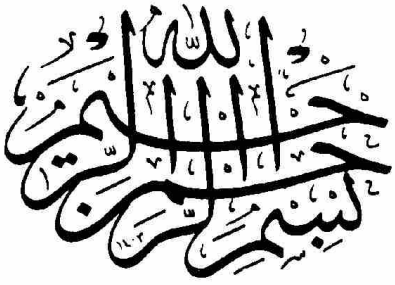

بسم الله الرحمن الرحيم

موسسه تحقیقات
فنی و مهندسی کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش وترویج کشاورزی
معاونت ترویج

دستورالعمل روش‌های اندازه‌گیری آب آبیاری در مزرعه

نگارنده:

علیرضا کیانی

عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی،
مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان،
سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی
گرگان، ایران

۱۳۹٤

سرشناسه : کیانی، علیرضا، ۱۳۴۲ -
عنوان و نام پدیدآور : دستورالعمل روشهای اندازه‌گیری آب آبیاری در مزرعه/ مولف علیرضا کیانی؛ تهیه شده در موسسه تحقیقات فنی و مهندسی و دفتر ترویج کشاورزی و منابع طبیعی.
مشخصات نشر : کرج: سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری : ۹۴ ص.: مصور، جدول، نمودار؛ ۵/۹×۱۹ س‌م.
شابک : 978-964-520-285-7
وضعیت فهرست نویس : فیپا
یادداشت : کتابنامه. موضوع: آبیاری موضوع: آب در کشاورزی
موضوع : آبیاری -- مدیریت
شناسه افزوده : موسسه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی
شناسه افزوده : سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. دفتر ترویج کشاورزی و منابع طبیعی
شناسه افزوده : سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. معاونت ترویج نشر آموزش کشاورزی
رده بندی کنگره : ۱۳۹۴ ک۹د۵/S۶۱۳ رده بندی دیویی: ۶۳۱/۵۸۷
شماره کتابشناسی ملی : ۴۰۰۳۱۳۴

ISBN : 978-964-520-285-7
شابک: ۷ - ۲۸۵ - ۵۲۰ - ۹۶۴ - ۹۷۸

دستورالعمل روش‌های اندازه‌گیری آب آبیاری در مزرعه

تگارنده : علیرضا کیانی
تهیه شده در: موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی و دفتر ترویج کشاورزی و منابع طبیعی
ناشر: نشر آموزش کشاورزی
صفحه آرا: نادیا اکبریه
نوبت چاپ: اول/ ۱۳۹۴
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
قیمت: ۸۵۰۰۰ ریال
هماهنگی وآماده‌سازی چاپ: معاونت ترویج- نشرآموزش کشاورزی

حق چاپ © محفوظ
مسئولیت درستی مطالب با نگارنده است

شماره ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی
۱۱-۹۴ ک به تاریخ ۹۴/۸/۹ می‌باشد.

کرج :کیلومتر ۷ جاده ماهدشت، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی
معاونت ترویج– نشر آموزش کشاورزی تلفن: ۳۶۷۰۵۰۲۵-۰۲۶

سخن ناشر

توجه به اهمیت آب در زندگی و تأثیر آن در پیشبرد اهداف و برنامه‌های کشور، همچنین کاهش میانگین بارش سالیانه به‌عنوان یک چالش فراگیر و جدی مورد توجه دولت‌مردان قرار گرفته است. بسیاری از مناطق کشور از نظر تأمین آب در شرایط بحرانی قرار دارند، که ضرورت توجه به مصرف آب در بخش کشاورزی به‌عنوان یکی از بخش‌هایی که در مصرف آب سهم بیشتری دارد، را چندین برابر می‌کند. از طرفی بازده آبیاری در کشور نیز شرایط مطلوبی ندارد و با کشورهای توسعه یافته فاصله زیادی دارد، که یکی از عوامل مهم و موثر در آن روشهای سنتی آبیاری و عدم آگاهی کشاورزان و حتی کارشناسان از میزان آب مصرفی برای تولید هر محصول است.

اندازه‌گیری میزان آب مصرف شده در تولید با توجه به مشخص بودن نیاز آبی گیاهان مختلف می‌تواند توجیه مناسبی در مصرف آب باشد. این خود می‌تواند به اصلاح رفتار در مدیریت و مصرف آب منتج شود. زیرا ارتقاء بهره‌وری و نهادینه شدن مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی متناسب با نیاز آبی به‌عنوان یک راه حل مطلوب در بسیاری از کشورهای توسعه یافته عملی

و حتی در مواردی می‌تواند به تعادل در برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی، منتهی شود.

هندبوک حاضر حاصل سال‌ها پـژوهش و شناسـایی در زمینـه روش‌های اندازه‌گیری آب است، که تلاش می‌کند ضمن معرفـی این روش‌ها و برشمردن مزایـای آن، بـا بهـره‌گیـری از تـصاویر و جداول و با بیانی کاملاً علمی- عملی آنها را تشریح نماید.

امیـد اسـت بـا انتـشار و تـرویج دانـش‌فنـی در خـصوص ایـن روش‌ها و با توجه بـه بحـران آب و خشکـسالی‌هـای اخیـر بتـوان گامی در راه مصرف بهینه آب بر اساس نیاز آبـی گیـاه برداشـت، که هندبوک حاضر با هدف معرفـی روش‌هـای سـنجش مـصرف آب بـرای کارشناسـان مـسئول پهنـه‌هـا، تکنـسین‌هـای اجرایـی و کشاورزان پیشرو تدوین شده است.

ضمن تشکر و قدردانی از کلیه دسـت انـدرکاران ایـن کتـاب خصوصاً همکاران موسسه تحقیقات فنـی و مهندسـی کـشاورزی، دفترترویج کشاورزی و منابع‌طبیعی و نشر آمـوزش کـشاورزی از متخصصان امر تقاضـا داریـم هرگونـه نظـر و پیـشنهاد خـود را بـه دفتر مذکور - کرج: صندوق پـستی۴۴۱۴-۳۱۸۵۸ و یـا بـه آدرس ایمیل nashreamozesh@yahoo.com ارسال فرمایند.

کاظم خاوازی

معاون ترویج

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۱

۲- آشنایی با روش‌های انتقال آب..... ۲

۲-۱- مشخصات کانال آبیاری ۶

۲-۲- سرعت آب در کانال‌های آبیاری..... ۱۴

۲-۳- ساختمان کانال..... ۱۶

۳- سازه‌های اندازه‌گیری آب..... ۱۷

۴- آبدهی (دبی) و روش‌های اندازه‌گیری آن..... ۱۹

۴-۱- تعریف آبدهی..... ۱۹

۴-۲- آشنایی با واحدهای اندازه‌گیری آب..... ۱۹

۴-۳- روش‌های اندازه‌گیری آب..... ۲۲

۴-۳-۱- روش حجمی..... ۲۲

۴-۳-۲- روش وزنی..... ۲۳

۴-۳-۳- کنتور آب..... ۲۵

۴-۳-۴- روش سرعت – سطح مقطع..... ۲۶

جمع‌بندی ۳۸

۴-۳-۵- اندازه‌گیری دبی آب در لوله افقی..... ۵۰

۴-۳-۶- استفاده از وسایل پیش‌ساخته برای اندازه‌گیری آب..... ۵۴

سرریز..... ۵۴
روزنه..... ۶۷
سیفون..... ۷۱
پارشال فلوم ۷۶
فلوم‌های ذوزنقه‌ای ۸۴
منابع..... ۹۰

۱- مقدمه

در برنامه‌ریزی آبیاری پس از تعیین مقدار و زمان آبیاری، بایستی مقدار مناسبی از آب مطابق با نیاز آبیاری تحویل و در اختیار گیاه قرار داد. کانال‌های انتقال نیز بر مبنای مقدار مشخصی از آب طراحی و ساخته می‌شوند. به عبارت دیگر اگر مقدار آب قابل انتقال، تخصیص و توزیع مشخص نباشد، برنامه آبیاری کامل نخواهد شد. این مهم در شرایط کمبود آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در بسیاری از مناطق آب بصورت مشاع استفاده می‌شود و هر بهره‌بردار از منبع آبی سهم مشخصی دارد. در صورتیکه نتوان سهم هر بهره‌بردار را با دقت در اختیار او قرار داد، علاوه بر عدم تطابق ابعادکانال‌های طراحی شده و همچنین نیاز آبیاری با مقدار آب در اختیار، ممکن است موجب بروز تنش‌های اجتماعی نیز شود. برای حفظ پایداری منابع آب‌های زیرزمینی و همچنین پمپ‌های طراحی شده هر بهره‌بردار مجاز به برداشت مقدار محدودی از آب است. بنابراین بطور خلاصه اهمیت اندازه‌گیری آب را می‌توان به شرح زیر خلاصه نمود :

- طرح مناسب سازه‌های انتقال آب و جلوگیری از هزینه‌های اضافی

- تخصیص عادلانه آب بین بهره‌برداران بر اساس حقّابه
- تامین نیاز آبیاری به مقدار واقعی که می‌تواند از کاهش عملکرد جلوگیری کند
- حفظ پایداری منابع آب زیرزمینی
- کاهش آثار زیاد بود آب در اثر عدم اندازه‌گیری صحیح آب مانند مسائل زهکشی

۲- آشنایی با روش‌های انتقال آب

انتقال آب بخش مهمی از یک سیستم آبیاری است که آب از یک منبع آبی به طرق مختلف به سمت مزرعه جهت اهداف آبیاری هدایت می‌شود. معمولاً منبع تغذیه و مزارع تحت آبیاری از هم دور هستند، به همین دلیل لازم است سیستم انتقال آب طوری طراحی و مدیریت شود که مقدار تبخیر و نشت از کانال حداقل شوند. مقدار و زمان آب تحویلی برای نیازهای مختلف گیاهان در سرتاسر فصل رشد بایستی به اندازه کافی انعطاف پذیر باشد. انتقال نامناسب آب آبیاری از یک منبع ذخیره تا سطح مزرعه علاوه بر هدر دادن آب به دلیل مسائل کیفی می‌تواند عامل تخریب منابع آبهای سطحی و زیرزمینی شود. به طور کلی انتقال آب به دو روش انجام می‌شود:

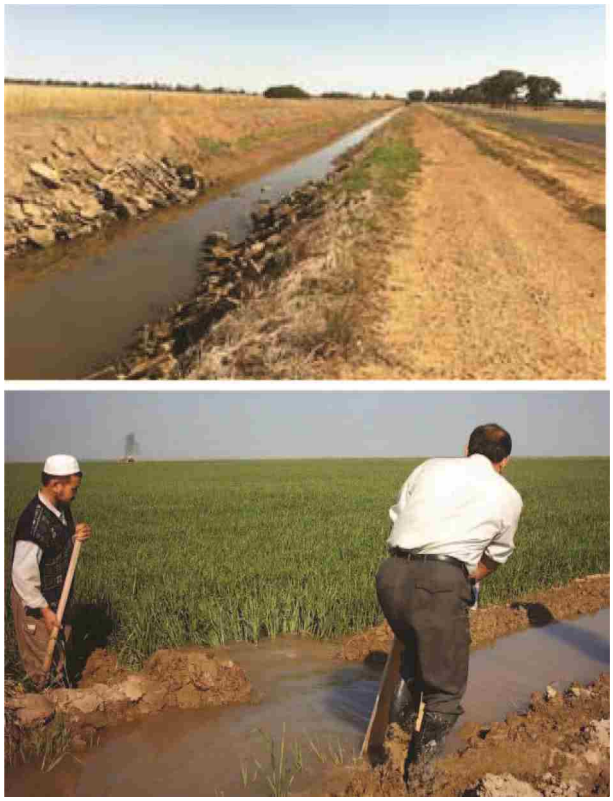
۱- انتقال آب به وسیله کانال‌های آبیاری با جریان آزاد

۲- انتقال آب به وسیله لوله‌های آبیاری به صورت تحت فشار

کانالهای آبیاری خود به دو دسته تقسیم می شوند:

الف- کانال‌های آبیاری بدون پوشش (شکل۱)

ب- کانال‌های آبیاری پوشش‌دار (شکل۲)



شکل ۱- نمایی از کانال‌های انتقال آب برای آبیاری بدون پوشش (خاکی)

در بسیاری از خاک‌ها نشت آب از کانال‌های آبیاری بدون پوشش، هم از دیواره‌ها و هم از کف کانال صورت می‌گیرد. این مقدار نشت آب به صورت نفوذ عمقی به سمت آب زیرزمینی منتقل می‌شود و یا مناطق اطراف کانال را مرطوب می‌کند. این آب به طور طبیعی هرگونه املاح موجود در خاک را می‌تواند انتقال دهد که به عنوان منبع آلوده کننده منابع آبهای سطحی و زیرزمینی خواهد شد. همه آلودگی منابع آبی (املاح ، سموم ، کودها) به وسیله گیاه مصرف نمی‌شود. در نتیجه غلظت مواد آلوده‌کننده در خاک، در اثر آبشویی، نشت، رواناب و یا در اثر جریان برگشتی برای استفاده مجدد افزایش می‌یابد. برای حفظ تولید پایدار نیاز است تا املاح که غلظت آنها در نیمرخ خاک افزایش یافته‌اند کاهش یابند. کانال‌های پوشش‌دار کانال‌هایی هستند که در شبکه‌های آبیاری توسط بتن، سیمان، ساروج، آجر و یا هر نوع مواد غیر قابل نفوذ نسبت به آب پوشش داده می‌شوند. اهداف پوشش کانال عبارت‌اند از:

۱- بهبود مدیریت آب آبیاری
۲- جلوگیری از پس ماندگی اراضی
۳- حفظ کیفیت آب آبیاری
۴- جلوگیری از فرسایش خاک
۵- کاهش افت آب

پوشش کانال‌ها در جاهایی که دارای خاکهای با زهکش مناسب یا مناطقی که استعداد یخ زدن ندارند و همچنین املاح سولفات آنها زیاد نباشد مناسب هستند. پوشش کانال در مناطقی که دارای غلظت سولفات در آب آبیاری است، تنها در شرایطی که از مواد ضد سولفات استفاده شود قابل اجراست.

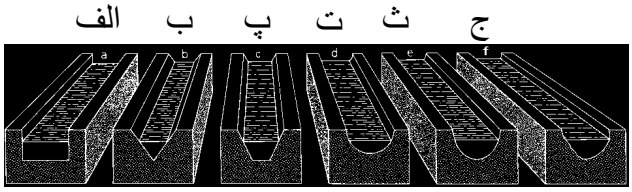
شکل ۲- نمایی از کانال‌های انتقال آب برای آبیاری با پوشش(بتنی)

۲-۱- مشخصات کانال آبیاری:

هر کانال آبیاری دارای مشخصه‌هایی است که بر مبنای آن شناخته می‌شود. برای انتقال آب با حجم مشخص ضروری است تا این مشخصه‌ها به خوبی تعیین شود. به عبارت دیگر طراحی کانال‌های آبیاری تعیین مشخصات آنهاست که مختصراً به تشریح این مشخصات پرداخته می‌شود.

- شکل سطح مقطع کانال

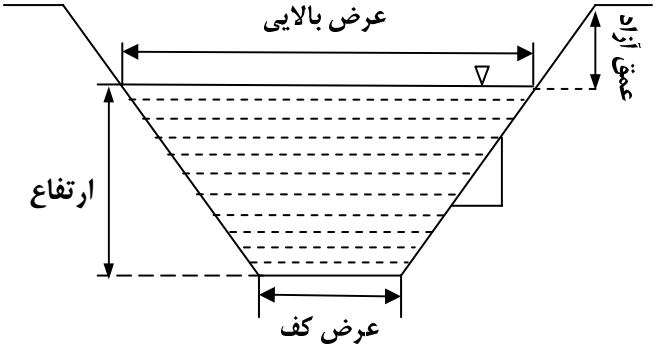
براساس شکل مقطع، کانال‌ها به انواع مستطیلی (شکل۳- الف)، مثلثی (شکل۳-ب)، ذوزنقه‌ای (شکل ۳-پ)، دایره‌ای (شکل ۳- ت)، سهموی(شکل ۳-ث و ۴) و کانال نامنظم هندسی یا طبیعی (شکل۳- ج) نام‌گذاری می‌شوند (کیانی، ۱۳۹۰).



شکل ۳- نمایی از انواع کانال‌های آبباری با ابعاد هندسی مشخص

شکل ۴– نمایی از یک کانال با مقطع سهموی

رایج‌ترین مقطع کانال‌ها مستطیلی و ذوزنقه‌ای است. از نظر اقتصادی و هیدرولیکی بهترین مقطع کانال نیم‌دایره است. ولی به دلیل مشکلات اجرایی آن خصوصاً در کانال‌های خاکی، عمده‌ترین نوع کانال‌های احداثی در محل به صورت مستطیلی و ذوزنقه‌ای است. البته در کانال‌های پیش ساخته بتنی مقاطع سهموی و نیم دایره‌ای هم وجود دارند. نمایی از مقطع یک کانال آبیاری به شکل ذوزنقه‌ای در شکل ۵ بصورت شماتیک و در شکل ۶ در حال ساخت در مزرعه نشان داده شده است. در شرایط طبیعی کانال‌ها هیچ شکل هندسی مشخصی ندارند.



شکل ۵- نمایی از مقطع به همراه اجزای اصلی یک کانال ذوزنقه‌ای

- **عرض کف کانال**

یکی از پارامترهای مهم در طراحی کانال است و نقش مؤثری در حجم آب انتقالی از کانال و همچنین میزان هزینه‌های اجرایی آن دارد.

- **عمق آب در کانال**

عمق آب و همچنین نسبت آن به عرض کف در طراحی کانال‌ها بسیار مهم است. عمق و عرض کف کانال تابعی از میزان دبی عبوری از کانال است.

- **شیب کف کانال**

در کانالهای آبیاری که توسط نیروی ثقل حرکت می‌کند، ضروری است کف آن دارای شیب باشد شیب کف کانال در میزان سرعت آب در نتیجه در روی دبی عبوری از آن مؤثر است. با افزایش شیب کف کانال، سرعت آب افزایش درنتیجه میزان حجم آب عبوری از کانال در واحد زمان افزایش می‌یابد. افزایش سرعت آب در کانال‌های آبیاری باعث فرسایش کانال می‌شود . در کانال‌های آبیاری شیب کف کانال بین ۰/۵ تا حداکثر ۶ در هزار متغیر است.

- **شیب سطح آب**

سطح آب در طول کانال به دلیل افت انرژی در مسیر حرکت آب یکسان نبوده و به تدریج مقدار آن کاهش

می‌یابد. نسبت افت ارتفاع آب به مسافتی که این مقدار افت اتفاق افتاده است را شیب سطح آب یا شیب هیدرولیکی می‌نامند.

شکل ۶- نمایی از کانال آبیاری به شکل ذوزنقه‌ای در حال ساخت

- شیب دیواره های جانبی

در کانال‌های آبیاری، دیواره‌های کانال با کف آن زاویه‌ای درست می‌کنند. در کانال مستطیلی این زاویه ۹۰ درجه و در کانال‌های ذوزنقه‌ای و مثلثی این زاویه کمتر از ۹۰ درجه است. این زاویه در طراحی کانال نقش اساسی دارد چون هم در حجم عبوری و هم در پایداری کانال تأثیر زیادی می‌گذارد. در محاسبات معمول از کتانژانت زاویه افقی استفاده می‌شود و در گزارشات به صورت عدد :۱ (۱ عمودی و عدد افقی) ارائه می‌شود. شیب ۱:۲ بدین مفهوم است که به ازاء هر دو متر فاصله افقی اختلاف ارتفاع بین دو نقطه برابر ۱ متر است. هرچه خاک سنگین تر باشد مقدار عدد کمتر و شیب بیشتر و هرچه خاک سبکتر باشد مقدار عدد بیشتر و شیب کمتر می شود.

- عرض کانال در سطح آب

مسافت بین دو دیواره کانال در سطح آب عرض کانال در سطح آب را معین می‌کند (شکل۵). این عرض تابع شکل مقطع کانال است. یعنی درکانال مستطیلی عرض کف کانال مساوی عرض کانال در سطح آب و در دیگر مقاطع کانالها (ذوزنقه‌ای، مثلثی، نیم دایره و سهموی) عرض کف کمتر از عرض کانال در سطح آب است و با افزایش عمق آب در کانال عرض کانال در سطح آب نیز افزایش می یابد.

- مساحت و محیط خیس شده

سطح و محیطی از کانال که با آب در تماس است را به ترتیب مساحت و محیط خیس شده می نامند.

- عمق آزاد

در کانال‌های آبیاری عمق آب برای عبور جریان مشخصی طراحی می‌گردد. به دلیل جلوگیری از سرریز آب از داخل کانال در مواقع اضطراری، عمق کانال آبیاری بیشتر از عمق آب طراحی شده در کانال در نظر گرفته شده و به این عمق، عمق آزاد نامیده می‌شود (شکل ۷). عمق آزاد تابع عوامل متعددی از جمله دبی آب، رسوب، انحنای مسیر آب و کانالهای آبیاری است.

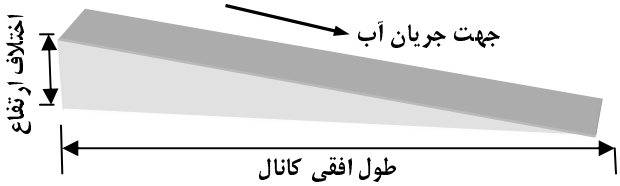
شکل ۷– نمونه‌ای از رعایت ارتفاع آزاد در کانال آبیاری

- شعاع هیدرولیکی

نسبت مساحت خیس شده به محیط خیس شده در کانال را شعاع هیدرولیکی می‌نامند. شعاع هیدرولیکی پارامتر بسیار مهم در محاسبات سرعت و دبی آب در داخل کانال‌های روباز محسوب می‌شود. با افزایش محیط خیس شده، در صورت ثابت بودن سطح مقطع کانال شعاع هیدرولیکی کاهش می‌یابد. ریشه دوم شعاع هیدرولیکی با سرعت آب در داخل کانال نسبت مستقیم دارد. در نتیجه با افزایش محیط خیس شده، سرعت آب در کانال کاهش می‌یابد. از نظر هیدرولیکی کانالی که شعاع هیدرولیکی آن نصف عمق آب باشد، دارای بهترین مقطع هیدرولیکی است.

- شیب کف کانال:

شیب کف کانال در اشکال مقاطع کانال مشخص نیست اما در مقطع طولی مشخص می‌شود و به صورت درصد بیان می‌شود. مثلاً در شکل ۸ شیب کف کانال عبارت از نسبت اختلاف ارتفاع دو سر کانال (یک متر) به طول افقی کانال (۱۰۰ متر) یعنی ۱ به ۱۰۰ یا یک درصد می‌باشد.



شکل۸- نمایی از شیب کف کانال آبیاری

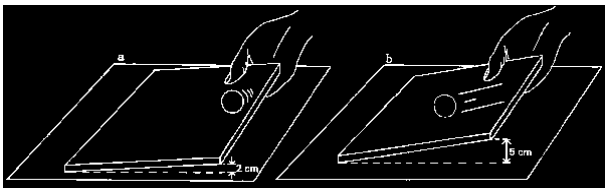
۲-۲- سرعت آب در کانال‌های آبیاری

انتخاب سرعت مجاز آب در کانال‌های آبیاری بسته به جنس بستر و کیفیت مصالح بکاربرده شده متغیر است. سرعت بیش از حد آب موجب فرسایش بستر کانال و سرعت بسیار پایین آب موجب رسوب‌گذاری و همچنین از ایجاد یک جریان مناسب به سمت پایین جلوگیری می‌کند (شکل۹). بطور طبیعی سرعت آب در کانال‌های پوشش‌دار می‌تواند بیشتر از کانال‌های خاکی باشد. بسته به نوع پوشش بستر کانال حداکثر سرعت مجاز آب به شرح زیر است (کیانی، ۱۳۹۰):

- برای بستر با پوشش بتنی بدون آرماتور حداکثر مجاز سرعت ۲ تا ۲/۵ متر بر ثانیه
- برای بستر پوشش‌دار با آجر حداکثر مجاز سرعت ۱/۸ متر بر ثانیه
- برای بستر پوشش‌دار با سنگ حداکثر مجاز سرعت برابر ۱/۵ متر بر ثانیه

شکل۹- نمایی از تخریب کانال در مزرعه به دلیل عدم انطباق جریان و سرعت آب با جنس کانال خاکی

شیب کف کانال و سرعت آب خیلی به هم وابسته‌اند. فرض کنید یک صفحه تخت از هر طرف به اندازه ۲ سانتی‌متر از زمین بالا بیاید. یک توپ کوچک در لبه قسمت بالا آمده قرار داده شود. توپ شروع به غلتیدن به سمت پایین در جهت شیب می‌کند. حال اگر لبه کناری به اندازه ۵ سانتی متر از زمین بلند شود شیب تندتر می‌شود و درنتیجه توپ با سرعت بیشتری به سمت پایین حرکت می‌کند. هرچه شیب تندتر باشد، سرعت توپ هم افزایش می‌یابد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- نمایی از تاثیر شیب کف در میزان سرعت جسم (شکل سمت راست اختلاف ارتفاع ۵ سانتی‌متر و شکل سمت چپ اختلاف ارتفاع ۲ سانتی‌متر)

آب جاری نیز همانند توپ عمل می‌کند. آب به سمت پایین و در جهت شیب حرکت می‌کند و هرچه شیب تندتر باشد سرعت آب نیز بیشتر می‌شود. درکانال‌های با شیب تند سرعت جریان آب نیز افزایش می‌یابد. ذرات خاک در کف و لبه‌های بالایی کانال خاکی به وسیله جریان آب، جدا شده و به همراه آب منتقل شده در پایین دست ته نشین می‌شوند و موجب مسدود شدن مسیر جریان آب می‌گردد که درنهایت باعث ریزش کانال و تخریب آن می‌شود.

۲-۳- ساختمان کانال

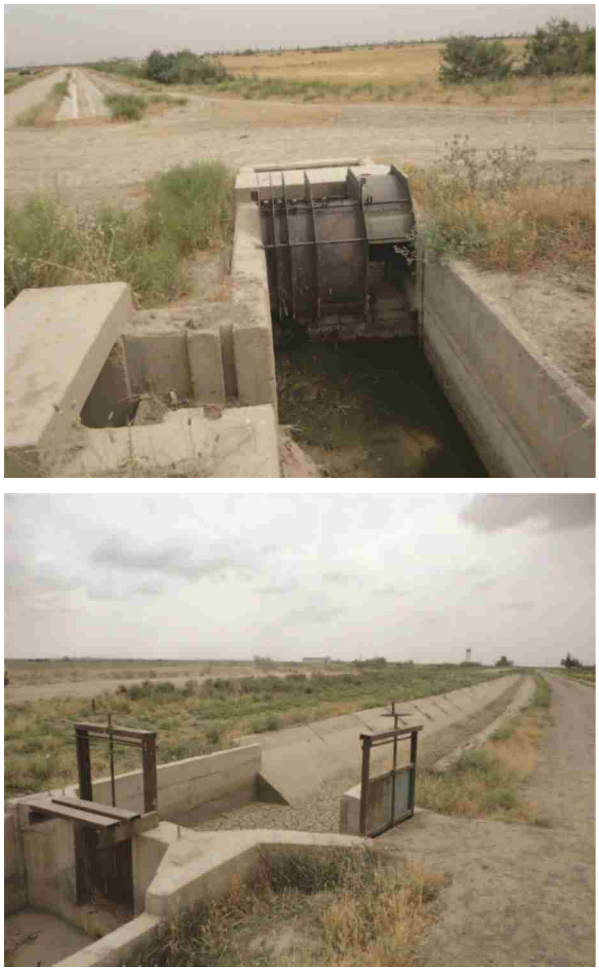
جریان آب درکانال آبیاری همیشه باید تحت کنترل باشد، به همین دلیل ساختمان کانال‌ها بایستی مناسب ساخته شده باشند. به طور کلی چهار نوع اصلی از ساختمان کانال وجود دارد:

۱- سازه های کنترل فرسایش
۲- سازه های توزیع آب
۳- سازه‌های انتقال
۴- سازه های اندازه‌گیری آب

به دلیل بحث موردی در خصوص روش‌های اندازه‌گیری آب در این نوشتار، از پرداختن به جزئیات بیشتر در زمینه‌ی ساختمان کانال‌ها خودداری شده و عمدتاً به روش‌های اندازه‌گیری آب پرداخته می‌شود.

۳- سازه‌های اندازه‌گیری آب

هدف اصلی سازه‌های اندازه‌گیری آب توزیع و کاربرد مناسب آب آبیاری در مزارع است. با اندازه‌گیری جریان آب، کشاورز می‌داند که چه مقدار آب را در هر آبیاری به کار ببرد(شکل ۱۱). همچنین حقّابه هر کشاورز تعیین و هزینه مرتبط آن با اندازه‌گیری جریان آب به سادگی قابل حصول است. معمولی ترین وسایل اندازه‌گیری آب سرریزها و فلوم ها هستند. در این سازه‌ها ارتفاع آب با یک مقیاس قرائت می‌شود و سپس بر اساس روابط مختلف تبدیل به جریان آب عبوری از کانال در واحد زمان (دبی) می‌شود. در این زمینه در بخش روش‌های اندازه‌گیری جریان آب به تفصیل توضیح داده می‌شود.



شکل ۱۱- نمایی از سازه‌های توزیع آب برای
برداشت مقدار مشخص آب از کانال

٤- آبدهی (دبی) و روش‌های اندازه‌گیری آن

٤-١-تعریف آبدهی

آبدهی یا دبی عبارت است از نسبت حجم آب به زمان و یا حاصلضرب سرعت آب در سطح مقطع عبور آب از یک کانال و بصورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

(۱)

= (حجم آب تقسیم بر زمان پر شدن آب) = آبدهی

(سطح مقطع عبور آب × سرعت آب)

٤-٢- آشنایی با واحدهای اندازه‌گیری آب

منظور از اندازه‌گیری آب در مزرعه تعیین حجم آب مصرف شده در یک فصل آبیاری است. برای تعیین حجم آب باید دو پارامتر مشخص شود: ۱- آبدهی ورودی به مزرعه ۲- مدت زمان آبیاری. حاصلضرب این دو (البته با واحدهای متجانس) حجم آب ورودی به مزرعه را مشخص میکند. بنابراین کار اصلی در مزرعه باید روی تعیین دبی ورودی به مزرعه متمرکز شود. کشاورز ممکن است از یک چاه آب، از یک کانال یا رودخانه آب برداشت کند برای هر یک اصول تفاوتی نمی‌کند.

اندازه‌گیری آب ممکن است در دو حالت آب ساکن و آب جاری صورت گیرد. در حالتی که آب ساکن است تنها

حجم آب مورد نظر است. در این حالت با واحدهای حجم شامل لیتر، متر مکعب، سانتی‌متر مکعب، فوت مکعب یا گالن سنجیده می‌شود. اما در حالتی که آب جاری است (در اکثر حالت در کشاورزی این‌چنین است) حجم آب در واحد زمان (آبدهی) بایستی مد نظر قرار گیرد. در این حالت بصورت واحدهای لیتر در ثانیه، مترمکعب در ساعت، متر مکعب در ثانیه، فوت مکعب در ثانیه و یا گالن در دقیقه سنجیده می‌شود. جدول۱ تبدیل واحدهای مختلف را نشان می‌دهد. باید توجه داشت که در این جدول ستون اول حاصل تبدیل است. مثلاً برای تبدیل ۳ مترمکعب در ساعت به فوت مکعب در ثانیه باید مقدار ۳ را در عدد ۰/۰۰۹۸ ضرب نمود.

جدول ١- تبديل انواع واحدهای مرسوم دبی

	لیتر بر ثانیه	لیتر بر دقیقه	لیتر بر ساعت	متر مکعب بر ثانیه	متر مکعب بر دقیقه	متر مکعب بر ساعت	فوت مکعب بر ثانیه	فوت مکعب بر دقیقه	فوت مکعب بر ساعت	گالن بر دقیقه
لیتر بر ثانیه	١	٦٠	٣٦٠٠	٠/٠٠١	٠/٠٦	٣١٦	٠/٠٣٥٣	٢/١٢	١٢٧/١٣	١٥٠/١٥
لیتر بر دقیقه	٠/٠١٧	١	٦٠	١/٦٦×١٠^-٥	٠/٠٠١	٠/٠٦	٠/٠٠٠٦	٠/٠٣٥	٢/١٢	٠/٠٢٦٤
لیتر بر ساعت	٠/٠٠٠٣	٠/٠١٧	١	٢/٧٧×١٠^-٧	١/٦٦×١٠^-٥	٠/٠٠١	٩/٨×١٠^-٦	٠/٠٠٠٦	٠/٠٠٣٥	٠/٠٠٤٤
متر مکعب بر ثانیه	١٠٠٠	٦٠٠٠٠	٣٦٠٠٠٠	٠/٠١٦٦	١	٦٠	٣٥/٣	٢١/٨	١٢٧/١٣٢	١٥٨٥٠
متر مکعب بر دقیقه	١٦/٧	١٠٠٠	٦٠٠٠٠	٢/٧٧×١٠^-٤	٠/٠١٦٧	١	٠/٥٩	٣٥/٣١	٢١١٨/٨٨	٢٦٤/١٧
متر مکعب بر ساعت	٠/٢٨	١٦/٧	١٠٠٠	٠/٠٢٨	٤/٦٢×١٠^-٤	١/٦٧	٠/٠٠٩٨	٠/٥٨٨	٣٥/٣١	٤/٤٠٢
فوت مکعب بر ثانیه	٢٨/٣١	١٦٩٩/٠١	١٠١٩٤٠/٦١	٠/٠٢٨	١/٦٧	١٠١/٩٤	٠/٠١٦٦	١	٦٠	٧/٤٨
فوت مکعب بر دقیقه	٠/٤٧١	٢٨/٣١	١٦٩٩/٠١١	٤/٦٢×١٠^-٤	٠/٠٢٨	١/٦٧	٠/٠١٦٦	١	٦٠	٠/١٢٤
فوت مکعب بر ساعت	٧/٨٦×١٠^-٣	٠/٤٧١	٢٨/٣١٦	٧/٨٦٦×١٠^-٦	٤/٦٢×١٠^-٤	٠/٠٢٨٣	٢/٧٨×١٠^-٤	٠/٠١٦٦	١	٠/٠٠٢٠٨
گالن بر دقیقه	٠/٠٦٣	٣/٧٨٥	٢٣٧/١٢	٦٣٠٩×١٠^-٥	٠/٠٣٧	٠/٢٢٧	٠/٠٠٢٢	٠/١٣٣	٨/٠٢	١

٤-۳- روش‌های اندازه‌گیری آب

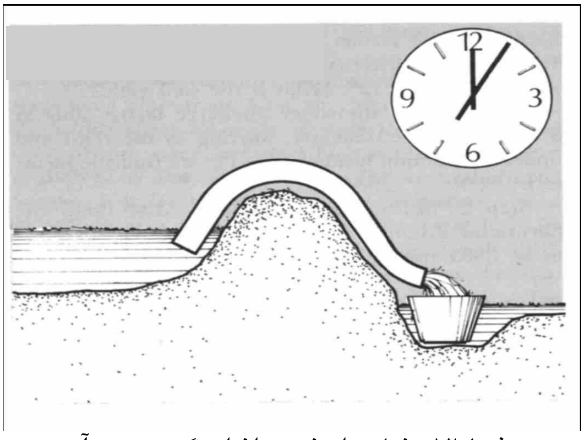
برای محاسبه دبی از رابطه ۱ استفاده می‌شود:

حاصل ضرب سرعت آب در مساحت مقطعی که آب در هنگام عبور با آن در تماس است= حجم تقسیم بر زمان =دبی (۱)

بطور کلی روش‌های اندازه‌گیری آب را می‌توان به دو دسته کلی مستقیم و غیر مستقیم تقسیم‌بندی نمود.

٤-۳-۱- روش حجمی

در این روش که مناسب مقادیر دبی کم است، مثل اندازه‌گیری آب خروجی از سیفون در شیارهای آبیاری (شکل ۱۲)، شیر آب و یا آب خروجی از نازل‌های آبیاری بارانی با اندازه‌گیری حجم آب جمع شده در یک ظرف مدرج در یک زمان مشخص به دست می‌آید.



شکل۱۲- نمایی از نحوه اندازه‌گیری دبی آب در یک شیار آبیاری با استفاده از سیفون

مثال :

یک ظرف ۴۰ لیتری در زیر شیر آب قرار دارد. شیر آب را باز کنید و همزمان ساعت شروع ریزش آب به درون ظرف را یادداشت نمایید. اگر پس از گذشت ۲۰ ثانیه حجم ظرف از آب پر شود، دبی شیر آب برابر چند لیتر بر ثانیه است؟

لیتر بر ثانیه ۲ = ۲۰ ÷ ۴۰= حجم تقسیم بر زمان= دبی

٤-۳-۲- روش وزنی

این روش همانند روش حجمی است با این تفاوت که به جای اندازه‌گیری حجم آب در یک زمان مشخص وزن آب در زمان مشخص اندازه‌گیری می‌شود. خصوصا زمانی‌که ظرف مدرج در اختیار نیست روش مناسبی است. با توجه به اینکه چگالی یا وزن مخصوص آب (نسبت وزن آب به حجم آب) برابر یک گرم بر سانتی‌متر مکعب است در نتیجه هر گرم آب معادل یک سانتی‌متر مکعب و یا هر کیلوگرم آب معادل یک لیتر آب است. بنابراین با معادل قرار دادن هر کیلوگرم آب با یک لیتر با استفاده از رابطه ۱ دبی آب به دست می‌آید.

کاربرد: بیشترین کاربرد اندازه‌گیری آب با استفاده از روش‌های حجمی و وزنی در تعیین حجم آب خروجی، در مزارع تحت فشار بارانی و قطره‌ای است. مثلاً در روش

آبیاری بارانی با استفاده از یک شیلنگ، کورنومتر و یک سطل مدرج، مقدار خروج آب را از آبپاش‌ها در یک زمان مشخص اندازه‌گیری نموده و بر اساس رابطه‌ی ۱ آبدهی خروجی‌ها اندازه‌گیری می‌شود . درروش آبیاری قطره‌ای نیز در حین آبیاری یک ظرف مدرج در زیر قطره‌چکان‌ها قرار داده و در مدت زمان مشخص حجم آب جمع‌شده در ظرف را تعیین و سپس همانند روش‌های دیگر آبدهی قطره‌چکان مشخص می‌شود (شکل ۱۳). برای تعیین کل آب مصرف شده در طی یک آبیاری در هر دو روش بارانی و قطره‌ای، نیاز است چند خروجی در سامانه را اندازه‌گیری نموده و سپس میانگین آبدهی در تعداد خروجی ضرب شده تا کل آب مصرفی مزرعه یا باغ به دست آید.

شکل۱۳- نمایی از اندازه‌گیری آبدهی محل خروج آب در آبیاری قطره‌ای به روش حجمی

مثال :

در داخل یک نهر آبیاری چاله‌ای کنده بطوریکه ظرف آب براحتی داخل شیار قرار و در مسیر عبور آب قرار گرفته است. هدف اندازه‌گیری دبی جریان آب در نهر می‌باشد. در لحظه ریزش آب داخل نهر زمان را یاداشت نموده و پس از پایان آزمایش نیز زمان ثبت شده است. چند اندازه‌گیری نشان می‌دهد که بطور متوسط در مدت ۲۰ ثانیه حدود ۷۰ درصد حجم ظرف را آب فرا گرفته است. اما چون حجم آب مشخص نبود هر بار وزن آب را اندازه‌گیری نموده و بطور متوسط برابر ۳۰ کیلوگرم شد. در این حالت دبی نهر برحسب لیتر بر ثانیه و متر مکعب بر ساعت به دست آورید.

از آنجا که هر کیلوگرم آب معادل یک لیتر می‌باشد در نتیجه ۳۰ کیلوگرم آب جمع شده داخل ظرف برابر ۳۰ لیتر در نظر گرفته و دبی برابر است با :

دبی = حجم تقسیم بر زمان = ۳۰ ÷ ۲۰ = ۱/۵ لیتر بر ثانیه

(۱/۵ لیتر بر ثانیه) × (۳/۶) = ۵/۴ متر مکعب بر ساعت

٤-۳-۳- کنتور آب

کنتور آب وسیله‌ای است که در مسیر جریان آب در داخل لوله‌ها نصب شده و بطور مستقیم حجم آب عبور کرده را در هر زمان ثبت می‌کند. بیشترین کاربرد این وسیله

در منازل و برای محاسبه حجم آب مصرفی در مدت زمان مشخص است.

روش غیرمستقیم خود به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شود. اندازه‌گیری غیرمسقیم جریان آب در داخل کانال‌هایی که دارای ابعاد هندسی شناخته شده مثل مستطیل، ذوزنقه، دایره، سهمی وغیره هستند و اندازه‌گیری جریان آب در داخل کانال‌ها و یا نهرهایی که از نظر هندسی ابعاد مشخصی ندارند. عمده‌ترین روش غیر مستقیم برای کانال‌های با ابعاد هندسی مشخص استفاده از روش سرعت – سطح مقطع است.

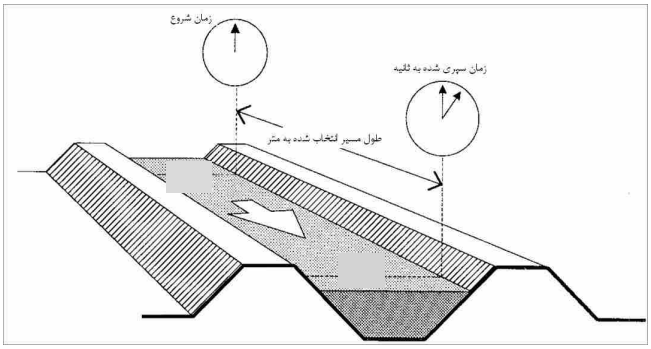
٤-۳-٤- روش سرعت – سطح مقطع

همانطور که از نام روش مشخص است، در این حالت باید دو پارامتر سرعت آب و سطح مقطع عبور آب را بطور جداگانه به دست آورده و سپس با استفاده از رابطه ۱ از حاصلضرب دو پارامتر دبی قابل محاسبه است. از این روش می‌توان برای برآورد دبی آب در لوله‌ها و کانال‌های آبیاری استفاده نمود. برای برآورد سرعت آب در کانال‌های آبیاری می‌توان از یکی از روش‌های زیر استفاده نمود :

الف) روش‌های تعیین سرعت آب در کانال

- استفاده از جسم شناور

دراین روش از تعریف فیزیکی سرعت یعنی نسبت مسافت پیموده شده توسط جسم متحرک در واحد زمان استفاده می‌شود. برای این منظور مسیر مستقیم کانال آبیاری در حدود ۳۰ تا ۵۰ متر را در نظر گرفته و ابتدا و انتهای آن را علامت زده (شکل ۱۴) و سپس یک جسم سبک قابل شناور در آب (مانند بطری آب در بسته و نیمه پر، تکه چوب، توپ بازی کوچک و یا میوه‌هایی مثل پرتقال ...) را قبل از نقطه شروع وارد آب نموده و پس از رسیدن به نقطه ابتدایی زمان را یادداشت و تا زمانیکه به نقطه انتهایی برسد زمان محاسبه می‌شود. سرعت آب در کانال از نسبت مسافت تعیین شده به زمان سپری شده توسط جسم شناور به دست می‌آید. توجه به این نکته ضروری است که سرعت آب در سطح کانال همواره بیشتر از سرعت آب در عمق کانال است. به دلیل اینکه در کف و عمق کانال در اثر برخورد آب با سطوح زبر (کف و دیواره‌ها) از سرعت آب نسبت به سطح آزاد آب کاسته می‌شود. به همین دلیل سرعت محاسبه شده به روش بالا سرعت واقعی آب در کانال نیست و تنها سرعت آب در لایه سطحی را اندازه‌گیری می‌کند. برای برآورد سرعت واقعی با توجه به مورد اشاره شده بهتر است سرعت به دست آمده را در ضریب ۰/۸ ضرب نمود.



شکل۱۴- نمایی از نحوه اجرایی اندازه‌گیری سرعت آب در کانال آبیاری

- استفاده از مواد رنگی

این روش مشابه روش قبلی است با این تفاوت که به جای جسم شناور از مواد رنگی استفاده می‌شود. از آنجا که مواد رنگی در سراسر عمق آب پخش می‌شود و همراه کل جریان آب حرکت می‌کند، تقریباً سرعت واقعی آب در کانال را نشان می‌دهد. بنابراین در این روش سرعت آب برابر با نسبت مسافت طی شده توسط مواد رنگی در طول کانال در یک بازه زمانی مشخص است. به عبارت دیگر در این حالت به تصحیح سرعت و ضرب در عددی خاص نیازی نیست.

- استفاده از مولینه

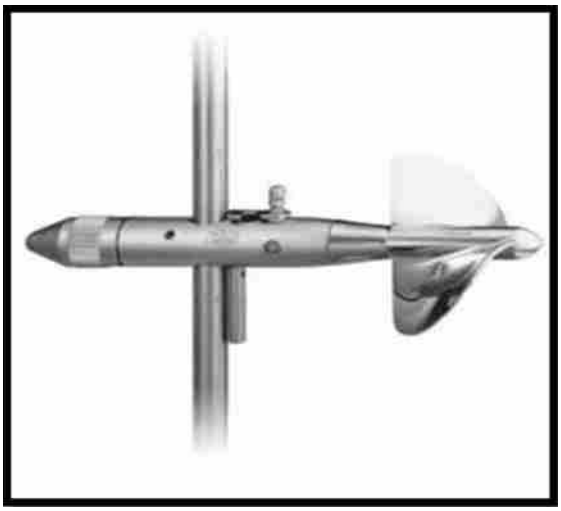
مولینه وسیله‌ای است که قادر است سرعت آب را بصورت غیرمستقیم در کانال‌ها و رودخانه‌ها اندازه‌گیری

کند. برای این کار انواع مولینه‌ها ساخته شده است. یک مولینه بطور کلی دارای سه قسمت اصلی است. قسمت متحرک، قسمتی که باید تعداد دورها جسم متحرک را بشمارد و ثبت کند و قسمت انتقال دهنده که حرکت دوار را به قسمت ثبت کننده منتقل می‌کند. در جلوی مولینه فنجانک و یا پره‌های قابل دوران نصب شده و آنرا در داخل آب بطوریکه فنجانک‌ها و یا پروانه‌ها عمود بر جهت جریان آب قرار می‌گیرند(شکل ۱۵). بطور طبیعی برخورد جریان آب به پروانه‌ها و فنجانک‌های متحرک باعث چرخش آنها می‌شود. روشن است که تعداد چرخش پره‌ها بستگی به سرعت آب دارد و هرچه سرعت آب بیشتر باشد تعداد دور زدن آنها نیز بیشتر است. در نتیجه می‌توان بین سرعت آب در کانال و تعداد چرخش پروانه‌ها در مولینه‌ها رابطه‌ای به شرح زیر برقرار کرد.

(۲)

پروانه مولینه در هر ثانیه × ضریب ۲) + ضریب۱ = سرعت آب در مولینه (تعداد چرخش

ضرایب ۱ و ۲ ضرایب ثابت دستگاه هستند. به ازای مقدار ثابت ضرایب ۱ و ۲ دستگاه، هر چه تعداد دورهای مولینه بیشتر باشد، سرعت آب در کانال بیشتر است.



شکل ۱۵- نمایی از مولینه برای اندازه‌گیری سرعت آب در کانال‌های آبیاری

برای به دست آوردن معادله فوق مربوط به هر مولینه (یعنی تعیین ضرایب آن)، به‌طوری‌که در شرایط مختلف قابل استفاده باشد، کارخانه سازنده دستگاه را واسنجی نموده و ضرایب آن را مشخص می‌کند. برای این منظور در سرعت‌های مشخص جریان آب، تعداد دورهای پره‌های مربوط به همان سرعت آب ثبت می‌شود. از ترسیم تعداد داده‌های سرعت آب (محور عمودی) و تعداد دورهای پره‌های مولینه (محور افقی) در یک محور مختصات و برازش بهترین خط بین داده‌ها (رگرسیون خطی) ضرایب ۱ و ۲ ثابت دستگاه بسادگی برآورد می‌شوند. در این رابطه

ضریب ۱ دستگاه عرض از مبدا و ضریب ۲ دستگاه شیب خط است.

مثال :

برای اندازه‌گیری سرعت آب در داخل یک کانال از یک مولینه استفاده شده است. اگر در مدت ۱ دقیقه تعداد دورهای پره مولینه برابر ۳۰۰۰ باشد و ضرایب ۱ و ۲ دستگاه به ترتیب برابر ۰/۰۹ و ۰/۰۸ باشند، سرعت آب در کانال چند متر بر ثانیه است .

دور در ثانیه ۵۰ = ۶۰ ÷ ۳۰۰۰ = تعداد چرخش پروانه مولینه در هر ثانیه

لیتر در ثانیه ۴۰۹۰ = متر مکعب بر ثانیه ۴/۰۹۰ = (۰/۰۸ × ۵۰) + ۰/۰۹ = سرعت حرکت آب

ب) روش‌های تعیین سطح مقطع

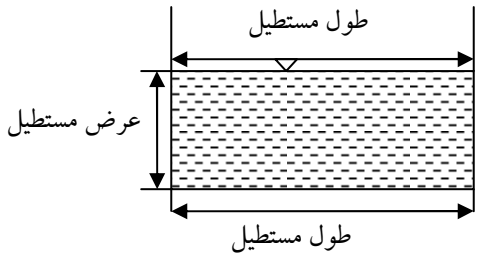
بیشتر کانال‌های آبیاری که دارای شکل هندسی مشخصی هستند شامل مقطع مستطیلی، ذوزنقه‌ای، مثلثی و دایره‌ای هستند. برای مقاطع اشاره شده مساحت خیس شده برای محاسبه دبی به تفکیک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- **کانال مستطیلی**

ساده‌ترین شکل کانال‌های آبیاری از نظر ساخت و اجرا در مزرعه کانال‌های مستطیلی هستند و نمونه‌ای از کانال

مستطیلی و مشخصات آن بصورت حقیقی و شماتیک به ترتیب در شکل‌های ۱۶ و ۱۷ و اعداد مربوط به مساحت و محیط خیس شده این نوع از کانال‌ها در جدول ۲ ارایه شده است.

شکل۱۶- نمایی از کانال مستطیلی در مزرعه



شکل ۱۷- نمایی از یک کانال مستطیلی و مشخصات آن

به منظور آشنایی بیشتر، بـه ازای مقـادیر مختلـف طـول و عرض کانال مساحت و محیط مستطیل محاسـبه و در جـدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲- مساحت و محیط کانال‌های مستطیلی به صورت تابعی از طول و عرض کانال

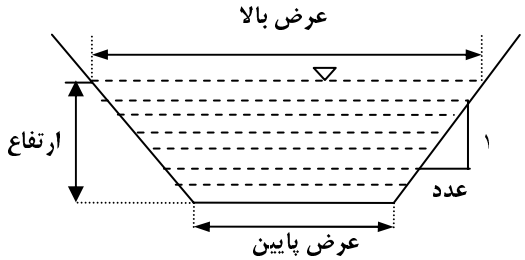
طول (متر)	عرض (متر)	مساحت (مترمربع)	محیط (متر)
۰/۵۰	۰/۲۰	۰/۱	۱/۴
۰/۵۰	۰/۳۰	۰/۱۵	۱/۶
۰/۷۵	۰/۴۰	۰/۳	۲/۳
۰/۷۵	۰/۵۰	۰/۳۷۵	۲/۵
۱	۰/۶۰	۰/۶	۳/۲
۱	۰/۷۰	۰/۷	۳/۴
۱	۰/۸۰	۰/۸	۳/۶
۱/۲	۰/۸۰	۰/۹۶	۴
۱/۲	۰/۹۰	۱/۰۸	۴/۲

ادامه جدول ۲-

طول (متر)	عرض (متر)	مساحت (مترمربع)	محیط (متر)
۱/۲	۱	۱/۲	۴/۴
۱/۵	۱	۱/۵	۵
۱/۵	۱/۱	۱/۶۵	۵/۲
۱/۵	۱/۲	۱/۸	۵/۴

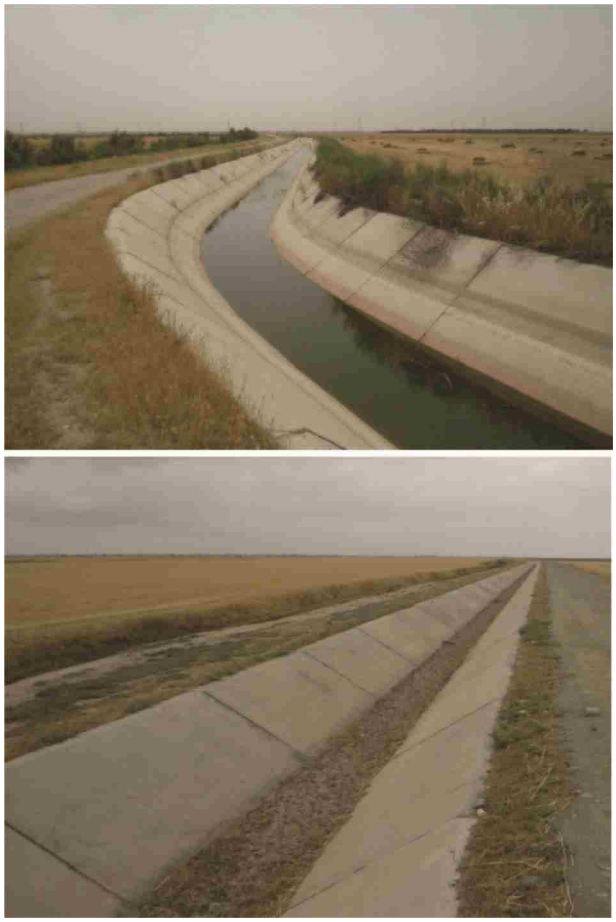
• کانال ذوزنقه‌ای

شکل شماتیک یک کانال ذوزنقه‌ای در شکل ۵ ارایه شده بود، با توجه به مشخصات کانال مساحت و محیط خیس شده در یک کانال ذوزنقه‌ای با استفاده از جدول ۳ برآورد می‌گردد. در اینجا برای برآورد مساحت و محیط این نوع از کانال‌ها شکل ۱۸ و شکل ۱۹ نیز نمونه‌ای از این نوع کانال در مزرعه را نشان می‌دهند.



شکل ۱۸- نمایی از یک کانال ذوزنقه‌ای و مشخصات آن

جدول ۳ مساحت و محیط یک کانال ذوزنقه‌ای را به ازای مقادیر مختلف عمق آب، شیب دیواره جانبی و عرض کانال ارایه کرده است.



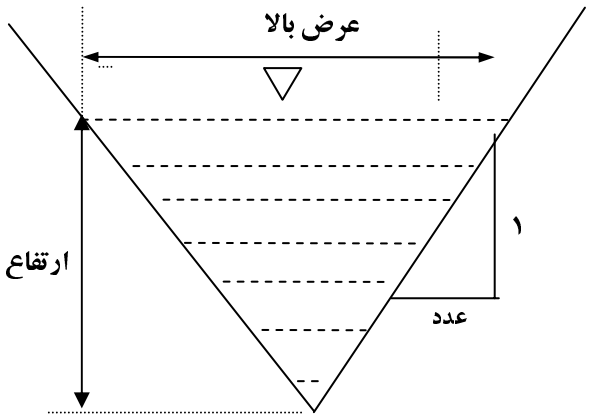
شکل ۱۹- نمایی از کانال ذوزنقه‌ای در مزرعه

جدول ۳- محیط (متر) و مساحت(متر مربع) کانال‌های ذوزنقه‌ای به ازای مقادیر مختلف مشخصات کانال

عرض کف (متر)	عمق آب (متر)	کانال ۱:۱		کانال ۱:۱/۵		کانال ۱:۲	
		مساحت	محیط	مساحت	محیط	مساحت	محیط
۰/۵	۰/۲	۰/۱۴	۱/۰۷	۰/۱۶	۱/۲۲	۰/۱۸	۱/۳۹
۰/۵	۰/۴	۰/۳۶	۱/۶۳	۰/۴۴	۱/۹۴	۰/۵۲	۲/۲۹
۰/۵	۰/۵	۰/۵۰	۱/۹۱	۰/۶۳	۲/۳۰	۰/۷۵	۲/۷۴
۰/۷۵	۰/۲	۰/۱۹	۱/۳۲	۰/۲۱	۱/۴۷	۰/۲۳	۱/۶۴
۰/۷۵	۰/۴	۰/۴۶	۱/۸۸	۰/۵۴	۲/۱۹	۰/۶۲	۲/۵۴
۰/۷۵	۰/۵	۰/۶۳	۲/۱۶	۰/۷۵	۲/۵۵	۰/۸۸	۲/۹۹
۱	۰/۲	۰/۲۴	۱/۵۷	۰/۲۶	۱/۷۲	۰/۲۸	۱/۸۹
۱	۰/۴	۰/۵۶	۲/۱۳	۰/۶۴	۲/۴۴	۰/۷۲	۲/۷۹
۱	۰/۵	۰/۷۵	۲/۴۱	۰/۸۸	۲/۸۰	۱/۰۰	۳/۲۴
۱	۰/۷۵	۱/۳۱	۳/۱۲	۱/۵۹	۳/۷۰	۱/۸۸	۴/۳۵
۱/۵	۰/۲	۰/۳۴	۲/۰۷	۰/۳۶	۲/۲۲	۰/۳۸	۲/۳۹
۱/۵	۰/۴	۰/۷۶	۲/۶۳	۰/۸۴	۲/۹۴	۰/۹۲	۳/۲۹
۱/۵	۰/۵	۱/۰۰	۲/۹۱	۱/۱۳	۳/۳۰	۱/۲۵	۳/۷۴
۱/۵	۰/۷۵	۱/۶۹	۳/۶۲	۱/۹۷	۴/۲۰	۲/۲۵	۴/۸۵
۱/۵	۱	۲/۵۰	۴/۳۳	۳/۰۰	۵/۱۱	۳/۵۰	۵/۹۷

• کانال مثلثی

نمونه‌ای از کانال مثلثی بصورت شماتیک در شکل ۲۰ آورده شده است. جدول ۴ مقادیر معمول مساحت و محیط خیس شده مقاطع مثلثی را ارایه می‌کند. برای سادگی مطالب به ازای مقادیر مختلف مشخصات کانال ذوزنقه‌ای نیز مساحت و محیط براورد و نتایج در جدول ۴ خلاصه شده است.



شکل ۲۰- نمایی از کانال مثلثی و اجزای آن

جدول۴ – مساحت (مترمربع) و محیط(متر) کانال‌های مثلثی به صورت تابعی از عمق آب و شیب جانبی آن

عمق آب	شیب جانبی ۱:۱		شیب جانبی ۱:۱/۵		شیب جانبی ۱:۲	
(متر)	مساحت	محیط	مساحت	محیط	مساحت	محیط
۰/۱	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۳۶	۰/۰۲	۰/۴۵
۰/۲	۰/۰۴	۰/۵۷	۰/۰۶	۰/۷۲	۰/۰۸	۰/۸۹
۰/۳	۰/۰۹	۰/۸۵	۰/۱۴	۱/۰۸	۰/۱۸	۱/۳۴
۰/۴	۰/۱۶	۱/۱۳	۰/۲۴	۱/۴۴	۰/۳۲	۱/۷۹
۰/۵	۰/۲۵	۱/۴۱	۰/۳۸	۱/۸۰	۰/۵۰	۲/۲۴
۰/۶	۰/۳۶	۱/۷۰	۰/۵۴	۲/۱۶	۰/۷۲	۲/۶۸
۰/۷	۰/۴۹	۱/۹۸	۰/۷۴	۲/۵۲	۰/۹۸	۳/۱۳
۰/۸	۰/۶۴	۲/۲۶	۰/۹۶	۲/۸۸	۱/۲۸	۳/۵۸
۰/۹	۰/۸۱	۲/۵۵	۱/۲۲	۳/۲۴	۱/۶۲	۴/۰۲
۱	۱/۰۰	۲/۸۳	۱/۵۰	۳/۶۱	۲/۰۰	۴/۴۷

جمع بندی:

بطور کلی برای محاسبه‌ی آبدهی کانال آبیاری ابتدا سرعت آب در کانال و سپس مساحت مقطع خیس شده را با روش‌های ساده‌ای که در قسمت‌های قبل بیان شد، برآورد نموده و با ضرب این دو پارامتر آبدهی کانال محاسبه می‌شود. برای استفاده از روابط اشاره شده، در ادامه چند مثال ساده ارایه و حل می‌شوند. همچنین برای دو مقطع پرکاربرد مستطیلی و ذوزنقه‌ای گرافهای ساده هم تدوین شده است.

مثال(کانال مستطیلی)

در یک کانال مستطیلی آب با سرعت ۳ متر بر ثانیه در حرکت است و در صورتیکه عمق آب در کانال معادل ۲۰ سانتی‌متر و عرض کانال ۵۰ سانتی‌متر باشد، حساب کنید آبدهی کانال بر حسب لیتر بر ثانیه چقدر است.

حل با استفاده از فرمول

- مساحت خیس شده :

با توجه به جدول ۲ مساحت مستطیل برابر است با ۰/۱ متر مربع

- با توجه به مشخص بودن سرعت آب ، آبدهی از رابطه ۱ برابر است با :

(متر بر ثانیه ۳)× (متر مربع ۰/۱)= (سرعت آب)× (مساحت)= آبدهی

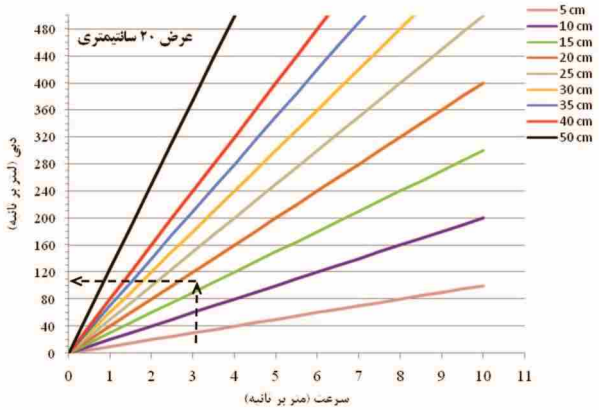
لیتر بر ثانیه ۳۰۰ یا متر مکعب بر ثانیه ۰/۳ =

حل بصورت گرافیکی

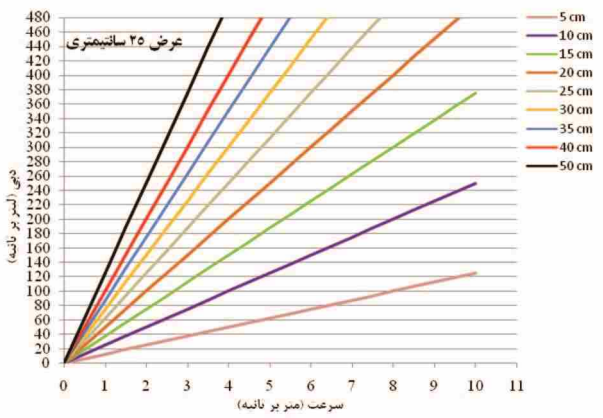
برای سادگی مطالب و دسترس بودن دبی در مقاطع مختلف مستطیلی بصورت تابعی از عمق مختلف آب گراف‌هایی تنظیم شده است که در شکل‌های ۲۱ تا ۲۵ ارایه شده‌اند. در این شکل‌ها برای یک عرض کانال مشخص آبدهی کانال مستطیلی بر اساس سرعت آب (محور افقی) و عمق‌های مختلف آب در کانال (نمایه‌های اعماق

در سمت راست هر منحنی ارایه شده‌انـد)، آبـدهی کانـال بـر حسب متر در ثانیه(محور عمودی) مشخص می‌شود.

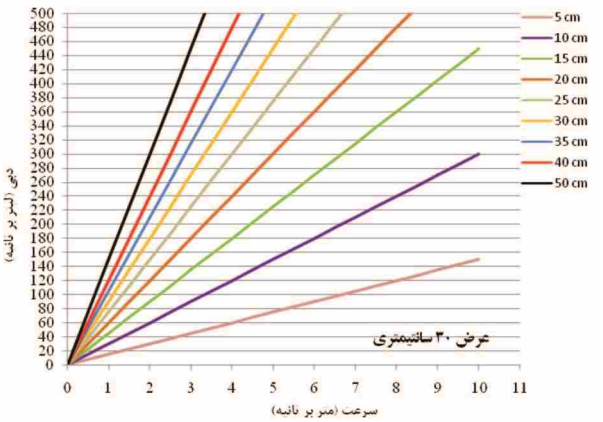
مثلاً برای تعیین دبی در یک کانال مستطیلی به عرض ۲۰ سانتی‌متر با استفاده از شکل ۲۰، اگر سرعت آب در کانال ۳ متر بر ثانیه و عمق آب در کانال ۱۵ سـانتی‌متـر فـرض شـود، آبدهی کانال در حدود ۹۰ لیتر بـر ثانیـه بـه دسـت مـی آیـد. برای یک کانال ۵۰ سانتی‌متری (شـکل ۲۵) اگـر عمـق آب در کانال ۱۰ سانتی‌متر و سرعت آب در کانال حـدود ۴ متـر بر ثانیه فرض شود، همانطور کـه از شـکل ۲۲ فلـش‌هـا نـشان می‌دهند، آبدهی کانال در حـدود ۲۲۰ لیتـر بـر ثانیـه بـراورد شده است.



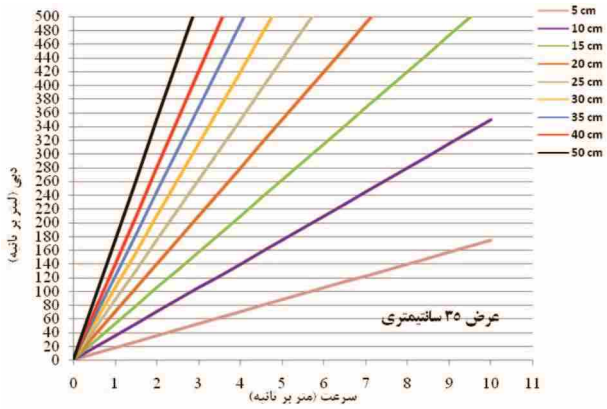
شکل ۲۰- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۲۰ سانتی‌متر بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



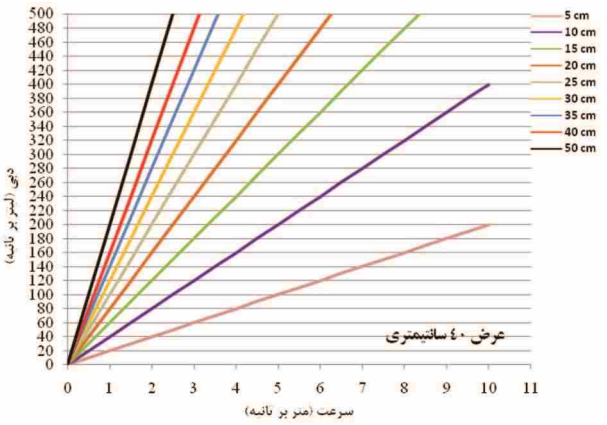
شکل۲۱- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۲۵ سانتی‌متر بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



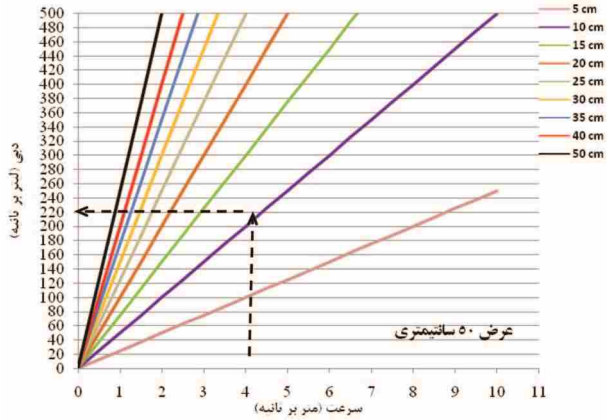
شکل۲۲- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۳۰ سانتی‌متر بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



شکل۲۳- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۳۵ سانتی‌متر بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



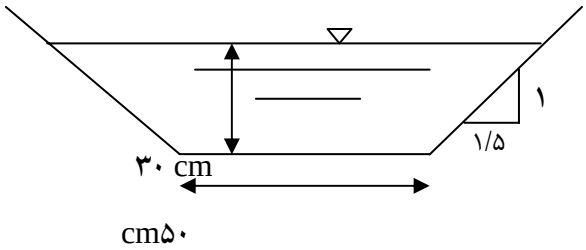
شکل۲۴- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۴۰ سانتی‌متر بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



شکل۲۵- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۵۰ سانتی‌متر بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال

مثال (کانال ذوزنقه‌ای)

در یک کانال ذوزنقه‌ای به شکل زیر که عرض کف آن ۵۰ سانتی‌متر و عمق آب در آن ۲۰ سانتی است، جسمی شناور مسافت ۵۰ متری را در ۲۰ ثانیه طی می‌کند. در این حالت سرعت آب در کانال بر حسب متر مکعب در ساعت و لیتر در ثانیه حساب کنید.



حل

- محاسبه سرعت آب

برای محاسبه سرعت آب توسط جسم شناور ابتدا باید فاصله طی شده توسط جسم را تقسیم بر مدت زمان طی کردن مسیر کرد و سپس برای تصحیح سرعت آن را در ضریب ۰/۸ ضرب کرد.

شدن مسیر) ÷ (مسافت طی شده)} ×۰/۸ = سرعت آب

متر بر ثانیه ۲= (۲۰ ÷ ۵۰) × ۰/۸ = {(مدت زمان طی

- محاسبه سطح مقطع عبور آب

با داشتن عرض و ارتفاع کانال ذوزنقه ای و شیب دیواره و با استفاده از جدول ۳ مساحت ذوزنقه ۰/۱۶ متر مربع تعیین شد.

توجه شود که در رابطه بالا همه واحدها بر حسب متر محاسبه شدند.

- محاسبه دبی جریان آب در کانال

= (سرعت جریان آب) × (سطح مقطع کانال)= دبی

متر مکعب بر ثانیه ۳/۲ = ۲×۰/۱۶

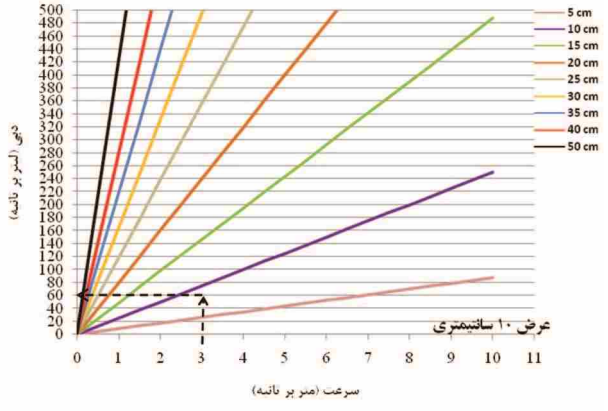
برای تبدیل واحد فوق به مترمکعب در ساعت و لیتر بر ثانیه با توجه به جدول تبدیل واحدها (جدول ۱) داریم :

۳/۲ متر مکعب بر ثانیه ×۳۶۰۰ = دبی

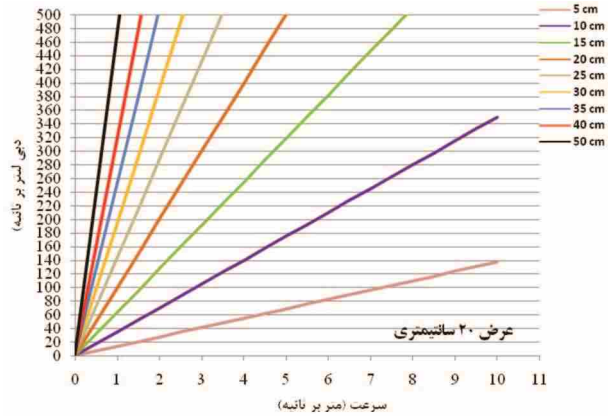
متر مکعب بر ساعت ۱۱۵۲۰ =

لیتر بر ثانیه ۳۲۰۰ = ۳/۲ متر مکعب بر ثانیه × ۱۰۰۰ = دبی

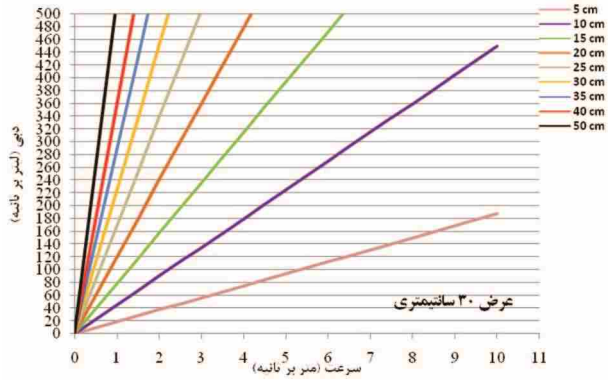
جهت سادگی برآورد آبدهی همانند مقطع مستطیلی، برای مقطع ذوزنقه‌ای نیز گراف‌هایی تدوین شده است. برای احداث کانال‌های ذوزنقه‌ای معمولاً از شیب دیواره جانبی، عرض کف و عمق کانال استفاده می‌شود. در کانال‌های ذوزنقه‌ای دو شیب دیواره جانبی ۱ به ۱/۵ و ۱ به ۲ از شیب‌های پرکاربرد هستند. در نتیجه آبدهی کانال ذوزنقه‌ای به تفکیک دو شیب دیواره جانبی و عرض‌های مختلف، بصورت تابعی از عمق آب و سرعت آب در کانال درگراف‌های ۲۶ الی ۳۰ برای شیب جانبی ۱ به ۱/۵ از ۳۱ تا ۳۴ ارایه شده است. مثلاً در کانال ذوزنقه‌ای به عرض ۱۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۱/۵ ، در صورتیکه سرعت آب در کانال ۳ متر بر ثانیه و عمق آب در کانال ۱۰ سانتی‌متر فرض شود، با توجه به شکل ۲۶ ملاحظه می‌گردد که آبدهی کانال به سادگی از روی محور عمودی برابر ۷۵ لیتر در ثانیه به دست می‌آید.



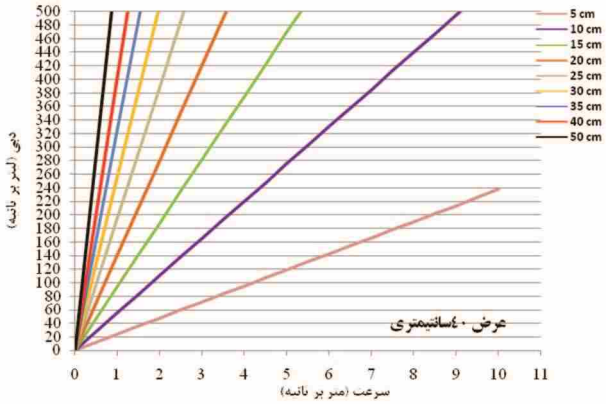
شکل۲۶- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۱۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۱/۵ بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



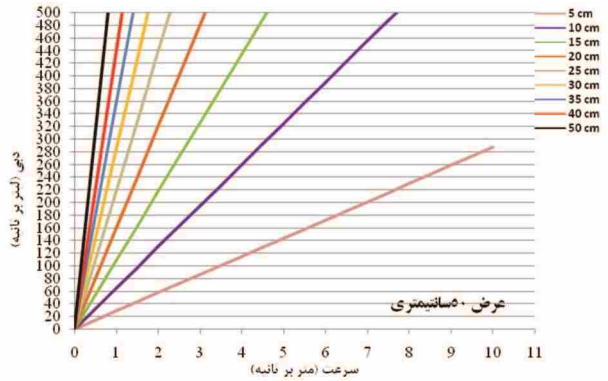
شکل۲۷- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۲۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۱/۵ بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



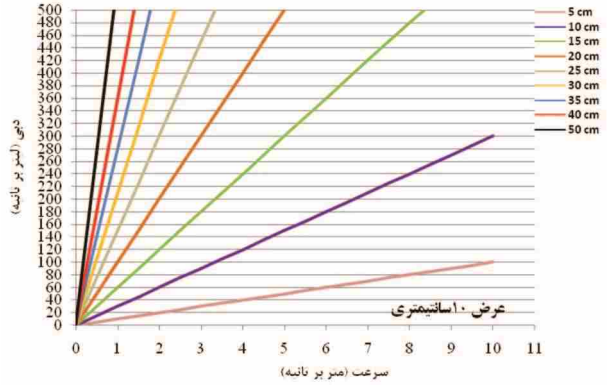
شکل۲۸- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۳۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۱/۵ بصورت تابعی از عمق آب(نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



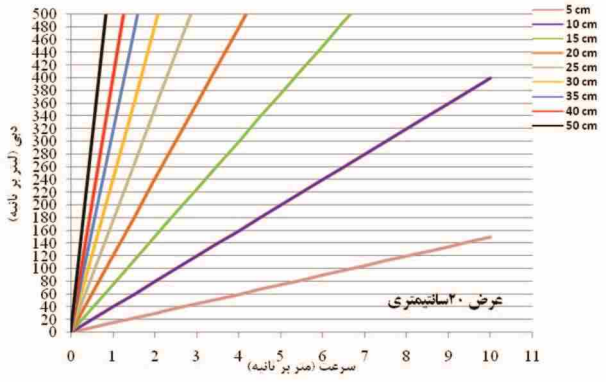
شکل۲۹- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۴۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۱/۵ بصورت تابعی از عمق آب(نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



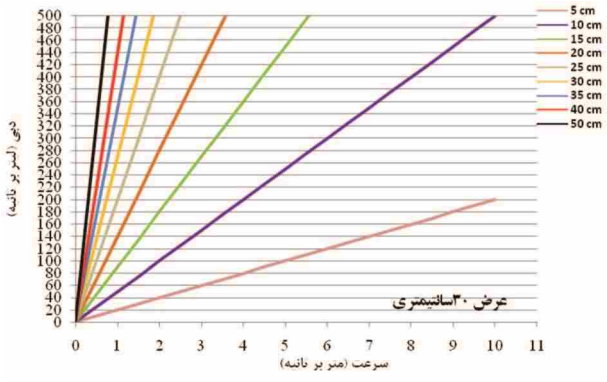
شکل ۳۰- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۵۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۱/۵ بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



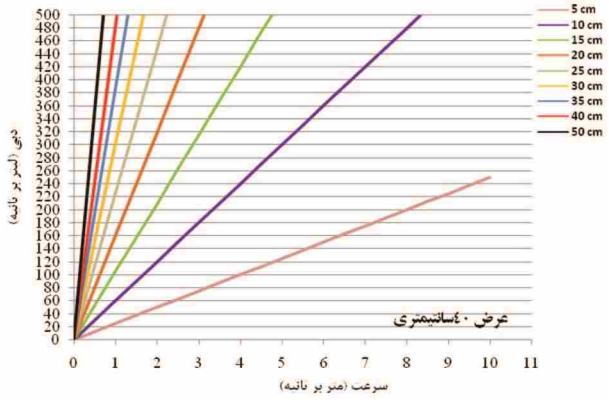
شکل ۳۱- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۱۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۲ بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



شکل۳۲- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۲۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۲ بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



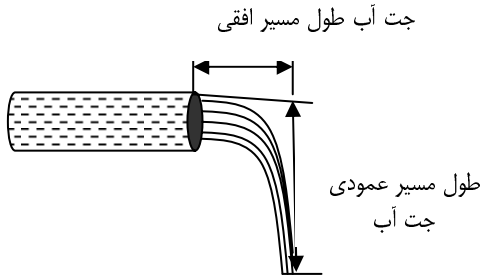
شکل۳۳- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۳۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۲ بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال



شکل۳۴- آبدهی آب در کانال مستطیلی به عرض ۴۰ سانتی‌متر و شیب دیواره جانبی ۱ به ۲ بصورت تابعی از عمق آب (نمایه سمت راست) و سرعت آب در کانال

٤-۳-۵- اندازه‌گیری دبی آب در لوله افقی

در صورتیکه سرعت آب در لوله اندازه‌گیری شود بسادگی و با اندازه‌گیری سطح مقطع عبور آب و استفاده از معادله پیوستگی جریان می‌توان دبی آب را برآورد کرد. اما تعیین سرعت آب در داخل لوله‌ها بدون داشتن ابزارهای اندازه‌گیری سرعت آب امکان‌پذیر نیست. در این حالت با استفاده از رابطه زیر و تعیین مختصات جت خروجی آب (شکل۳۵) از لوله می‌توان دبی آن را با دقت نسبتاً بالا اندازه‌گیری کرد.



شکل۳۵- نمایی از مختصات جت خروجی آب از لوله آبیاری

(۵)

× (سطح مقطع لوله) × (ضریب دبی) × ۰/۰۲۲= دبی

(طول مسیر افقی جت آب)}

{(مجذور طول مسیر عمودی جت آب)÷

در رابطه ۵، دبی آب در لوله بر حسب لیتر در ثانیه، ضریب دبی با استفاده از جدول ۲ به دست می‌آید، سطح مقطع لوله بر حسب سانتی‌متر مربع، مسیر افقی و عمودی جت خروج آب (شکل۳۵) بر حسب سانتی‌متر.

مثال

یک چاه آب به قطر داخلی ۵۰ سانتی‌متر بصورت نیمه پر در حال آبیاری است. ارتفاع آب درون لوله در حدود ۶ سانتی‌متر، فاصله‌ی افقی محل برخورد جت آب به زمین در حدود ۲ متر (۲۰۰ سانتی‌متر) و ارتفاع آب از محل خروجی

لوله تا زمین در حدود ۱/۵ متـر (۱۵۰ سـانتی‌متـر) اسـت، در این حال دبی خروجی آب از چاه را بر حـسب لیتـر بـر ثانیـه حساب کنید.

حل

سطح مقطع لوله :

۴÷ (۳/۱۴ × قطر لوله به‌توان ۲)= سطح مقطع لوله

سانتی متر مربع ۱۹۶۳/۵ = ۴÷ (۳/۱۴× $۵۰^{۲}$) =

برای برآورد ضریب دبی از جدول ۵ استفاده می شود:

چون لوله نیمه پر اسـت، بـا توجـه بـه نـسبت ارتفـاع آب درون لوله به قطر لوله معـادل ۰/۶و نـسبت طـول مـسیر افقـی جت به قطر لوله معادل ۱۰ مقدار ضریب دبی برابر ۱ به دست می آید. در نتیجه دبی لوله بر اساس رابطه ۵ برابر است با :

(سطح مقطع لوله) × (ضریب دبی) × ۰/۰۲۲= دبی

عمودی جت آب)÷ (طول مسیر افقی جت آب)} ×

{(مجذور طول مسیر

(۱۹۶۳/۵) × (۱) × ۰/۰۲۲= دبی

لیتر بر ثانیه ۷۰۵ = {(مجذور ۱۵۰)÷ (۲۰۰)} ×

جدول۵- ضرایب دبی در دو حالت جریان پُر و نیمه پُر لوله بصورت تابعی از مختصات جت خروجی، قطر و عمق آب داخل لوله

جریان آب داخل لوله نیمه پُر است								
نسبت ارتفاع آب به قطر لوله	نسبت طول مسیر افقی جت به قطر داخلی لوله آب							
	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۴	۵	۸
۰/۲	۱/۰۲	۱/۰۱	۱					
۰/۳	۱/۱۱	۱/۰۶	۱/۰۳	۱/۰۲	۱/۰۱	۱		
۰/۴	۱/۱۷	۱/۱	۱/۰۶	۱/۰۳	۱/۰۲	۱/۰۱	۱	
۰/۵	۱/۲۲	۱/۱۳	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۰۳	۱/۰۱	۱/۰۱	۱
۰/۶	۱/۲۶	۱/۱۵	۱/۰۹	۱/۰۵	۱/۰۳	۱/۰۲	۱/۰۱	۱
۰/۷	۱/۳	۱/۱۷	۱/۱	۱/۰۶	۱/۰۴	۱/۰۲	۱/۰۱	۱
۰/۸	۱/۳۳	۱/۱۸	۱/۱۱	۱/۰۷	۱/۰۴	۱/۰۲	۱/۰۱	۱

جریان آب داخل لوله پُر است								
نسبت طول مسیر قائم جت به قطر لوله	نسبت طول مسیر افقی جت به قطر داخلی لوله آب							
	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۴	۵	۸
۰/۵	۱/۴۴	۱/۲۸	۱/۱۸	۱/۱۳	۱/۱	۱/۰۶	۱/۰۳	۱
۱	۱/۳۷	۱/۲۴	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۹	۱/۰۶	۱/۰۳	۱
۲		۱/۱	۱/۰۹	۱/۰۸	۱/۰۷	۱/۰۵	۱/۰۳	۱
۳			۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۴	۱/۰۳	۱
۴			۱/۰۱	۱/۰۱	۱/۰۲	۱/۰۳	۱/۰۲	۱
۵			۰/۹۷	۰/۹۹	۱	۱/۰۱	۱/۰۱	۱

٤-٣-٦- استفاده از وسایل پیش‌ساخته برای اندازه‌گیری آب

۱- سرریز

سرریز عبارتست از یک وسیله ساده که در جهت عمود بر جریان آب داخل کانال قرار می‌گیرد و دارای یک مقطع بازشده هستند که جریان آب از این مقطع عبور می کند (شکل ۳۵). اجزای اصلی سرریز شامل (کیانی، ۱۳۹۰):

- بدنه : که ممکن است از سیمان،فلز یا چوب درست شده باشد
- تاج : که همان مقطع باز شده سرریز می باشد
- مقیاس اندازه‌گیری سطح آب. محل استقرار مقیاس در حدود ۳ تا ۴ برابر ارتفاع آب بالای سرریز و در قسمت بالادست سرریز است.

سرریزها بر اساس ضخامت تاج، شرایط عبور جریان آب از روی آن، شکل، فشردگی یا عدم فشردگی به انواع مختلفی تقسیم می شوند.

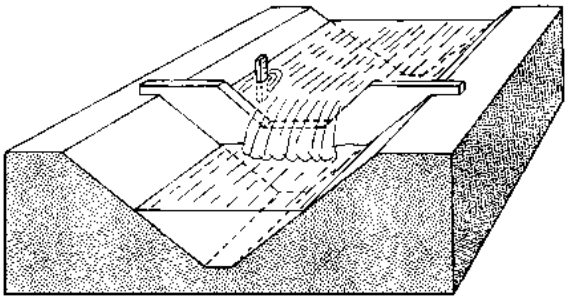
- از نظر ضخامت تاج : سرریزها به دو گروه لبه تیز و لبه پهن تقسیم می شوند. سرریزهای لبه تیز به سرریزهایی گفته می‌شود که ضخامت تاج آنها در محل عبور آب از ۲ میلی‌متر کمتر باشد و درغیر این صورت آنها را لبه پهن می‌نامند.

▪ از نظر عبور جریان آب : دو نوع سرریز با جریان مستغرق و جریان آزاد وجود دارد. درصورتیکه سطح آب در پایاب سرریز آنقدر پایین باشد که آب آزادانه در اتمسفر تخلیه شود و سطح آب در پایین دست هیچ اثری روی سطح آب در بالادست نگذارد را جریان آزاد نامند. درصورتیکه سطح آب درپایین دست آنقدر بالا باشد که جریان عبوری از روی تاج سرریز در اتمسفر تخلیه نشده و همچنین سطح آب در پایاب روی سطح آب در بالادست به دلیل برگشت جریان آب به عقب تأثیر بگذارد دراین شرایط جریان مستغرق حاکم است. شرایط مطلوب برای اندازه‌گیری دبی درسرریزها جریان آزاد است.

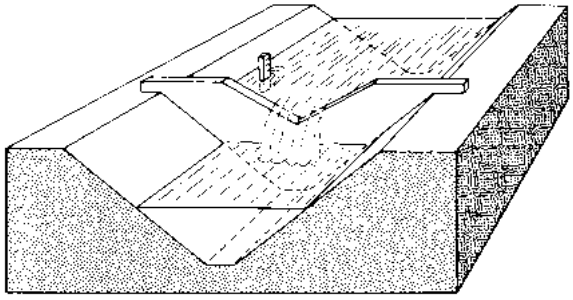
▪ از نظر فشردگی : هرگاه بین مقطع باز شده سرریز و دیواره ها و کف کانال فاصله وجود داشته باشد آنرا سرریز فشرده و درصورتیکه بین مقطع باز شده سرریز و دیواره ها و کف کانال فاصله‌ای وجود نداشته باشد آنرا عدم فشرده می نامند.

▪ از نظر شکل : سرریزها بر اساس شکل مقطع باز شده به انواع مستطیلی، مثلثی، ذوزنقه‌ای و دایره‌ای شکل تقسیم می‌شوند(شکل ۳۶).

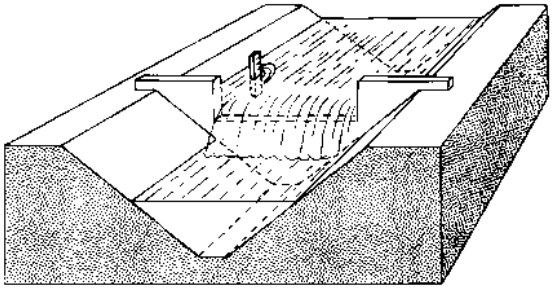
الف



ب



ث

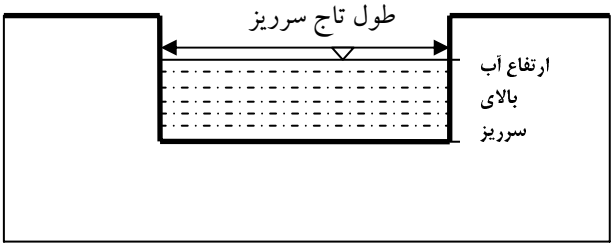


شکل۳۶- نمایی از چند نوع سرریز الف) ذوزنقه‌ای، ب) مثلثی و ث) مستطیلی

اندازه‌گیری دبی در سرریزها

برای محاسبه دبی در سرریزها، سعی شده است که روابط بصورت شکل‌هایی ارایه شوند تا بسادگی قابل استفاده باشند.

- سرریز مستطیلی با فشردگی (شکل۳۷)



شکل۳۷- نمایی از سرریز مستطیلی با فشردگی

(۶)

دبی(لیتر بر ثانیه)= (ارتفاع آب بالای سرریز)$^{1/5}$ × سرریز)

۱۰۰۰×۱/۸۴×(۰/۲۲× ارتفاع آب بالای سرریز – طول تاج

مثال :

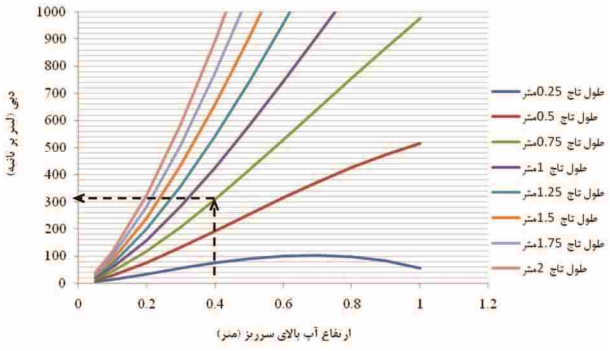
برای اندازه‌گیری مقدار آب در یک کانال آبیاری از یک سرریز مستطیلی با فشردگی استفاده شده است. طول تاج سرریز برابر ۷۵ سانتی‌متر و ارتفاع آب در بالای سرریز با خط‌کش اندازه‌گیری شد و برابر ۴۰ سانتی‌متر بود. دبی آب در کانال چند لیتر بر ثانیه است.

$$\text{دبی} = ۰/۴ \times \{(۰/۷۵) - (۰/۴ \times ۰/۲۲)\}^{۱/۵} \times$$

۳۰۴/۵ لیتر بر ثانیه= ۱۰۰۰×۱/۸۴

حل گرافیکی :

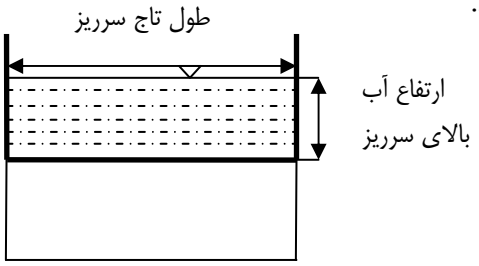
بـه ازای مقـادیر مختلـف طـول تـاج و ارتفـاع آب بالادسـت سرریز مستطیلی با فشردگی، شکل ۳۸ دبی را در مقـاطع مختلـف سرریز بـرآورد مـی‌کنـد. بـرای مثـال بـالا، دبـی سـرریز بـصورت گرافیکـی در شـکل ۴۰ نیـز بـرآورد و نـشان داده شـده اسـت. همانطور که در شکل با فلش نشان داده شده است از محور افقـی در ارتفاع ۴۰ سانت خطی به موازات محور عمودی رسم می‌شـود تا منحنی مربوط به طول تاج ۷۵ سانتی‌متری را قطع کنـد. از نقطـه تلاقی خطی موازی با محور افقی ترسیم می‌شود و در هر نقطـه‌ای کـه محـور عمـودی را قطـع نمـود، مقـدار دبـی سـرریز را نـشان می‌دهد.



شکل۳۸– دبی عبوری از سرریز مستطیلی با فشردگی به صورت تابعی از ارتفاع آب بالای سرریز

- سرریز مستطیلی بدون فشردگی (شکل ۳۹)

دبی این نوع سرریز از رابطه ۷ و محاسبه گرافیکی آن به ازای طول تاج و عمق‌های مختلف آب از شکل ۴۲ برآورد می‌گردد.

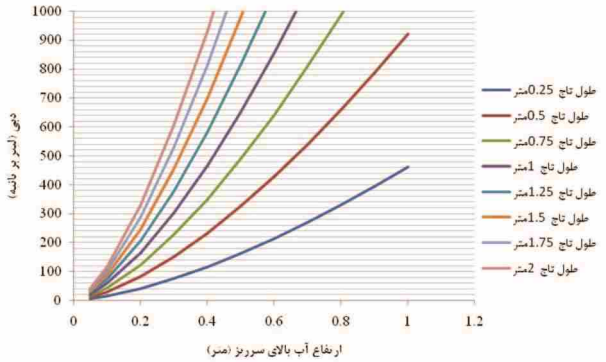


شکل ۳۹- نمایی از سرریز مستطیلی بدون فشردگی

(۷)

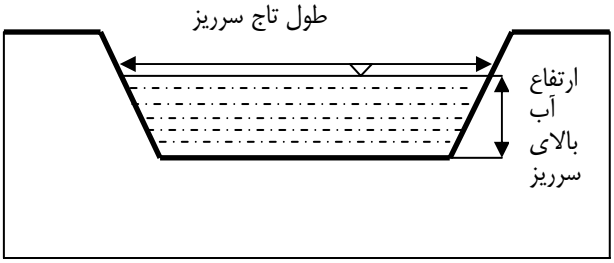
×(ارتفاع آب روی سرریز به توان ۱/۵)= دبی (لیتر بر ثانیه)

۱۰۰۰ × ۱/۸۴ ×(طول تاج سرریز)



شکل ۴۰– دبی عبوری از سرریز مستطیلی بدون فشردگی به صورت تابعی از ارتفاع آب بالای سرریز

▪ سـرریز ذوزنقـه‌ای (شـکل۴۱) در ایـن نـوع سـرریزهـا معمولاً شیب دیواره جانبی سرریز از ۱:۱ تا ۱ : ۴ (۱ عمودی و ۴ افقی) در نوسان است. معادله ۸ دبی سرریز ذوزنقه‌ای را برآورد و شکل ۴۲ هم بصورت گرافیکی دبـی سـرریز را بـه ازای مقادیر مختلـف طـول تـاج و ارتفـاع آب بالادسـت آن محاسبه می‌کند.



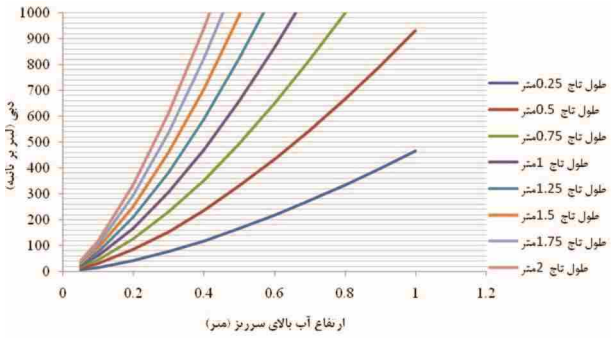
شکل۴۱- نمایی از سرریز ذوزنقه‌ای

(۸)

×(ارتفاع آب روی سرریز به توان ۱/۵) = دبی (لیتر بر ثانیه)

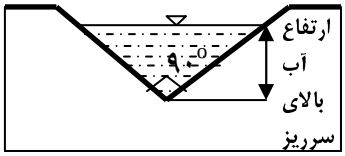
۱۰۰۰ × ۱/۸۶ × (طول تاج سرریز)

پارامترها و واحدها همانند سرریز مستطیلی است.



شکل ۴۲- دبی عبوری از سرریز ذوزنقه‌ای به صورت تابعی از ارتفاع آب بالای سرریز

▪ سرریز مثلثی: در این سرریز مقدار دبی خروجی تابع مقطع باز شده یا همان زاویه سرریز است. شکل‌های ۴۳ و ۴۴ به ترتیب سرریز مثلثی بصورت شماتیک و واقعی نصب شده در مزرعه را نشان می‌دهند. برای محاسبه دبی در این نوع سرریزها با زوایای ۹۰، ۵۳ و ۲۷ درجه به ترتیب از روابط ۹، ۱۰ و ۱۱ و همچنین برای سادگی شکل ۴۵ که دبی را بصورت گرافیکی به ازای مقادیر ارتفاع آب بالای سرریز مشخص می‌کند، نیز ارایه می‌گردد.



شکل۴۵- نمایی از یک سرریز مثلثی با زاویه ۹۰ درجه سانتی‌گراد

- سرریز مثلثی با زاویه ۹۰ در جه سانتی گراد:

(۹)

×(ارتفاع آب روی سرریز به توان ۲/۴۸)=دبی(لیتر بر ثانیه)

۱/۳۴ × ۱۰۰۰

شکل۴۶- نمایی از سرریز مثلثی ۹۰ درجه، نصب شده در مزرعه

- سرریز مثلثی با زاویه ۵۳ در جه سانتی گراد:

(۱۰)

×(ارتفاع آب روی سرریز به توان ۲/۴۸) = دبی(لیتر بر ثانیه)

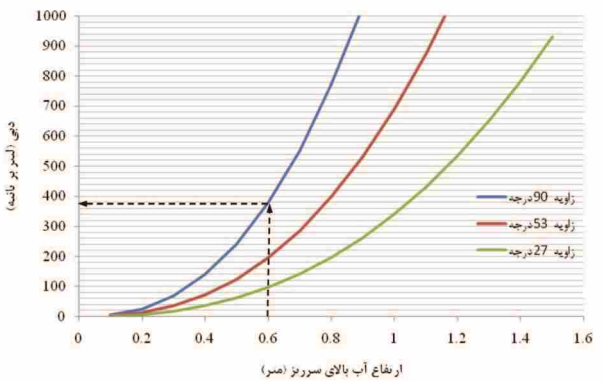
۰/۶۹ × ۱۰۰۰

- سرریز مثلثی با زاویه ۲۷ درجه سانتی گراد:

(۱۱)

× (ارتفاع آب روی سرریز به توان ۲/۴۸)= دبی (لیتر بر ثانیه)

۰/۳۴ × ۱۰۰۰



شکل۴۵ – دبی عبوری از سرریز مثلثی به صورت تابعی از ارتفاع آب روی سرریز و زاویه آن

مثال:

در یک سرریز مثلثی با زاویه بازشدگی ۹۰ درجه درصورتیکه ارتفاع آب در بالادست سرریز برابر ۶۰ سانتی‌متر باشد، دبی عبوری از سرریز را برآورد کنید.

حل با استفاده از رابطه:

لیتر بر ثانیه ۳۷۷/۵ = ۱۰۰۰ × ۱/۳۴ ×($^{۲/۴۸}$ ۰/۶) = ۱۰۰۰ ×

۱/۳۴ ×(ارتفاع آب روی سرریز به توان ۲/۴۸) = دبی (لیتر بر ثانیه)

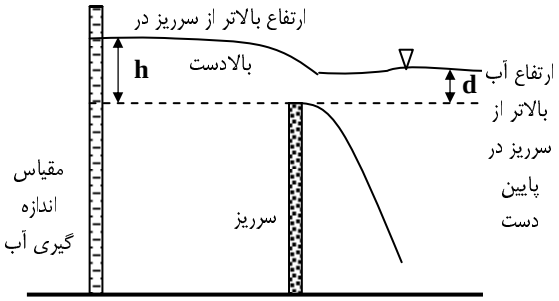
حل گرافیکی:

با استفاده از شکل ۴۵ از محور افقی و مقدار ۶۰ سانتی‌متر برای ارتفاع آب بالای سرریز خطی عمودی ترسیم نموده تا منحنی مربوط به سرریز ۹۰ درجه را قطع کند. از این نقطه خطی به موازات محور افقی ترسیم نموده تا محور

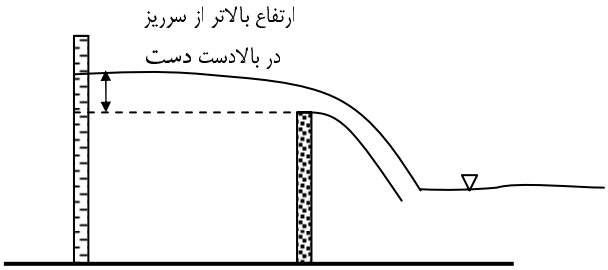
عمودی را قطع نماید محل تقاطع دبی سرریز معادل ۳۷۷/۵ لیتر بر ثانیه به دست می‌آید.

- محاسبه دبی در سرریزهای مثلثی در حالت استغراق:

در حالتی که جریان آب بالای سرریز به صورت مستغرق صورت گیرد (شکل۴۶) به دلیل تاثیر آب پایین دست روی مقدار آب بالادست و عدم ریزش آزاد آب از بالای سرریز، مقدار دبی عبوری از بالای سرریز بسته به درصد استغراق باید تصحیح گردد (جدول۶). نسبت ارتفاع بالاتر از سرریز در پایین دست به ارتفاع آب بالاتر از سرریز در قسمت بالادست، استغراق نامیده می‌شود. جریان آزاد زمانی است که سطح آب در پایین دست پایین‌تر از ارتفاع سرریز قرارگیرد(شکل۴۷) .



شکل۴۶- نمای جانبی از یک سرریز مثلثی با جریان مستغرق (ملاحظه می‌گردد که سطح آب بعد از سرریز بالاتر از ارتفاع سرریز قرار دارد.



شکل۴۷- نمای جانبی از یک سرریز مثلثی در حالت جریان آزاد. ملاحظه می‌گردد که سطح آب بعد از سرریز از ارتفاع سرریز پایین‌تر است و آب آزادانه از روی سرریز ریزش می‌کند.

جدول۶- ضریب تصحیح دبی برای سرریزهای مثلثی در حالت جریان مستغرق بصورت تابعی از نسبت‌های مختلف استغراق

ضریب تصحیح دبی	نسبت استغراق
۱	۰
۱/۰۱	۰/۱
۰/۹۸	۰/۲
۰/۹٤	۰/۳
۰/۹	۰/٤
۰/۸٤	۰/٥
۰/۷۸	۰/٦
۰/۷	۰/۷
۰/٥۹	۰/۸
۰/٤	۰/۹

مثال

به منظور اندازه‌گیری جریان آب در داخل یک کانال آبیاری سرریز مثلثی ۹۰ درجه نصب شده است. جریان آب طوری است که سطح آب بعد از سرریز از ارتفاع سرریز بالاتر قرار دارد. اندازه‌گیری‌ها نشان می‌دهد که ارتفاع آب در بالای سرریز در قسمت قبل و بعد از سرریز به ترتیب ۳۰ و ۱۲ سانتی‌متر است. مقدار دبی آب در کانال چند لیتر بر ثانیه است.

حل

اطلاعات مسئله نشان می‌دهد که جریان آب در سرریز مستغرق است. چون ارتفاع آب در قسمت بعد از سرریز بالاتر از ارتفاع خود سرریز قرار دارد. در نتیجه در این حالت باید دبی جریان آزاد را از روابط و مقدار نسبت دبی واقعی به دبی آزاد را از جدول ۶ با توجه به نسبت استغراق به دست آورد.

با توجه به نسبت استغراق، مقدار ضریب تصحیح دبی برابر است با :

نسبت استغراق =(ارتفاع آب بالای سرریز در پایین دست ÷ ارتفاع آب بالای سرریز در بالادست) = ۱۲ ÷ ۳۰ = ۰/۴

با توجه به جدول ۶ ضریب تصحیح دبی برابر است با = ۰/۹

دبی در حالت جریان آزاد برابر است با :

×(ارتفاع آب روی سرریز به توان ۲/۴۸) = دبی (لیتر بر ثانیه)

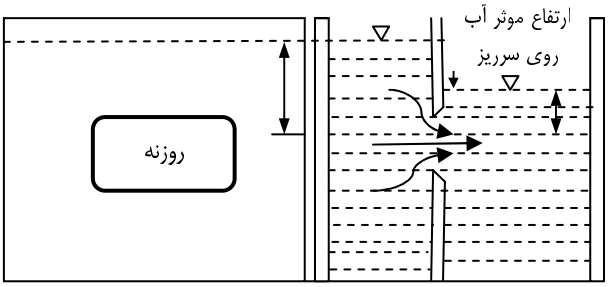
لیتر بر ثانیه ۶۸ = ۱۰۰۰ × ۱/۳۴ ×($۰/۳^{۲/۴۸}$) =۱۰۰۰ × ۱/۳۴

در نتیجه دبی واقعی در حالت استغراق برابر است با :

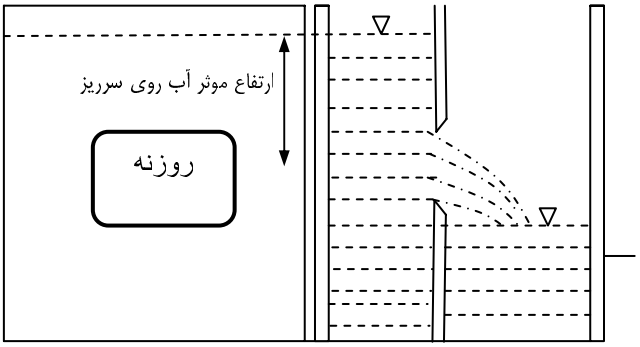
لیتر بر ثانیه ۶۱/۲= ۶۸×۰/۹= دبی واقعی

۲- روزنه

روزنه یک وسیله اندازه‌گیری آب که از جنس فلز، چوب یا سیمان ساخته شده و در داخل کانال یا نهر آبیاری و در جهت عمود جریان آب نصب شده طوریکه تمام آب کانال از داخل روزنه عبور کند. میزان دبی بر اساس قانون سقوط اجسام بیان می‌شود. مقطع عبور آب در روزنه ممکن است مستطیل، مثلث یا دایره باشد. جریان آب در روزنه‌ها نیز ممکن است به دو حالت مستغرق (شکل۴۸) و یا آزاد باشد (شکل۴۹). یک معادله برای محاسبه دبی با استفاده از روزنه ارائه می‌شود ولی باید توجه داشت که مفهوم ارتفاع موثر آب روی روزنه در معادله برای دو حالت جریان آزاد و مستغرق متفاوت است و تفاوت آنها در شکل‌های ۴۸ و ۴۹ ارائه شده است (بی‌نام، ۱۳۶۷). شکل ۵۰ نمایی از یک روزنه نصب شده در مزرعه را نشان می‌دهد.



شکل۴۸- نمایی از یک روزنه مستطیلی مستغرق در دو نمای روبرو (سمت چپ) و جانبی (سمت راست)



شکل۴۹- نمایی از یک روزنه مستطیلی با جریان آزاد در دو نمای روبرو (سمت چپ) و جانبی (سمت راست)

شکل ۵۰- نمایی از روزنه دایره‌ای نصب شده در مزرعه که بصورت آزاد کار می‌کند.

- محاسبه آبدهی در روزنه

برای محاسبه آبدهی در روزنه‌ها با توجه به پارامترهای مشخص شده در شکل‌های ۴۸ و ۴۹ ار روابط زیر برآورد می‌گردد :

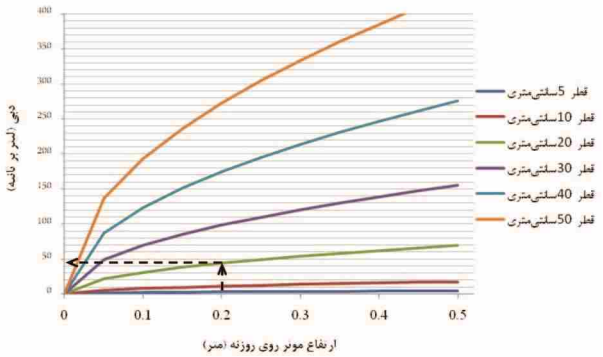
(۱۲)

دبی (لیتر بر ثانیه) = ۰/۷×۱۰۰۰

(سطح مقطع روزنه)× (ارتفاع موثر آب روی روزنه) × ۱۹/۶$^{۰/۵}$

در رابطه بالا سطح مقطع روزنه بر حسب متر مربع، ارتفاع موثر روزنه (شکل‌های ۴۸ و ۴۹) بر حسب متر هستند.

شکل ۵۱ رابطه ۱۷ را بصورت گرافیکی ترسیم نموده که می‌توان به ازای قطرهای مختلف روزنه و ارتفاع موثر آب در بالادست آن، دبی روزنه را بسادگی محاسبه نمود.



شکل ۵۱– دبی عبوری از روزنه به صورت تابعی از ارتفاع موثر آب روی روزنه و قطرهای مختلف

مثال

برای اندازه‌گیری دبی آب در داخل یک نهر، روزنه‌ای با مقطع دایره به قطر ۲۰ سانتی‌متر نصب شده است. سطح آب در پایین‌دست روزنه بالاتر از مقطع باز شده روزنه قرار گرفته است (جریان مستغرق). ارتفاع آب قبل از ورود به روزنه از مرکز روزنه ۵۰ سانتی‌متر و ارتفاع آب بعد از روزنه از مرکز روزنه ۳۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. در صورتیکه ضریب دبی روزنه برابر ۰/۶۵ باشد، میزان دبی آب در نهر چند لیتر بر ثانیه است.

حل با فرمول

مساحت لوله دایره ای = ((۰/۲)^{۲} ×۳/۱۴) ÷۴= ۰/۰۳۱ متر مربع

ارتفاع موثر آب روی روزنه = ۰/۲ متر

با توجه به رابطه ۱۲ :

۰/۷×۱۰۰۰= دبی (لیتر بر ثانیه)

لیتر بر ثانیه ۴۰/۴= $^{۰/۵}\{(۰/۲×۱۹/۶)\}×(۰/۰۳۱)×$

حل گرافیکی

با توجه به شکل ۵۱ و ارتفاع موثر در حالت استغراق برابر ۲۰ سانتی‌متر (تفاوت ارتفاع اب در بالادست و پایین دست روزنه) و قطر روزنه، از محل ۲۰ سانتی‌متر روی محور افقی خطی به موازات محور عمودی خطی رسم می‌شود تا منحنی مربوط به قطر روزنه ۲۰ سانتی‌متری را در نقطه‌ای قطع کند از این نقطه خطی به موازات محور افقی ترسیم می شود محل تلاقی با محور عمودی همان مقدار دبی این روزنه به دست می‌آید.

۳- سیفون

سیفون وسیله‌ای است هم برای انتقال آب از نهر به شیارهای آبیاری و هم قابلیت اندازه‌گیری آب را دارد. یک وسیله لوله‌ای خمیده و یا مستقیم به قطرهای مختلف که یک سر آن داخل آب قرار داشته و بدون اینکه کانال آبگیری فرسایش شود آب را به داخل مزرعه منتقل می‌کند (شکل۵۲).

شکل۵۲- نمایی از سیفون‌ها در حال آبگیری از کانال و انتقال آب به داخل مزرعه

در حالتیکه سیفون بصورت مستقیم اما از زیر کانال آب را از کانال اصلی به مزرعه منتقل کند آنرا اسپایل می‌نامند (شکل۵۳). در هر حال دو عامل اصلی برای انتقال آب توسط سیفون یکی اختلاف ارتفاع سطح آب در کانال اصلی و در داخل شیارهای مزرعه و دیگری پُرعمل کردن سیفون است. سیفون یا اسپایل در دو شرایط جریان آزاد و مستغرق کار می‌کنند. در جریان آزاد آب خروجی از سیفون یا اسپایل به فضای اتمسفر تخلیه می‌شود (شکل‌های ۵۴ و ۵۵) ولی در حالت جریات مستغرق آب خروجی از سیفون و یا اسپایل به درون آب در قسمت خروجی آن می‌ریزد (شکل‌های ۵۶ و ۵۷).

شکل۵۳- نمایی از نحوه آبگیری اسپایل برای انتقال آب و آبیاری مزارع

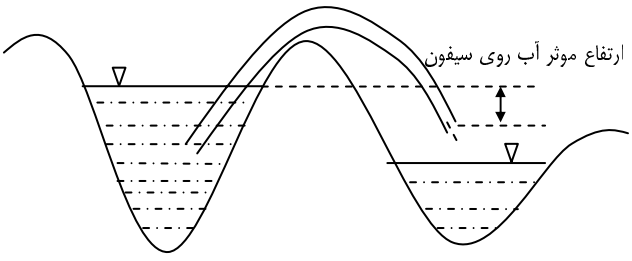
برای اندازه‌گیری جریان آب بوسیله سیفون از رابطه زیر استفاده می‌شود:

(۱۳)

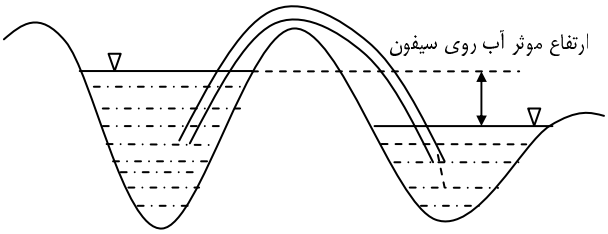
دبی (لیتر بر ثانیه) = {۰/۶ ×(سطح مقطع سیفون)×

{(۱۹۶۰×ارتفاع موثر آب روی روزنه)$^{۰/۵}$} ÷ ۱۰۰۰

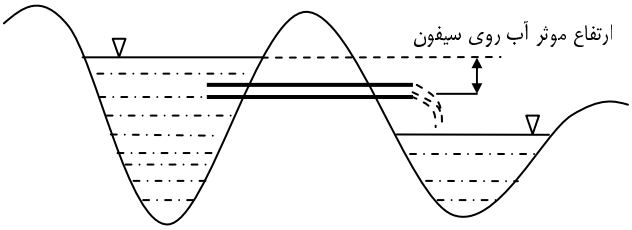
در رابطه ۱۳ سطح مقطع سیفون بر حسب سانتی‌متر مربع ارتفاع موثر آب روی روزنه با توجه به شکل‌های ۵۴ و ۵۵ بر حسب سانتی‌متر هستند.



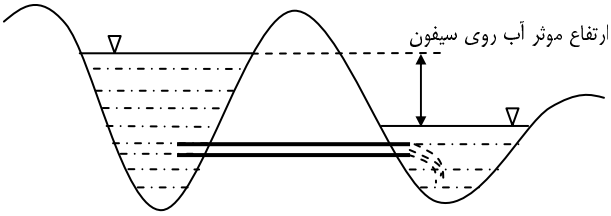
شکل۵۴- نمایی از جریان آزاد در سیفون



شکل۵۵- نمایی از جریان مستغرق در سیفون



شکل۵۶- نمایی از یک اسپایل در شرایط جریان آزاد



شکل۵۷- نمایی از یک اسپایل در حالت جریان مستغرق

مثال

برای انتقال آب از یک نهر به داخل شیارهای آبیاری از نوعی سیفون به قطر ۵ اینچ (۱۲/۸ سانتی‌متر) استفاده شده است. سیفون طوری مستقر شده است که انتهای خروجی آن در درون آب داخل شیار تخلیه می‌شود. اختلاف ارتفاع سطح آب در داخل نهری که آبگیری صورت می‌گیرد و شیار داخل مزرعه در حدود ۵۰ سانتی متر است. در این شرایط دبی سیفون را بر حسب لیتر بر ثانیه حساب کنید. ضریب دبی سیفون ۰/۶ است.

حل با استفاده از فرمول:

سانتی‌متر مربع ۱۲۸/۶ =۴÷ (۳/۱۴× $(۱۲/۸)^{۲}$) = مساحت سیفون

با توجه به رابطه ۱۳ :

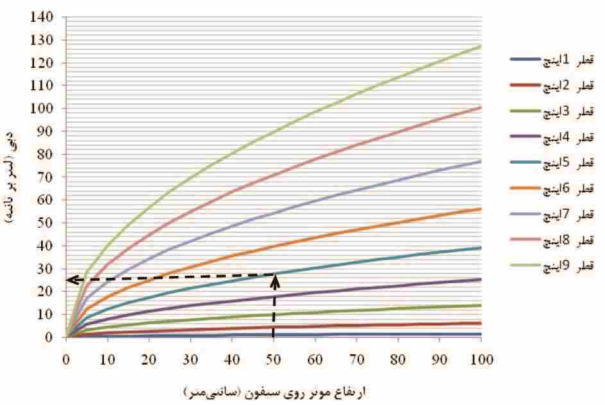
$$\text{دبی سیفون} = \{۰/۶ \times (۱۲۸/۶) \times (۵۰ \times ۱۹۶۰)^{۰/۵}\}$$

لیتر بر ثانیه ۲۴/۲ =۱۰۰۰÷

حل با استفاده از گراف

برای سیفون نیز به ازای قطرهای مختلف و ارتفاع موثر آب روی سیفون (شکل‌های ۵۶ و ۵۷) شکل ۵۸ ارایه شده است. با توجه به مثال بالا در روی محور افقی از ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر خطی عمودی به موازات محور عمودی رسم تا منحنی قطر ۵ اینچ را در نقطه ای قطع کند از این نقطه خطی

که موازات محور افقی رسم می‌شود و خط قائم را در هر نقطه‌ای قطع کند، دبی خروجی از سیفون بر حسب لیتر در ثانیه به دست می‌آید. در این مثال



شکل ۵۸– مقدار دبی عبوری از سیفون به صورت تابعی از ارتفاع موثر روی سیفون در قطرهای مختلف

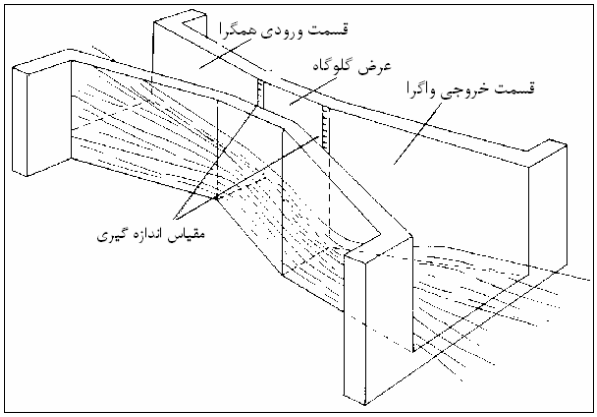
٤- پارشال فلوم

پارشال فلوم نوع دیگری از وسایل اندازه گیری آب است که کاربرد وسیع دارد. از مزایای این وسیله عدم نیاز به لایروبی، حداقل شیب لازم و دقت در اندازه‌گیری در شرایط مستغرق است. پارشال‌فلوم در امتداد کانال‌ها ساخته و یا نصب می‌گردد و از اجزای زیر تشکیل شده است (شکل۵۹):

- قسمت ورودی که بصورت همگرا است و خود شامل دو قسمت است. یک بخش دارای کف شیب‌دار به سمت بالا و بخش دیگر آن دارای کف تراز می‌باشد.

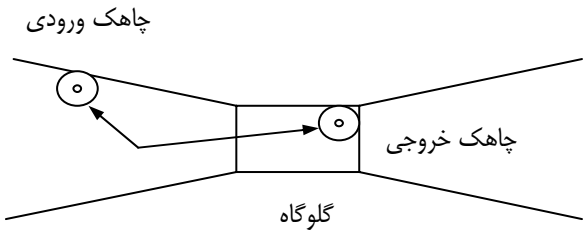
- قسمت گلوگاه دارای دیواره موازی و کف شیب‌دار به سمت پایین است. معمولاً پارشال فلوم‌ها بر اساس عرض گلوگاه شناسایی می‌شوند. پارشال فلوم یک اینچ دارای عرض گلوگاه یک اینچ است. پارشال فلوم‌ها بسته به مقدار جریان آب در کانال از یک اینچ تا بیش از ۸ فوت در نوسان هستند.

- قسمت خروجی با مقطع واگرا و کف شیب‌دار به بالا است.



شکل ۵۹_ نمایی از اجزای یک پارشال فلوم

اندازه‌گیری دبی در پارشال‌فلوم بر اساس قرائت ارتفاع آب در قسمت چاهک ورودی و خروجی صورت می‌گیرد، (شکل ۶۰). درصورتیکه جریان در پارشال‌فلوم آزاد باشد، دبی تابعی است از ارتفاع آب در چاهک ورودی و در صورتیکه جریان عبوری از پارشال‌فلوم مستغرق باشد، علاوه بر قرائت ارتفاع آب در چاهک ورودی ارتفاع آب در چاهک پایین مستقر در قسمت واگرا نیز ضروری است.



شکل ۶۰- نمایی از یک پارشال‌فلوم از بالا و محل‌های اندازه‌گیری آب در چاهک‌ها

معمولاً شکل پارشال‌فلوم به نحوی است که آب بصورت جریان آزاد از آن عبور می‌کند. جریان آزاد جریانی است که سطح آب در انتهای مقطع گلوگاه آن قدر پایین است که تاثیری روی عمق آب در قسمت ورودی گلوگاه نداشته باشد. به عبارت دیگر جریان آب بدون برگشت به عقب بسادگی از داخل پارشال عبور می‌کند. همانطور که گفته شد در این شرایط تنها قرائت ارتفاع آب

در چاهک ورودی برای اندازه‌گیری دبی کفایت می‌کند. در شرایطی که ارتفاع آب در قسمت انتهایی گلوگاه آن قدر بالاست که روی سطح آب در قسمت ورودی گلوگاه تاثیر می‌گذارد. به عبارت دیگر آب آزادانه به سمت پایین حرکت نمی‌نماید بلکه با برگشت به سمت عقب ارتفاع آب در قسمت‌های ورودی را متاثر می‌سازد. در این حالت علاوه بر ارتفاع h_a باید همزمان ارتفاع آب در چاهک دوم را نیز اندازه‌گیری کرد. حد استغراق عبارت است از نسبت ارتفاع آب در چاهک خروجی به ارتفاع آب در چاهک ورودی . برای ایجاد جریان آزاد در انواع پارشال‌فلوم‌ها حد استغراق نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید :

- برای پارشال‌فلوم‌های ۱، ۲ و ۳ اینچ (هر اینچ معادل ۲/۵۴ سانتی‌متر است) ، حد استغراق بزرگتر از ۵۰ درصد است.

- برای پارشال‌فلوم‌های ۶ و ۹ اینچ، حد استغراق بزرگتر از ۶۰ درصد است.

- برای پارشال‌فلوم‌های ۱ تا ۸ فوت (هرفوت معادل ۱۲ اینچ و برابر ۳۰ سانتی‌متر است)، حد استغراق بزرگتر از ۷۰ درصد است.

در شرایطی که حد استغراق بیش از مقادیر بالا در هر گروه از پارشال‌فلوم‌ها باشد، جریان عبوری از پارشال‌فلوم بصورت مستغرق است. باید توجه شود که در این حالت برای تعیین دبی ابتدا دبی جریان آزاد برآورد و سپس باید آن را برای جریان مستغرق اصلاح نمود.

برای اندازه‌گیری دبی در شرایط جریان آزاد با استفاده از پارشال‌فلوم با قرائت ارتفاع آب تنها در قسمت ورودی از رابطه ۱۴ استفاده می‌شود.

(۱۴)

$$\text{ضریب ۱ پارشال} = \text{دبی (لیتر بر ثانیه)} \times \text{ضریب ۲ پارشال}(\text{ارتفاع آب در چاهک ورودی})$$

در رابطه ۱۴ ارتفاع آب در چاهک بر حسب متر است. ضرایب ثابت پارشال فلوم در جدول ۷ ارائه شده‌اند.

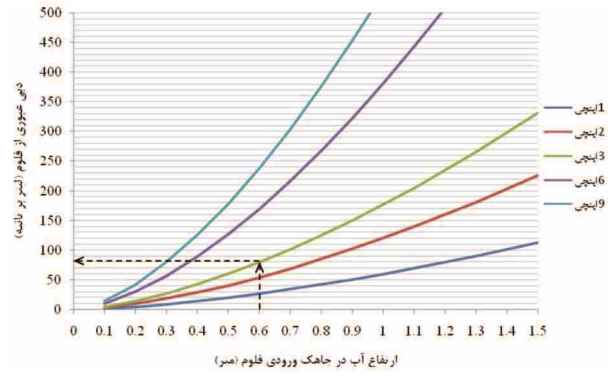
توجه شود که ضرایب ارائه شده در جدول ۷ برای انواع پارشال‌فلوم‌ها در شرایطی است که ارتفاع آب در چاهک ورودی بر حسب متر، و دبی بر حسب لیتر بر ثانیه باشد.

جدول۷- ضرایب انواع پارشال‌فلوم‌های استاندارد برای محاسبه دبی و حد استغراق آنها برای ایجاد جریان آزاد

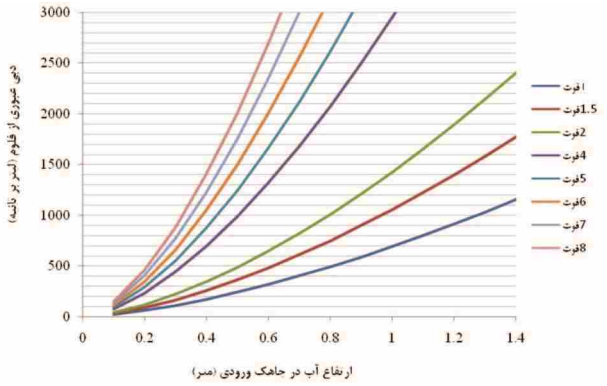
عرض گلوگاه	ضرایب		حد استغراق برای ایجاد جریان آزاد
	ضریب ۱	ضریب ۲	
۱ اینچ	۶۰/۴	۱/۵۵	۰/۵۰
۲ اینچ	۱۲۰/۷	۱/۵۵	۰/۵۰
۳ اینچ	۱۷۷/۱	۱/۵۵	۰/۵۰
۶ اینچ	۳۸۱/۲	۱/۵۸	۰/۶۰
۹ اینچ	۵۳۵/۴	۱/۵۸	۰/۶۰
۱ فوت	۶۹۰/۹	۱/۵۲۲	۰/۷۰
۱/۵ فوت	۱۰۵۶	۱/۵۳۸	۰/۷۰
۲ فوت	۱۴۲۸	۱/۵۵	۰/۷۰
۳ فوت	۲۱۸۴	۱/۵۶۶	۰/۷۰
۴ فوت	۲۹۵۳	۱/۵۷۸	۰/۷۰
۵ فوت	۳۷۳۲	۱/۵۸۷	۰/۷۰
۶ فوت	۴۵۱۹	۱/۵۹۵	۰/۷۰
۷ فوت	۵۳۱۲	۱/۶۰۱	۰/۷۰
۸ فوت	۶۱۱۲	۱/۶۰۷	۰/۷۰

برای ساده‌سازی برآورد دبی در پارشال‌فلوم‌ها، بسته به میزان آب عبوری از کانال‌ها دو گراف ۶۱ و ۶۲ ارایه می‌گردد. برای دبی‌های کم (تا ۵۰۰ لیتر در ثانیه) که از پارشال‌های ۱ تا ۹ اینچی استفاده می‌شود گراف ۶۱ و برای

دبی‌های بالاتر که از پارشال‌های ۱ تا ۸ فوت استفاده می‌شود، گراف ۶۲ قابل کاربرد هستند.



شکل ۶۱– دبی عبوری از پارشال فلوم‌های ۱ تا ۳ اینچی به صورت تابعی از ارتفاع آب در چاهک ورودی



شکل ۶۲– دبی عبوری از پارشال فلوم‌های ۱ تا ۸ فوتی به صورت تابعی از ارتفاع آب در چاهک ورودی

مثال

برای اندازه‌گیری دبی آب در یک نهر آبیاری از یک پارشال‌فلوم سه اینچی استفاده شده است. ارتفاع آب در چاهک ورودی و خروجی به ترتیب برابر ۶۰ و ۲۷ سانتی‌متر است. مقدار دبی عبوری از پارشال‌فلوم چند لیتر بر ثانیه است.

حل با استفاده از فرمول:

سانتی‌متر ۶۰ = ارتفاع آب در چاهک ورودی

سانتی‌متر ۲۷ = ارتفاع آب در چاهک خروجی

۰/۴۵ = ۶۰÷۲۷ = حد استغراق

چون حد استغراق کوچکتر از ۵۰ درصد به دست آمده است، درنتیجه جریان آزاد است.

با توجه به جدول ۷ برای پارشال‌فلوم ۳ اینچ ضرایب ۱ و ۲ پارشال فلوم به ترتیب برابر است با ۱۷۷/۱ و ۱/۵۵ در نتیجه دبی کانال عبارت است از :

لیتر بر ثانیه ۸۰/۲ = $(۰/۶)^{۱/۵۵}$ × ۱۷۷/۱ = دبی

حل با استفاده از گراف:

چون پارشال ۳ اینچ است از گراف ۶۱ استفاده می‌شود. همانطور که از فلش‌های ترسیم شده در گراف نشان می‌دهد ابتدا از محل ارتفاع آب در چاهک ورودی معادل ۶۰

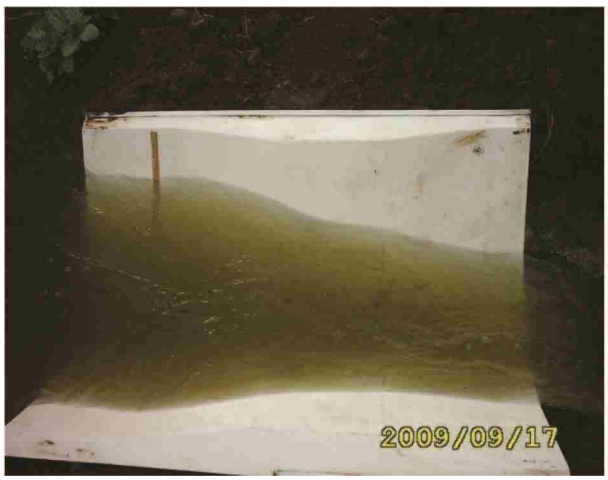
سانتی‌متر روی محور افقی یک خط به موازات محور عمودی ترسیم شده تا منحنی ۳ اینچی را در نقطه‌ای قطع کند. از این نقطه خطی به موازات محور افق رسم نموده تا محور عمودی را که مقادیر دبی پارشال را تعیین میکند، قطع نماید، این نقطه جواب مسئله است که در شکل ۶۱ نشان داده شده است.

در صورتیکه جریان مستغرق باشد همانطور که توضیح داده شد دبی حالت مستغرق با جریان آزاد متفاوت و مقدار آن کمتر از است. از آنجا که عمده جریان در مزارع کشاورزی بصورت آزاد بوده و همچنین به دلیل پیچیدگی مطالب در حالت استغراق برای مروجان و کشاورزان، موارد مربوط به استغراق در این نوشتار حذف شده است.علاقه‌مندان در این زمینه می‌توانند به منابع مربوط (کیانی، ۱۳۹۰) مراجعه نمایند.

۵- فلوم های ذوزنقه ای

شاید یکی از ساده‌ترین و کاربردی‌ترین وسیله اندازه‌گیری آب در سطح مزارع که کانال هندسی مشخصی ندارند و همچنین برای چاه‌های آب و انتقال آب آنها در یک کانال، استفاده از فلوم‌های ذوزنقه‌ای باشد که توسط

موسسه فنی و مهندسی کشاورزی ساخته شده است (شکل ۶۳).



شکل ۶۳- نمایی از پارشال های ذوزنقه ای

پارشال‌های ذوزنقه‌ای دارای پنج تیپ است و بسته به میزان دبی کانالها می توان یکی را انتخاب نمود. تیپ یک برای کانالهای کوچک و تیپ پنج برای کانالهای بزرگ استفاده می‌شوند. برای هر کدام از کانال‌ها کافی است که مطابق شکل ۶۳ فلوم را در داخل کانال طوری که تراز بوده و آب فقط از داخل فلوم عبور کند نصب نموده و تنها با قرائت ارتفاع آب داخل فلوم و با استفاده از روابط زیر دبی قابل محاسبه است.

روابط برآورد دبی کانال با استفاده از فلوم‌های ذوزنقه‌ای(اشرفی و همکاران، ۱۳۷۶) :

(۱۵) دبی فلوم تیپ۱ = ۰/۰۰۳۷ × (ارتفاع آب در فلوم)$^{۲/۶۴۶}$

(۱۶) دبی فلوم تیپ۲ = ۰/۰۰۳۷ × (ارتفاع آب در فلوم)$^{۲/۶۴}$

(۱۷) دبی فلوم تیپ۳ = ۰/۰۰۳۷ × (ارتفاع آب در فلوم)$^{۲/۶۳}$

(۱۸) دبی فلوم تیپ۴ = ۰/۰۲۹۴ × (ارتفاع آب در فلوم)$^{۲/۱۰۲}$

(۱۹) دبی فلوم تیپ۵ = ۰/۰۲۳۲ × (ارتفاع آب در فلوم)$^{۲/۱۹۶}$

در روابط ۱۵ تا ۱۹ دبی فلوم‌ها بر حسب لیتر بر ثانیه و ارتفاع آب در فلوم بر حسب سانتی‌متر است.

مثال

برای انـدازه‌گیـری دبـی آب در یـک مزرعـه، در داخـل کانال آبیاری که آب به سمت مزرعه گندم هدایت می‌شـود، یک پارشال ذوزنقه ای تیپ ۳ نصب شده است. پس از ثابت شدن ارتفاع آب داخل فلوم ارتفاه آب انـدازه گیـری شـد و برابر ۱۰ سانتی متر بود. اگر آب به مدت ۸ سـاعت بـه داخـل مزرعه گندم وارد شود حساب کنید در ایـن مـدت چنـد متـر مکعب آب بکار رفته است.

حل

با توجه به رابطه دبی فلوم تیپ ۳ (رابطه ۱۷)

لیتر بر ثانیه ۱/۵۹= $(۱۰)^{۲/۶۳} \times ۰/۰۰۳۷$ = دبی فلوم تیپ۳

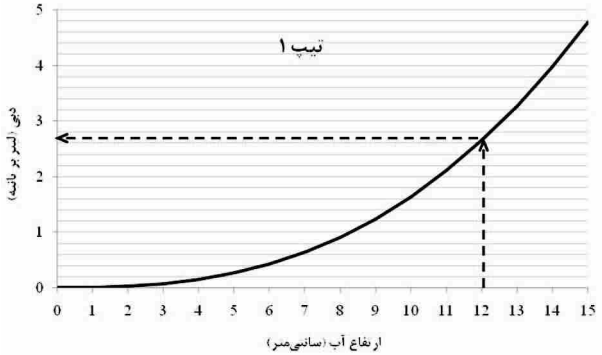
متر مکعب ۴۵/۸ = ۸×۳/۶× ۱/۵۹ = حجم آب

برای ساده‌سازی تعیین دبی با روش فلوم‌های ذوزنقه‌ای و بـه دلیـل کـاربرد آسـان آن در مـزارع کـشاورزی بـر اسـاس روابط ۱۵ الی ۱۹، گراف‌هایی تنظیم شـده اسـت و نتـایج آن برای تیپ‌های ۱ تا ۵ به ترتیب در شکل‌های ۶۴ الی ۶۸ ارایه شده است.

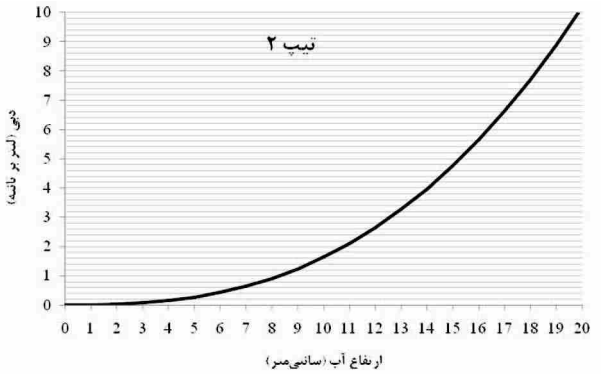
چند مثال گرافیکی:

۱- فلوم ذوزنقه‌ای تیپ ۱ در یک کانال نصب شده است و ارتفاع آب داخل کانـال ۱۲ سـانتی‌متـر انـدازه‌گیـری شـده

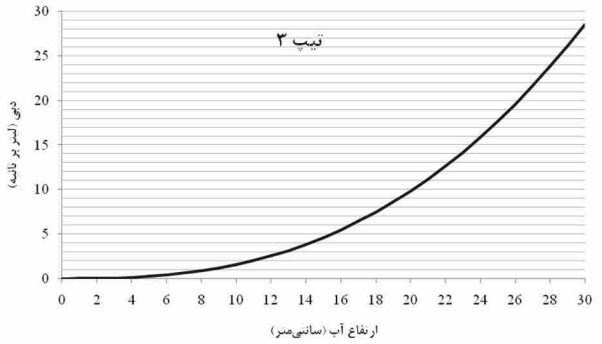
است. با استفاده از شکل ۶۴ ملاحظه می‌گردد که به سادگی آبدهی کانال معادل ۲/۷ لیتر بر ثانیه به دست می‌آید.



شکل ۶۴- آبدهی کانال بصورت تابعی از عمق آب در فلوم ذوزنقه‌ای تیپ ۱

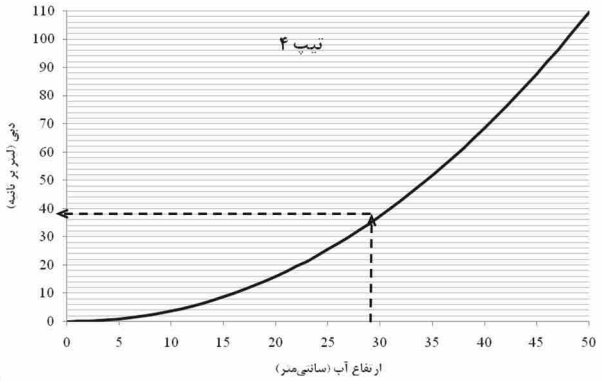


شکل ۶۵- آبدهی کانال بصورت تابعی از عمق آب در فلوم ذوزنقه‌ای تیپ ۲

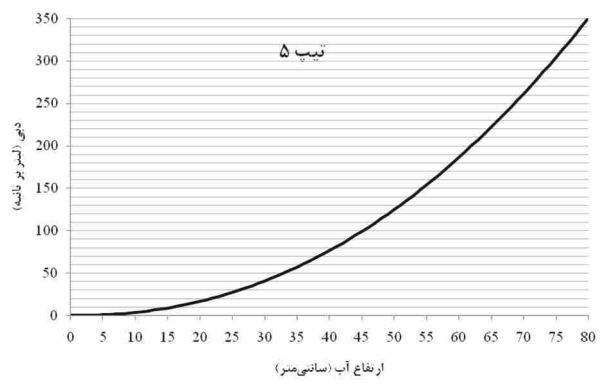


شکل ۶۶- آبدهی کانال بصورت تابعی از عمق آب در فلوم ذوزنقه‌ای تیپ ۳

۲- برای اندازه‌گیری آبدهی کانال با استفاده از فلوم ذوزنقه‌ای تیپ ۴ که در مزرعه نصب شده بود، ارتفاع آب معادل ۳۰ سانتی‌متر قرائت شده است. با استفاده از شکل ۶۷ مقدار آبدهی بسادگی حدود ۳۸ لیتر بر ثانیه به دست می‌آید.



شکل ۶۷- آبدهی کانال بصورت تابعی از عمق آب در فلوم ذوزنقه‌ای تیپ ۴



شکل ۶۸- آبدهی کانال بصورت تابعی از عمق آب در فلوم ذوزنقه‌ای تیپ ۵

منابع :

اشرفی شهرام، حیدری نادر و عباسی فریبرز، ۱۳۷۶. طراحی، ساخت و واسنجی فلوم‌های WSC نشریه شماره ۶۹، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

بی‌نام، وزارت برنامه و بودجه، ۱۳۶۷. ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی، اندازه‌گیری جریان آب. نشریه شماره ۱۰۶.

کیانی علیرضا، ۱۳۹۰. آبیاری، مبانی و روش‌ها. نشر علم کشاورزی ایران، ۲۸۶ صفحه.