دارد. یک سیستم زهکشی که برای مقدار باران معین طراحی شده است معمولاً "قادر خواهد بود که آب حاصله از ذوب برف‌ها را نیز از خود عبور دهد". بنابراین غالباً در محاسبات طراحی زهکشی آب ناشی از ذوب برف به حساب نمی‌آید.

مشخصات باران

گرچه رطوبت همواره در اتمسفر وجود دارد ولی بارندگی فقط در موقعیتهای خاصی صورت می‌گیرد. رطوبت موجود در هوا در اثر سرد شدن، در اطراف هسته‌هایی مثل ذرات گرد و غبار تقطیر می‌شود و سپس قطرات باران را تشکیل می‌دهد. مکانیسم سرد شدن هوا و ایجاد نزولات جوی، از طریق صعود توده‌های هوا است.

طبقه‌بندی بارانها براساس عواملی است که سبب ریزش آن می‌گردد. صعود توده‌های هوا و بالنتیجه سرد شدن و تراکم بخار آب در هوا به سه روش صورت می‌گیرد. بدین ترتیب بارانها نیز به سه نوع مهم گروه‌بندی می‌شود: چرخهای، کنوکتیو و کوهستانی. بخار آب

در موقع سرد شدن متراکم و به صورت ابر در می آید. سرمای زیادتر موجب ریزش باران شده و اگر درجه حرارت کمتر از درجه انجماد باشد برف تولید خواهد شد.

بارانهای چرخه‌ای (Cyclonic Precipitation)

چنانچه یک توده ابر به دلیل اختلاف فشار صعود نماید باران حاصله از آن را باران چرخه‌ای گویند. اگر در منطقه‌ای فشار هوا کم شود، از اطراف، هوا به صورت افقی به آن منطقه حرکت کرده و موجب صعود هوای آن محل می‌گردد. بارانی که بدین صورت تشکیل شود باران غیرجبهه‌ای (nonfrontal) ولی اگر یک توده هوا از روی توده هوای دیگر به بالا صعود نماید آن باران را نوع جبهه‌ای (frontal) نامند. مرز بین دو توده هوا را که دارای درجه حرارت و چگالی متفاوت می‌باشند جبهه (front) می‌نامند. بارانهای چرخه‌ای ممکن است به صورت نم نم باران، باران متناوب و یا بارانهای پایدار باشند. اگر یک جبهه گرم که بر روی یک توده هوای سرد حرکت می‌کند سبب بارندگی شود منطقه وسیعی را دربر خواهد گرفت. با نزدیک شدن جبهه گرم به یک منطقه، شدت و مدت زمان بارش بیشتر می‌شود. یک جبهه گرم معمولاً با سرعتی معادل ۱۵ تا ۴۰ کیلومتر در ساعت حرکت می‌کند. بارش حاصله از جبهه‌های گرم نم نم باران، باران متناوب و یا بارانهای پایدار می‌باشد.

از طرف دیگر، اگر یک جبهه سرد در اثر فشار یک توده سرد به زیر توده‌های گرم ایجاد شود باعث پیدایش سریع ابر شده و در نتیجه بارش کوتاه مدت شدید به صورت تندری یا بارانهای شدید پراکنده تولید می‌شود. سرعت و حرکت جبهه‌های سرد بین ۳۰ تا ۴۰ کیلومتر در ساعت است.

سومین حالت ممکنه ایجاد جبهه‌های بسته (occluded) است. این جبهه موقعی به وجود می‌آید که جبهه سرد بر جبهه گرم مسلط شود. نوع بارش در این جبهه مجموعه‌ای از بارانهای ایجاد شده توسط جبهه‌های سرد و گرم است. جبهه بسته با سرعتی بین ۱۰ تا ۵۰ کیلومتر در ساعت حرکت کرده و ایجاد نم نم باران، بارانهای متناوب، بارانهای معتدل، باران شدید کوتاه مدت، تندری یا بارانهای شدید پراکنده می‌کند.

بارانهای کنوکتیو یا جابجایی (Convective precipitation)

بارانهای کنوکتیو در اثر صعود هوایی که از محیط اطرافش گرمتر است به وجود می‌آید، نمونه بارز این گونه بارندگیها رگبارهایی است که در بعد از ظهرها ممکن است در نتیجه گرم شدن

اتمسفر به وجود آید. چنین تندرهایی از ستونهای ابری تشکیل شده است که در نوک آن کریستالهای یخ به وجود می‌آید. حرکات عمودی هوا سرعت زیادی به خود می‌گیرد که برای هواپیماها خطرناک است. این گونه بارانها خیلی شدید و کوتاه مدت است.

بارانهای کوهستانی (Orographic Precipitation)

بارانهای کوهستانی بدلیل بالارفتن یک توده هوا روی کوه یا بلندیهای زمین بوجود می‌آید. اکثر نزولات جوی در قسمت بادگیر ارتفاعات می‌باشد و سمت پایین باد معمولاً "بارندگی کمتری دارد". موانع کوهستانی به دلیل صعود هوا علاوه بر بارانهای کوهستانی سبب افزایش بارانهای سیکلونی نیز می‌گردد. در این حالت بارندگی شامل بارشهای کوتاه مدت شدید و بارشهای ممتد است.

مقدار بارانی که می‌توان از هر بارندگی انتظار داشت تعیین کننده مقدار آبی است که باید توسط زهکش از زمین خارج گردد. در مورد بارانهای کوتاه مدت شدید نیاز به زهکشهای سطحی است ولی بارانهای با شدت کمتر و طولانی موجب بالا آوردن سطح آب زیرزمینی می‌شود و مساله زهکشی زیرزمینی را مطرح می‌کند. از این رو لازم است آمار مربوط به وسعت بارندگی، شدت باران و مقدار باران در اختیار باشد. در بسیاری مناطق آمار مربوط به بارندگی برای چندین سال در دسترس می‌باشد.

اندازه گیری باران

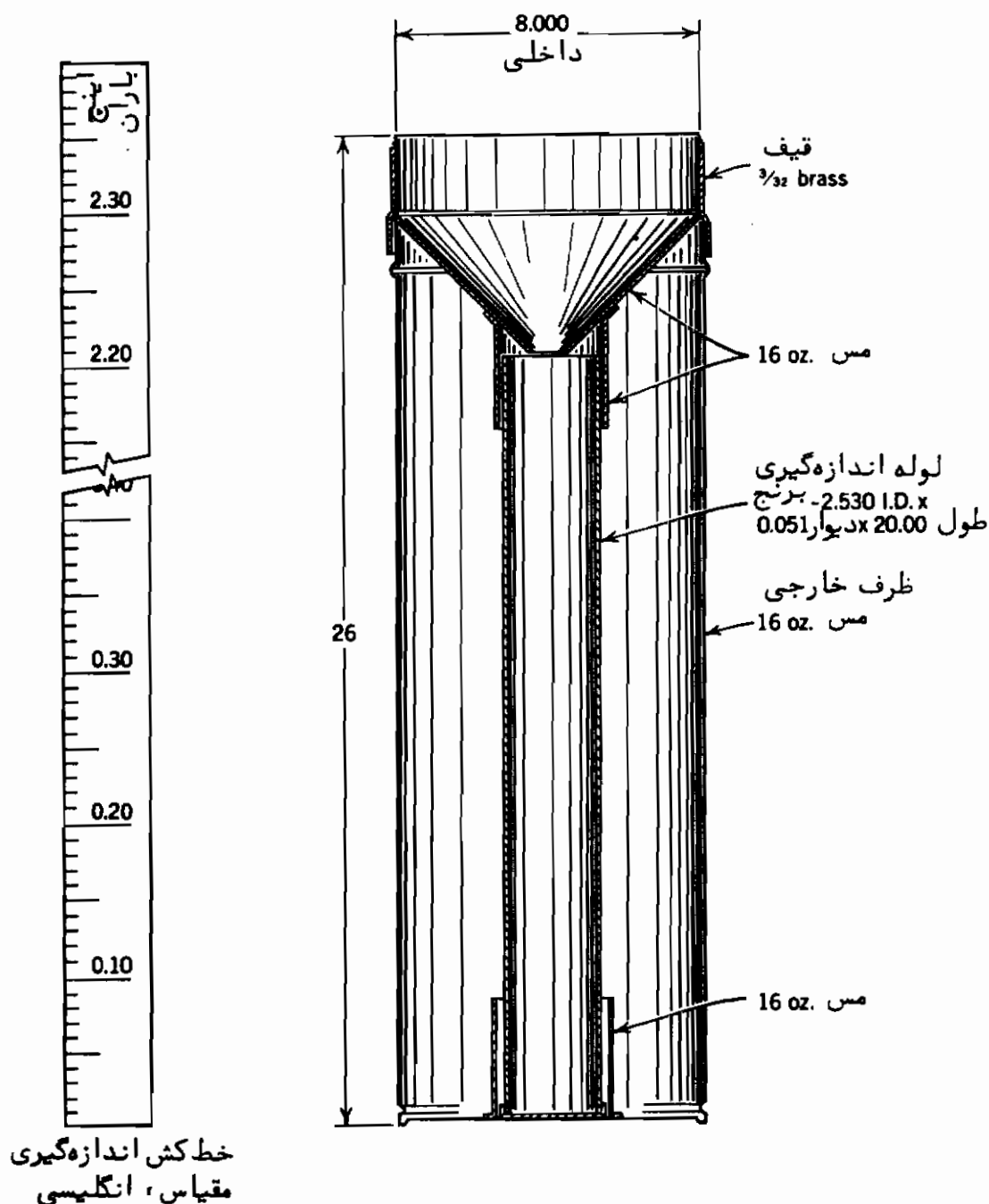
در برخی از مناطق ممکن است (و حتی لازم می‌شود) که اطلاعات بیشتری راجع به بارندگی کسب گردد. هر ظرف روباز که دیواره قائم داشته باشد می‌تواند برای اندازه گیری باران مورد استفاده قرار گیرد. سازمان هواشناسی آمریکا باران سنجها را استاندارد نموده است. این باران سنجها دارای دهانه‌ای به قطر ۸ اینچ (۲۰ سانتی متر) می‌باشد. باران از دهانه عبور کرده به داخل لوله اندازه گیری که قطر کوچکتری دارد می‌ریزد. سطح مقطع لوله اندازه گیری یک دهم سطح مقطع دهانه باران سنج است. بنابراین ۱ میلی متر ارتفاع باران به اندازه ۱۰ میلی لیتر ارتفاع در داخل لوله اندازه گیری است.

مهمترین خطایی که در جمع آوری باران در داخل باران سنجها اتفاق می‌افتد مربوط به جریانهای صعودی هوا است که برای رفع این مشکل بهتر است باران سنج را در پناهگاه مناسب در کنار درختها و ساختمانها کار گذاشت البته سعی شود که اینها مانعی برای

باران سنج نباشد .

ثبت آمار بارندگی

آمار بارندگی در صورتی مفید است که طی مدت چندین سال بطور مداوم ثبت شده باشد . در طراحی زهکشی اگر آمار بارندگی فقط برای یک سال در اختیار باشد ارزش چندانی



شکل ۳-۱: یک باران سنج (با ابعاد) استاندارد سازمان هواشناسی آمریکا