

دستورالعمل آماربرداری از منابع آب- وسایل و روش‌های اندازه‌گیری

نشریه شماره ۳۳۰

وزارت نیرو

سازمان مدیریت منابع آب ایران

دفتر استانداردها و معیارهای فنی

<http://www.wrm.or.ir/standard>

معاونت امور فنی

دفتر امور فنی، تدوین معیارها

و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله

<http://tec.mporg.ir/>

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

دستورالعمل آماربرداری از منابع آب وسایل و روش‌های اندازه‌گیری

نشریه شماره ۳۳۰

وزارت نیرو
شرکت مدیریت منابع آب ایران
دفتر استانداردها و معیارهای فنی

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

فهرست برگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
دستورالعمل آماربرداری از منابع آب، وسایل و روشهای اندازه‌گیری / معاونت امور
فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ وزارت نیرو، شرکت مدیریت
منابع آب ایران، دفتر استانداردها و معیارهای فنی. - تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور،
معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۴.
VI ، ۷۸ ص: مصور. - (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر امور فنی، تدوین معیارها و
کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۳۳۰) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛
۸۴/۰۰/۱۲۰)

ISBN 964-425-699-9

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۱۳۹۴۰۶ مورخ ۱۳۸۴/۸/۱۱

کتابنامه: ص. ۷۸

۱. رودها - اندازه‌گیری - دستنامه‌ها. ۲. آب - کیفیت - اندازه‌گیری - دستنامه‌ها. ۳. آب‌شناسی
- ایران - روشهای آماری. الف. شرکت مدیریت منابع آب ایران. دفتر استانداردها و معیارهای فنی.
ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۴ ش. ۳۳۰ / ۲۴ س / ۳۶۸ TA

ISBN 964-425-699-9

شابک ۹۶۴-۴۲۵ - ۶۹۹-۹

دستورالعمل آماربرداری از منابع آب، وسایل و روشهای اندازه‌گیری

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

چاپ اول، ۲۰۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۴

لیتوگرافی: صبا

چاپ و صحافی: الجواد

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
رئیس سازمان

شماره : ۱۰۱/۱۳۹۴۰۶	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۳۸۴/۸/۱۱	
موضوع : دستورالعمل آماربرداری از منابع آب	
به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی ، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت/۱۴۸۹۸ هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) به پیوست نشریه شماره ۳۳۰ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان ، با عنوان «دستورالعمل آماربرداری از منابع آب» از نوع گروه سوم ، ابلاغ می‌گردد . دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور ، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روش‌ها ، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند ، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست . عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها ، روش‌ها و یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان ، ارسال دارند . فرهاد رهبر معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان 	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی :

دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این دستورالعمل نموده و آنرا برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.
 - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
 - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، خیابان شیخ بهائی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، شماره ۲۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله
صندوق پستی ۴۵۴۸۱-۱۹۹۱۷
<http://tec.mporg.ir>

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان‌سنجی)، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرح‌های عمرانی به لحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تأکید جدی قرار داده است.

باتوجه به مراتب یاد شده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای صنعت آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است. استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین شده است :

- استفاده از تخصص‌ها و تجربه‌های کارشناسان و صاحب‌نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
 - استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
 - بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمان‌ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
 - پرهیز از دوباره‌کاری‌ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
 - توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استانداردها و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات تهیه‌کننده استاندارد
- ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

تابستان ۱۳۸۴

ترکیب اعضای کمیته

این دستورالعمل با مشارکت اعضای کمیته فنی شماره ۱۲ (گروه آماربرداری از منابع آب) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه شده که اسامی ایشان به شرح زیر است:

کارشناس مهندسی آبهای زیرزمینی	آقای محمود راشد
کارشناس ارشد مهندسی تأسیسات آبیاری	آقای فراز رابعی غلامی
کارشناس ارشد هیدروژئولوژی	آقای احمد رجایی
کارشناس مهندسی آبهای زیرزمینی	آقای سیامک قوامی
کارشناس ارشد زمین‌شناسی و آبهای زیرزمینی	آقای پرویز قوامی
کارشناس مهندسی آبهای سطحی	آقای باقر مصلحی
کارشناس مهندسی آبیاری و آبهای سطحی	آقای مظفر میرباقری
کارشناس زمین‌شناسی و آبهای زیرزمینی	آقای شهریار هخامنشی

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	۱- هدف
۲	۲- دامنه کاربرد
۲	۳- ایستگاه آب‌سنجی و انواع آن
۲	۳-۱ ایستگاه آب‌سنجی درجه یک
۲	۳-۲ ایستگاه آب‌سنجی درجه دو
۳	۳-۳ ایستگاه آب‌سنجی درجه سه
۳	۳-۴ ایستگاه آب‌سنجی درجه چهار
۳	۴- ضوابط تأسیس ایستگاه آب‌سنجی
۴	۵- ارتفاع سطح آب
۴	۵-۱ اندازه‌گیری ارتفاع در منابع آب سطحی
۴	۵-۱-۱ وسایل و تجهیزات اندازه‌گیری
۴	۵-۱-۲ روشهای اندازه‌گیری
۵	۵-۱-۳ ثبت نتایج اندازه‌گیری
۵	۵-۱-۳-۱ شیوه تکمیل برگ شناسایی ایستگاه آب‌سنجی (هیدرومتری)
۱۳	۵-۱-۳-۲ شیوه تکمیل برگ قرائت روزانه اشل
۱۶	۵-۱-۳-۳ شیوه تکمیل برگ گزارش سیلاب
۱۷	۵-۲ اندازه‌گیری ارتفاع مطلق (تراز) سطح آب زیرزمینی
۱۸	۵-۲-۱ تجهیزات ساختاری و اندازه‌گیری
۱۹	۵-۲-۱-۱ تجهیزات ساختاری
۲۰	۵-۲-۱-۲ تجهیزات اندازه‌گیری
۲۱	۵-۲-۲ روشهای اندازه‌گیری
۲۱	۵-۲-۳ ثبت نتایج اندازه‌گیری
۲۲	۵-۲-۳-۱ شیوه تکمیل برگ شناسایی چاه مشاهده‌ای
۳۱	۵-۲-۳-۲ شیوه تکمیل برگ اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی چاههای مشاهده‌ای محدوده مطالعاتی یا دشت
۳۵	۵-۲-۳-۳ شیوه تکمیل برگ شناسایی پیزومتر
۳۷	۵-۲-۳-۴ شیوه تکمیل برگ اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتری

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۳۹	۶- اندازه گیری بده
۳۹	۶-۱ روش حجمی
۴۰	۶-۲ روش جسم شناور
۴۱	۶-۳ روش سقوط آزاد آب از لوله ها
۴۱	۶-۳-۱ اندازه گیری در لوله های آبده افقی (روش جت)
۴۳	۶-۳-۲ اندازه گیری در لوله های آبده قائم
۴۴	۶-۴ اندازه گیری بده با استفاده از سرعت سنج (مولینه)
۴۴	۶-۴-۱ ضوابط اندازه گیری بده با سرعت سنج (مولینه)
۴۵	۶-۴-۲ تغییرات سرعت در عرض و عمق رودخانه ها و کانالها
۴۶	۶-۴-۳ عبور از عرض رودخانه
۴۶	۶-۴-۳-۱ عبور از داخل آب
۴۶	۶-۴-۳-۲ عبور از روی پلها
۴۷	۶-۴-۳-۳ عبور با قایق
۴۸	۶-۴-۳-۴ عبور از پوشش یخی
۴۸	۶-۴-۴ اندازه گیری و محاسبه سرعت میانگین
۴۸	۶-۴-۴-۱ روش پنج نقطه ای
۴۸	۶-۴-۴-۲ روش سه نقطه ای
۴۸	۶-۴-۴-۳ روش دو نقطه ای
۴۹	۶-۴-۴-۴ روش یک نقطه ای
۴۹	۶-۴-۵ مراحل اندازه گیری بده با سرعت سنج به روش متداول
۵۳	۶-۴-۵-۱ دستورالعمل تکمیل برگ اندازه گیری بده
۵۸	۶-۴-۵-۲ تصحیحات عمق آب
۵۹	۶-۴-۵-۳ دستورالعمل تکمیل برگ اندازه گیری بده سیلاب
۶۲	۶-۴-۶ روشهای مختلف محاسبه بده
۶۵	۶-۴-۷ نکاتی که باید در اندازه گیری بده رعایت شود
۶۶	۶-۵ اندازه گیری بده به روش ردیابی
۶۷	۶-۵-۱ ویژگیهای ردیاب
۶۷	۶-۵-۲ انواع ردیابها

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۶۷	۳-۵-۶ روشهای اندازه‌گیری با استفاده از ردیاب
۶۹	۶-۶ روشهای نوین اندازه‌گیری بده
۷۲	۷-۶ روشهای برآورد بده رودخانه
۷۴	۷- اندازه‌گیری غلظت مواد رسوبی معلق آب
۷۸	منابع و مراجع

مقدمه

انجام هرگونه طرح در زمینه کارهای آبی، نیازمند آگاهی کافی از ویژگیهای کمی و کیفی منابع آب مورد نظر بوده و در طول تاریخ، هیچ سازه آبی و یا ساماندهی منبع آبی نیست که اساس آن بر دانسته‌های کمی و کیفی استوار نباشد. آثار غفلت و نادیده انگاشتن این مهم، اگر تخریب و نابودی را در پی نداشته باشد، دست کم باعث عدم دستیابی به اهداف موردنظر بوده است. از این رو جامعه بشری که سیر و ادامه زندگی آن برپایه استفاده از آب استوار بوده است، از ابتدا با وضع ضوابط قراردادی مبادرت به تعیین واحدهای اندازه‌گیری زمان جریان و احجام آب کرده که نام واحدهای سنجش برحسب جوامع مختلف و گویش‌های محلی، متفاوت است. در این راستا، در ایران باستان می‌توان از واحدهایی مانند «پیمانه مدت» یا «جان» و «بست» که مدت تخلیه یک پیمانه بوده و «گوی موج» که نظیر شناورهای مسدودکننده جریان در محفظه بسته با حجم معین بوده است و «ساعت آبی» و «جام عدل» و بالاخره «سنگ» و غیره را نام برد که شرح آنها در کتابهای دانشمندان پیشین همچون ابوبکر محمدبن عباس خوارزمی (درگذشت در سال ۳۸۳ هـ. ق) و ابوبکر محمد بن الحسن الحاسب الکرچی (درگذشت در سال ۴۳۱ هـ. ق) به تفصیل بیان شده است.

برنامه‌ریزی، طراحی و بهره‌برداری از منابع آب، نیازمند استفاده از پیشرفته‌ترین و دقیق‌ترین ابزار و روشهای سنجش کمی و کیفی آب است. در این ارتباط، پیش‌بینی و برآورد طغیانها و محافظت اماکن و تأسیسات از سیلاب و مهم‌تر از همه، تعیین ابعاد و درجه ایمنی سازه‌های آبی، حائز کمال اهمیت است.

به‌طور کلی، منابع آب سطحی شامل رودخانه‌ها و در درجه بعدی نهرها، کانالها، زهکشها و دریاچه‌ها بوده و عوامل مورد اندازه‌گیری در این منابع، شامل تراز آب رودخانه و کانالها، سرعت آب، مقاطع رودخانه، غلظت مواد رسوبی و کیفیت شیمیایی آب است. منابع آب زیرزمینی نیز شامل چاه، چشمه و قنات بوده که در آنها تراز آب، بده، دما و فشار آب و همچنین کیفیت شیمیایی آب، اندازه‌گیری می‌شود.

تعیین بده جریان با اندازه‌گیری و محاسبه عوامل هیدرولیکی مانند سطح تراز، عمق، سطح مقطع عمود بر جریان، سرعت و فشار آب و شیب بستر ممکن می‌شود. محاسبات مربوط به مقدار آبدی در کشورهای مختلف، براساس واحدهای مختلفی صورت گرفته و در این نشریه سعی شده است تا از سیستم متریک استفاده گردد.

توجه: علامت * در متن این استاندارد، نمایانگر مواردی است که انجام آنها غیرالزامی (یا اختیاری) است.

۱- هدف

هدف از تهیه این دستورالعمل، ارائه بعضی از روشهای مربوط به اندازه‌گیری و محاسبه سرعت و بده جریان آب در مجاری روباز (رودخانه و نهر) و همچنین لوله‌های آبدی می‌باشد. علاوه بر آن به‌منظور درج کلیه اطلاعات مورد نیاز بخشهای مختلف مرتبط با مطالعات منابع آب و یکسان‌سازی اقلام اطلاعات در آماربرداری از منابع آب، اقدام به استاندارد نمودن برگهای شناسایی ایستگاه آب‌سنجی، چاه مشاهده‌ای و پیزومتر شده است. افزون بر این، برگهای قرائت روزانه اشل، گزارش سیلاب، اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی چاه مشاهده‌ای، اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتری، اندازه‌گیری بده جریان سطحی و اندازه‌گیری بده سیلاب و چگونگی تکمیل آنها ارائه شده است.

۲- دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این دستورالعمل، اندازه‌گیری و محاسبه سرعت و بده جریان در رودخانه‌ها، نهرها و لوله‌های آبدی از قبیل لوله‌های چاههای پمپاژ می‌باشد. همچنین برگهای شناسایی و اندازه‌گیری ارائه شده در این دستورالعمل قابلیت کاربرد و استفاده توسط کلیه شرکتهای آب منطقه‌ای و سایر مراکز ذیربط در سطح کل کشور را دارد.

* ۳- ایستگاه آب‌سنجی^۱ و انواع آن

ایستگاه آب‌سنجی به محلی از رودخانه یا نهر گفته می‌شود که در آن نقطه، تجهیزات خاصی برای اندازه‌گیری عوامل کمی و کیفی آب نصب می‌شود. معمولاً این ایستگاهها بر روی شاخه‌های پرآب و مهم رودخانه‌ها از نظر کمی و کیفی، شاخه اصلی رودخانه‌ها در محل ورود به دشتها و خروج از آنها، در سراب و پایاب تأسیسات آبی، ورود به پایانه‌ها و همچنین نهرهای اصلی تأسیس می‌شوند و برحسب نوع تجهیزات، به چهار گروه به شرح زیر تقسیم می‌شوند:

۱-۳ ایستگاه آب‌سنجی درجه یک

تجهیزات این ایستگاه، شامل اشل^۲، دستگاه ثبات ارتفاع سطح آب^۳ و پل کابلی^۴ است. این نوع ایستگاه بیشتر در رودخانه‌های پر آب و دائمی احداث می‌شود.

۲-۳ ایستگاه آب‌سنجی درجه دو

تجهیزات این ایستگاه شامل اشل، و پل کابلی بوده و در آن اندازه‌گیری سرعت و بده به‌علت وجود سیلاب، اهمیت ویژه‌ای دارد.

1 - Hydrometry station

2 - Scale

3 - Limnograph

4 - Cable way

۳-۳ ایستگاه آب‌سنجی درجه سه

در این نوع ایستگاه، تجهیزات شامل اشل و دستگاه ثبات ارتفاع سطح آب است و اندازه‌گیری سرعت و بده در داخل آب انجام می‌شود.

۴-۳ ایستگاه آب‌سنجی درجه چهار

این ایستگاه، فقط دارای یک اشل بوده و معمولاً از آن برای اندازه‌گیری بده رودخانه‌ها، کانالها و نهرها استفاده می‌شود. در کلیه ایستگاههای مذکور، محل ثابتی^۱ تعیین و با رنگ مشخص می‌شود. با تعیین ارتفاع صفر اشل تا این محل، می‌توان در صورت از بین رفتن ایستگاه در اثر سیلاب و یا ایجاد خسارت، ایستگاه را بار دیگر بازسازی کرد.

۴- ضوابط تأسیس ایستگاه آب‌سنجی

در انواع ایستگاههای آب‌سنجی، شرایط نصب تجهیزات و انتخاب محل، اهمیت بسیار زیادی دارد، به‌گونه‌ای که عدم رعایت آن در هنگام تأسیس ایستگاه، موجب کاهش دقت اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین، لازم است در انتخاب محل ایستگاه حتی‌الامکان شرایط زیر رعایت شود:

- مسیر رودخانه در فاصله حدود ۱۰۰ متری بالادست و پایین‌دست محل ایستگاه، مستقیم بوده و شیب رودخانه در این فاصله یکنواخت باشد، به‌گونه‌ای که سرعت آب در مقطع ایستگاه، از 0.2 m/s کمتر نشود و از 2.5 m/s فراتر نرود.
- بستر و کناره‌های رودخانه پایدار و مقطع آن تقریباً ثابت و یکنواخت و فاقد ناهمواریهای نامتعارف مانند درخت، درختچه، گیاهان آبی و تخته سنگ بوده و دیواره‌ها تا حد امکان برای عبور سیلاب، به اندازه کافی بلند باشند.
- محل نصب اشل در کنار رودخانه، به‌گونه‌ای باشد که در تمام فصلها و مواقع پرآبی و کم‌آبی، قادر به نمایش ارتفاع سطح آب باشد.
- مقطع رودخانه در محل ایستگاه به شکلی باشد که تغییرات اشل نسبت به بده، دقیق و حساس بوده و به‌ازای تغییرات کم بده، تغییرات ارتفاع سطح آب به اندازه کافی بزرگ و قابل رویت باشد (مقطع کم‌عرض و دیواره با شیب تند)
- ایستگاه اندازه‌گیری باید در محلی انتخاب شود که به دور از تأثیراتی مانند برگشت و یا فرونشست آب ناشی از وجود تأسیسات، تقاطع شاخه‌های رودخانه و یا کشند دریا باشد.
- دسترسی به ایستگاه، آسان باشد.
- چون ممکن است اشل پس از مدتی تحت تأثیر سیلاب و یا در گذشت زمان تخریب شود، به منظور ایجاد ارتباط بین درجه‌های دو اشل جدید و قدیم، تعیین نقطه‌ای ثابت خارج از تأثیر جریانهای سیلابی به‌عنوان نقطه نشانه، ضروری است.

۵- ارتفاع سطح آب

منظور از ارتفاع سطح آب در منابع آب سطحی (رودخانه، دریاچه، مخازن و ...) و در منابع آب زیرزمینی (چاه و مادرچاه قنات)، ارتفاع یا عمق سطح آب نسبت به یک سطح مبنا است. در صورتی که مبنا سطح دریای آزاد باشد، ارتفاع سطح آب نسبت به آن را تراز^۱ یا ارتفاع مطلق سطح آب می‌نامند.

در مورد جریانهای سطحی، سطح مبنا درجه صفر اشل ایستگاههای آب‌سنجی است و در مورد سطح آب زیرزمینی و سطح مخازن آب، ارتفاع مطلق اندازه‌گیری می‌شود.

۱-۵ اندازه‌گیری ارتفاع در منابع آب سطحی

هدف از اندازه‌گیری ارتفاع آب در منابع آب سطحی، استفاده از آن در محاسبه بده و حجم جریانها به منظور شناخت پتانسیل آنها و نیز آگاهی از تغییرات سطح آب دریاها و دریاچه‌ها، و تغییرات حجم مخازن آب در طول زمان است.

* ۱-۱-۵ وسایل و تجهیزات اندازه‌گیری

به طور کلی، وسایل اندازه‌گیری سطح آب به دو دسته غیرثبات و ثبات تقسیم می‌شود:

- از وسایل متداول غیرثبات که از آن استفاده گسترده‌ای می‌شود، خط‌کش یا اشل اندازه‌گیری سطح آب است که معمولاً از آهن لعاب‌دار، چوب یا فایبرگلاس ساخته می‌شود و طول آن در ایستگاهها، متناسب با تغییرات سطح آب تعیین می‌شود.
- وسایل اندازه‌گیری ثبات دستگاههایی هستند که به طور خودکار و پیوسته، تغییرات سطح آب منابع آبی را ثبت می‌کنند و برحسب چگونگی ثبت، به دو نوع مکانیکی و الکترونیکی تقسیم می‌شوند:
- در دستگاههای مکانیکی، تغییرات سطح آب توسط قلم بر روی کاغذ مدرجی که بدین منظور بر روی استوانه دوار نصب شده، ثبت می‌شود.
- در دستگاههای الکترونیکی^۲، تغییرات سطح آب توسط سنجنده^۳ به صورت عددی^۴ ذخیره شده، سپس اطلاعات به دست آمده با استفاده از رایانه، استخراج می‌شود. از مزایای این دستگاهها، ثبت اطلاعات در فواصل زمانی کوتاه و دلخواه است.

۲-۱-۵ روشهای اندازه‌گیری

اندازه‌گیری توسط دستگاههای غیرثبات به وسیله متصدی ایستگاه انجام می‌شود که در مواقع جریانهای عادی و غیرسیلابی، روزانه در دو نوبت در ساعتهای ۸ و ۱۶ و در مواقع سیلابی، به صورت ساعتی اندازه‌گیری می‌شود. لازم است متصدی ایستگاه برای دقت در اندازه‌گیری، حتی‌الامکان در مکانی قرار گیرد که شعاع دید، عمود بر درجه اشل و مماس بر سطح آب باشد.

1 - Elevation
2 - Data logger
3 - Sensor
4 - Digital

در صورتی که سیلاب در زمانی اتفاق افتد که امکان قرائت نباشد، لازم است متصدی و مسئول مربوط در پایان سیلاب، بیشینه ارتفاع سیل (داغ آب) را در سواحل رودخانه به دقت مشخص کرده و آن را میخ کوبی و علامت گذاری نماید. متصدی پس از هر قرائت لازم است ارقام اندازه گیری را در فرمهای تنظیم شده برای مواقع عادی (دو نوبت در روز) و گزارش سیلاب وارد کند.

متصدی موظف است همیشه پای اشل را تمیز نگه دارد، به گونه ای که افزایش یا کاهش سطح آب، فقط در اثر کم یا زیاد شدن میزان آب رودخانه باشد.

۵-۱-۳ ثبت نتایج اندازه گیری

نتایج اندازه گیری سطح آب در برگهای قرائت روزانه اشل و گزارش سیل ثبت می شود. اما لازم است از پیش مشخصات، موقعیت و ادوات نصب شده که معرف شناسایی هر ایستگاه است، توسط کاربر مسئول براساس برگ شناسایی ایستگاه آب سنجی تکمیل و در اول دفترچه قرائت روزانه قرار گیرد. شیوه تکمیل برگ شناسایی ایستگاه آب سنجی (فرم شماره ۱) و برگ قرائت روزانه اشل (فرم شماره ۲) و برگ گزارش سیلاب (فرم شماره ۳) در ادامه ارائه می شود.

۵-۱-۳-۱ شیوه تکمیل برگ شناسایی ایستگاه آب سنجی (هیدرومتری)

سازمان یا شرکت آب منطقه ای

نام سازمان یا شرکت آب منطقه ای که ایستگاه در محدوده فعالیت آن واقع شده است، در این محل نوشته می شود.
اطلاعات برگ شناسایی ایستگاه آب سنجی (هیدرومتری) به قرار زیر است:

۱- نام رودخانه

نام رودخانه ای که ایستگاه بر روی آن احداث شده و در محل به آن نام شناخته می شود، در این ردیف نوشته می شود.

۲- نام ایستگاه

در این ردیف، نامی که ایستگاه به آن نام شناخته شده و معمولاً برگرفته از نام نزدیک ترین آبادی است، نوشته می شود.

برگ شناسایی ایستگاه آب سنجی (هیدرومتری)

کد فرم (۰۱-۲۴۲ - الف)

۱- نام رودخانه :	۲۱- وسایل موجود در ایستگاه :
۲- نام ایستگاه :	مولینه ☐ نام کارخانه سازنده
۳- کد ایستگاه :	نمونه بردار رسوب : دستی ☐ وزنی ☐
۴- نام حوضه آبریز :	جرثقیل ☐ قایق ☐
۵- کد حوضه آبریز :	۲۲- وضعیت استخدامی متصدی :
۶- سطح حوضه آبریز (کیلومتر مربع) :	تمام وقت ☐ پاره وقت ☐
۷- تاریخ تأسیس :	۲۳- فاصله محل اقامت متصدی تا ایستگاه (متر) :
۸- مختصات جغرافیایی : طول عرض	۲۴- مأموران اندازه‌گیری : متصدی ☐ تکنیسین ☐
۹- ارتفاع از سطح دریا (متر) :	۲۵- کروکی :
۱۰- استان :	
۱۱- شهرستان :	
۱۲- بخش :	
۱۳- روستا :	
۱۴- فاصله نزدیک‌ترین آبادی (متر) :	
۱۵- جاده دسترسی : دارد ☐ ندارد ☐	
۱۶- تجهیزات ایستگاه : اشل ☐ دستگاه ثبات سطح آب ☐ دیتالاگر ☐ پل کابلی ☐ نقطه مبنا ☐	
۱۷- ارتفاع صفر اشل نسبت به نقطه مبنا (متر) :	۲۶- ملاحظات :
۱۸- نوع دستگاه ثبات سطح آب : هفتگی ☐ فصلی ☐ سالانه ☐	
۱۹- نام کارخانه سازنده دستگاه ثبات سطح آب :	
۲۰- تأسیسات وابسته : خانه مسکونی ☐ پل ساختمانی ☐ بستر ساخته شده ☐ برق ☐ بی‌سیم ☐ شماره تلفن	
تاریخ تکمیل برگ شناسایی	نام و امضای متصدی
	نام و امضای تکنسین مسئول

۳- کد ایستگاه

در این ردیف کد ایستگاه براساس ضوابط مشخص شده در «دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور» تعیین و نوشته می‌شود. براساس این دستورالعمل کد هر ایستگاه عددی ۹ رقمی است که از چپ به راست به شرح زیر می‌باشد:

- دو رقم اول معرف حوضه آبریز
- رقم سوم و چهارم شماره محدوده مطالعاتی در حوضه آبریز درجه ۲
- رقم پنجم و ششم معرف نوع ایستگاه و تقسیمات فرعی آن بوده که برحسب درجه ایستگاه به شرح زیر است:

درجه ایستگاه کد

- آب‌سنجی درجه یک ۲۱
- آب‌سنجی درجه دو ۲۲
- آب‌سنجی درجه سه ۲۳
- آب‌سنجی درجه چهار ۲۴

- ۳ رقم آخر معرف شماره ردیف ایستگاه بوده که از پایاب^۱ به طرف سراب^۲ و در جهت پادساعتگرد در هریک از محدوده‌های مطالعاتی داده می‌شود.

توضیح اینکه برای مشخص کردن کد ایستگاه، لازم است به بانک اطلاعاتی دفتر مطالعات پایه منابع آب (تماب سابق) مراجعه شود. در صورت نیاز به آشنایی بیشتر با شیوه کدگذاری، به دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور مراجعه شود.

۴- نام حوضه آبریز

نام آخرین واحد تقسیمات آب‌شناختی که ایستگاه در آن واقع شده، براساس دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور در این ردیف نوشته می‌شود.

۵- کد حوضه آبریز

کد واحد آب‌شناختی بالا از جدولهای نشریه مذکور استخراج و در این ردیف نوشته می‌شود.

۶- سطح حوضه آبریز (کیلومتر مربع)

مساحت حوضه آبریز دربرگیرنده رودخانه منتهی به ایستگاه، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و یا با مقیاس بزرگ‌تر از آن، محاسبه و برحسب کیلومتر مربع در مقابل این ردیف نوشته می‌شود.

1 - Down stream

2 - Up stream

۷- تاریخ تأسیس

تاریخ نصب اشل به عنوان تاریخ تأسیس ایستگاه در نظر گرفته شده و برحسب روز، ماه و سال در این ردیف نوشته می‌شود.

۸- مختصات جغرافیایی

با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ یا ۱:۲۵۰۰۰۰ و انتقال محل ایستگاه بر روی آنها و یا با استفاده از GPS، مختصات جغرافیایی استخراج و در این ردیف برحسب درجه و دقیقه نوشته می‌شود.

۹- ارتفاع از سطح دریا (متر)

ارتفاع سطح زمین ایستگاه نسبت به سطح دریای آزاد بر حسب متر، با استفاده از دستگاه ارتفاع‌سنج یا GPS و یا در صورت عدم دسترسی به تجهیزات مذکور، با استفاده از نقشه توپوگرافی، تعیین و در این ردیف نوشته می‌شود.

۱۰ تا ۱۳- استان، شهرستان، بخش و روستا

نام استان، شهرستان، بخش و روستا یا نزدیک‌ترین روستایی که ایستگاه در آن واقع است، در ردیف‌های مربوط نوشته می‌شود.

۱۴- فاصله نزدیک‌ترین آبادی (متر)

فاصله نزدیک‌ترین آبادی (شهر یا روستا) به ایستگاه برحسب متر در این ردیف نوشته می‌شود.

۱۵- جاده دسترسی

در صورتی که دسترسی به ایستگاه با وسیله نقلیه موتوری با جاده مناسب، امکان‌پذیر باشد، در چهارگوش «دارد» علامت‌گذاری می‌شود.

۱۶- تجهیزات ایستگاه

تجهیزات متعارف ایستگاه‌های آب‌شناختی، شامل اشل، دستگاه ثبات سطح آب، دیتالاگر، پل کابلی و نقطه مبنا است که اشل و نقطه مبنا، لازمه وجودی هر ایستگاه بوده و بسته به اهمیت ایستگاه، تجهیزات دیگری مانند پل کابلی، دیتالاگر و دستگاه ثبات سطح آب به آن اضافه می‌شود. در صورت وجود هر یک از این تجهیزات، در چهارگوش مربوط به آن علامت‌گذاری می‌شود.

۱۷- ارتفاع صفر اشل نسبت به نقطه مبنا (متر)

در بدو تأسیس ایستگاه آب سنجی اختلاف ارتفاع، بین صفر اشل و نقطه نشانه توسط دوربین ترازایی شده و با دو رقم اعشار برحسب متر در این ردیف نوشته می‌شود.

۱۸- نوع دستگاه ثبات سطح آب

کاغذ ثبات دستگاه ثبات سطح آب به صورت هفتگی، فصلی یا سالانه تعویض می شود که با توجه به آن، نوع دستگاه ثبات سطح آب مشخص و در چهارگوش مربوطه علامت گذاری می شود.

۱۹- نام کارخانه سازنده

در این ردیف، نام کارخانه سازنده دستگاه ثبات سطح آب نوشته می شود.

۲۰- تأسیسات وابسته

مقصود از تأسیسات وابسته، ایجاد تسهیلات و تمهیدات به منظور افزایش دقت و سهولت اندازه گیری و انتقال سریع اطلاعات است. که مهم ترین آن منزل مسکونی و برق برای اقامت متصدی ایستگاه و پل ساختمانی و بستر ساخته شده و مقطع برای دقت اندازه گیری و بی سیم و تلفن برای ارتباط سریع و مطمئن است که وجود هر یک از این تأسیسات، در محل ایستگاه را مشخص و در چهارگوش علامت گذاری می شود.

۲۱- وسایل موجود در ایستگاه

در ایستگاههایی که منزل مسکونی وجود دارد، معمولاً برای سهولت دسترسی و عدم حمل دائمی، وسایل اندازه گیری شامل مولینه، نمونه بردار رسوب و جرثقیل آنها، در انبار خانه نگهداری می شود. چنانچه هر یک از این وسایل در محل ایستگاه وجود دارد، در چهارگوش مربوط علامت گذاری می شود. در ایستگاههایی که برای اندازه گیری از قایق موجود در همان ایستگاه استفاده می شود، این مورد نیز علامت گذاری خواهد شد.

۲۲- وضعیت استخدامی متصدی

برحسب اینکه متصدی به صورت تمام وقت یا پاره وقت انجام وظیفه می کند، در چهارگوش مربوط علامت گذاری می شود.

۲۳- فاصله محل اقامت متصدی تا ایستگاه (متر)

در صورتی که ایستگاه دارای منزل مسکونی بوده و متصدی در همان محل اقامت داشته باشد، فاصله اقامت متصدی تا ایستگاه صفر منظور می گردد و در غیر این صورت، فاصله محل سکونت متصدی تا محل ایستگاه برآورد و بر حسب متر در این ردیف نوشته می شود.

۲۴- مأمور اندازه گیری

در بعضی از ایستگاهها، به متصدی مربوط، اندازه گیری جریان رودخانه آموزش داده شده و مسئولیت اندازه گیری به عهده متصدی گذاشته شده است. در این صورت چهارگوش مربوط به متصدی علامت گذاری می شود و در غیر این صورت، چهارگوش مقابل تکنیسین علامت زده می شود.

۲۵- کروکی

با در نظر گرفتن مبنای مشخصی مانند شهر و روستا، جاده اصلی و غیره، موقعیت محل ایستگاه در این قسمت به گونه‌ای رسم می‌شود که با مراجعه به آن، دسترسی به محل ایستگاه به آسانی ممکن شود.

- ملاحظات

مواردی که در برگ شناسایی ذکر نشده است و عنوان کردن آن مهم و قابل بیان می‌باشد و یا اینکه در برگ شناسایی ایستگاه آب‌سنجی نیاز به توضیح بیشتری باشد، در این ردیف نوشته می‌شود. مهم‌ترین این موارد به قرار زیر است:

- جابه‌جایی ایستگاه همراه با تاریخ و موقعیت دقیق محل جدید، در صورتی که این جابه‌جایی در حدی باشد که موقعیت ایستگاه به عنوان یک ایستگاه جدید به شمار آید، لازم است برگ شناسایی جدید برای آن تنظیم شود. در غیر این صورت ارتفاع صفر اشل جدید نسبت به نقطه مبنا نوشته شود (صفر اشل جدید باید حتی‌المقدور منطبق با ارتفاع صفر قبلی اشل باشد).

- از بین رفتن بخش یا محل تجهیزات در اثر سیلاب و یا نصب دستگاههای جدید در جهت تکمیل ایستگاه همراه با تاریخ

- تعویض متصدی و به کارگیری متصدی جدید همراه با تاریخ

تاریخ تکمیل برگ شناسایی

در این ردیف، تاریخ تکمیل برگ شناسایی با ذکر روز، ماه و سال نوشته می‌شود.

نام و امضای متصدی و تکنیسین مسئول

نام و امضای افراد، در این ردیف به طور خوانا و کامل نوشته می‌شود.

سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

برگ قرائت روزانه اشل

کد فرم (۰۲ - ۲۴۲ - الف)

نام رودخانه یا چشمه:		۲- نام ایستگاه:		نام و امضای	نام و امضای
۳- کد ایستگاه:		۴- تاریخ: ماه: سال:		متصدی	تکنیسین
۵-	۶- اشل	(سانتی متر)		ملاحظات	
روز	ساعت ۸	ساعت ۱۶			
۱					
۲					
۳					
۴					
۵					
۶					
۷					
۸					
۹					
۱۰					
۱۱					
۱۲					
۱۳					
۱۴					
۱۵					
۱۶					

سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

برگ قرائت روزانه اشل

کد فرم (۰۲ - ۲۴۲ - الف)

نام و امضای تکنیسین	نام و امضای متصدی	۲- نام ایستگاه :			۱- نام رودخانه :
		سال :	ماه :	تاریخ : ۴-	۳- کد ایستگاه :
		ملاحظات		۶- اشل (سانتی متر)	۵-
				ساعت ۱۶	روز
					۱۷
					۱۸
					۱۹
					۲۰
					۲۱
					۲۲
					۲۳
					۲۴
					۲۵
					۲۶
					۲۷
					۲۸
					۲۹
					۳۰
					۳۱

۵-۱-۳-۲ شیوه تکمیل برگ قرائت روزانه اشل

برگ قرائت روزانه اشل به منظور ثبت نتایج اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب در منابع آب سطحی (رودخانه، دریاچه، دریا، مخزن و غیره) به کار برده می‌شود. این برگ برای رودخانه‌ها در رژیم‌های عادی آن (غیرسیلابی) که معمولاً دوبار در روز اندازه‌گیری می‌شود، کاربرد دارد. با توجه به اینکه این فرم توسط متصدی و همراه او تا ایستگاه آورده شده، بلافاصله پس از قرائت اشل، نسبت به ثبت اقدام می‌شود. این فرم به تعداد روزهای ماه در دو صفحه و به صورت دو نیم‌ماه تهیه شده و برای آماربرداری یک‌ساله به شکل دفترچه فراهم شده است. شایان ذکر است که برگ شناسایی ایستگاه مربوط نیز در اول این دفترچه جای می‌گیرد.

شیوه تکمیل برگ قرائت روزانه اشل به شرح زیر است:

- سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

نام سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای که ایستگاه آب‌سنجی در محدوده فعالیت آن واقع شده است، در این محل نوشته می‌شود.

۱- نام رودخانه یا چشمه

نام رودخانه یا چشمه‌ای که ایستگاه بر روی آن احداث شده و در محل به آن نام شناخته می‌شود، در این ردیف نوشته می‌شود.

۲- نام ایستگاه

در این ردیف، نامی که ایستگاه به آن نام شناخته شده و معمولاً برگرفته از نام نزدیک‌ترین آبادی است، نوشته می‌شود.

۳- کد ایستگاه

در این ردیف، کد ایستگاه براساس ضوابط مشخص شده در دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور تعیین و نوشته می‌شود. (مراجعه شود به ردیف ۳ از بند ۵-۱-۳-۱)

۴- تاریخ

تاریخ ماه و سال قرائت روزانه اشل در این ردیف نوشته می‌شود.

۵- روز

در ستون اول، روزهای هر نیم‌ماه قید شده است.

۶- روش قرائت روزانه اشل

از وظایف متصدی (ایستگاه آب سنجی) است که در مواقع عادی و غیرسیلابی، دوبار و در ساعت‌های ۸ و ۱۶ هر روز با توجه به دستورالعمل پیش گفته (۵-۱-۲) اشل را قرائت کرده و بدین ترتیب ارتفاع سطح آب را تعیین و برحسب سانتی‌متر با دقت ۰/۵ سانتی‌متر در ردیف روز و ستون ساعت مربوط درج کند.

- ملاحظات

هرگونه عواملی که موجب تغییرات غیرعادی و نوسانات ناگهانی سطح آب در پای اشل شود، در ستون ملاحظات مربوط به روز حادثه نوشته می‌شود.

- نام و امضای متصدی و تکنیسین مسئول

در ردیف هر روز، نام و امضای متصدی و تکنیسین مسئول به طور خوانا و کامل نوشته می‌شود.

..... سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

کد فرم (۰۳-۲۴۲-الف)

[illegible]

* توجه: هر برگ، باید منحصرأً حاوی اطلاعات یک سیلاب باشد.

۵-۱-۳-۳ شیوه تکمیل برگ گزارش سیلاب

افزایش ناگهانی جریان آب در رودخانه که موجب بالا آمدن سطح آب در پای اشل می‌شود، سیلاب تلقی می‌گردد و تا فرونشستن آب و برگشت به حالت عادی، قرائت اشل به طور ساعتی بوده و نتایج آن در برگ قرائت سیلاب که شیوه پر کردن آن به شرح زیر است، نوشته می‌شود:

- سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

نام سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای که ایستگاه آب سنجی در محدوده فعالیت آن واقع شده است در این محل نوشته می‌شود.

۱- نام رودخانه

نام رودخانه‌ای که ایستگاه بر روی آن احداث شده و در محل به آن نام شناخته می‌شود، در این محل نوشته می‌شود.

۲- نام ایستگاه

در این ردیف، نامی را که ایستگاه به آن نام شناخته شده و معمولاً برگرفته از نام نزدیک‌ترین آبادی است، نوشته می‌شود.

۳- کد ایستگاه

در این ردیف کد ایستگاه بر اساس ضوابط مشخص شده در دستورالعمل تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور تعیین و نوشته می‌شود.

۴- تاریخ شروع سیلاب

زمان شروع سیلاب برحسب ساعت، روز، ماه و سال در این ردیف نوشته می‌شود. توضیح اینکه هر برگ فرم قرائت سیلاب، فقط برای یک دوره سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد و در صورتی که این دوره چند ساعت و یا حداکثر یک روز باشد، یک ستون آن تکمیل می‌شود. در حالتی که جریان سیل بیش از یک روز دوام داشته باشد، تعداد ستونهای تکمیل شده متناسب با تعداد روزهای سیلابی خواهد بود.

۵- قرائت اشل سیلاب

در روزهای سیلابی، متصدی باید از شروع تا پایان سیلاب، هر دو ساعت یک‌بار با قید تاریخ در بالای ستون، ارتفاع سطح آب را از روی اشل با دقت سانتی‌متر قرائت و در ردیف مربوط یادداشت نماید^۱. چنانچه سطح آب از اشل نصب شده در کنار رودخانه بالاتر رود و یا اشل توسط سیلاب از جا کنده و منهدم شود، در این صورت متصدی هر دو ساعت یک بار ارتفاع سطح آب را بر روی دیواره میخ‌کوبی و یا با رنگ علامت‌گذاری نماید تا تکنیسین مسئول پس از فرونشستن سیلاب، با نقشه‌برداری بتواند داغ سیل و ارتفاع آب را در ساعتهای مختلف به دست‌آورد.

- نام و امضای متصدی و تکنیسین مسئول

پس از تکمیل هر برگ، نام و امضای افراد در این ردیف به طور خوانا و کامل نوشته می‌شود.

۱- در بسترهای کم عرض که تغییرات سطح آب در آن شدید است، و بخصوص در رژیمهای بارانی با شدت زیاد، لازم است قرائت اشل سیلاب هر ساعت یک بار انجام شود.

* ۵-۲ اندازه‌گیری ارتفاع مطلق (تراز) سطح آب زیرزمینی

هدف از اندازه‌گیری ارتفاع مطلق سطح آب زیرزمینی بررسی و تعیین رفتار آبخوان بوده و با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده، عوامل اصلی مطالعه آبخوان محاسبه و تعیین می‌شود. مهم‌ترین این عوامل به شرح زیر است:

مقدار شیب هیدرولیکی، جهت جریان آب زیرزمینی، مقادیر و احجام آب زیرزمینی در مقاطع ورودی و خروجی، تهیه آب‌نگار واحد، تعیین تغییرات فصلی و سالانه حجم ذخیره آب زیرزمینی، پتانسیل بهره‌برداری و برداشت مجاز، لایه‌های اشباع آزاد و تحت فشار، لایه‌های تغذیه کننده یا تغذیه شونده و جهت حرکت و غیره. پیش از بیان چگونگی اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی، ضروری است کلیات و تعاریفی از ویژگیهای آبخوان و سطح آب زیرزمینی بیان شود.

- عمق و تراز سطح آب زیرزمینی

فاصله برخورد به سطح ایستابی از سطح زمین را عمق سطح آب زیرزمینی^۱ می‌نامند. چنانچه این عمق بر مبنای سطح دریاهای آزاد سنجیده شود آن را تراز آب زیرزمینی^۲ گویند.

- سطح آب زیرزمینی (سطح ایستابی)

سطح ایستابی سطحی است که بخش اشباع شده آبخوان را از بخش غیراشباع بالای آن جدا می‌سازد.

- سطح پیزومتری^۳

سطح پیزومتری، سطح فرضی است که بلندی نقاط آن برابر بلندی نظیر فشار آب آبخوان در یکایک آن نقاط باشد. چنین سطحی در ارتفاعی بالاتر از سطح بالایی لایه اشباع مربوط قرار می‌گیرد.

در بررسی ویژگیهای آبخوانهای تحت فشار، از آنجاکه اندازه‌گیری و تعیین فشار مایعات ساکن مطرح است، لذا نخست به تعریف فشار ایستابی پرداخته و سپس در مبحث وسایل و تجهیزات اندازه‌گیری به تشریح فشارسنجها، واحدها و انواع آن می‌پردازیم.

- فشار ایستابی

فشار در هر نقطه از یک سیال ساکن، برابر نیرویی است که توسط سیال در واحد سطح در آن نقطه اعمال می‌شود. به عبارت دیگر، حاصل ضرب وزن واحد حجم مایع در ضخامت ستون مایع موجود در بالای هر نقطه را در مایعات در حال سکون، فشار ایستابی (هیدرواستاتیک) در آن نقطه می‌نامند.

1 - Water table depth
2 - Ground water level
3 - Piezometric surface

الف - آبخوان^۱

واحد زمین‌شناختی که از آب اشباع و قادر به ذخیره و انتقال آب باشد، آبخوان نامیده می‌شود. اساساً آبخوانها دارای دو ویژگی، خاصیت انتقال و ذخیره‌سازی مناسب بوده و به دو نوع آزاد و تحت فشار تقسیم می‌شوند.

الف - آبخوان آزاد^۲

این آبخوان، تنها تحت فشار اتمسفر است و بالاترین سطح منطقه اشباع را سطح آزاد آب (سطح ایستابی) می‌نامند. در مواردی بین لایه‌های غیراشباع بالایی آبخوان آزاد، به‌طور محلی و ناپیوسته لایه‌های غیرقابل نفوذ به صورت عدسی قرار می‌گیرند و بر روی آنها، آبخوانهای محلی کم ضخامت تشکیل می‌شود که به آنها آبخوان معلق^۳ می‌گویند.

ب - آبخوان تحت فشار (محصور)^۴

این آبخوان توسط دو لایه غیرقابل نفوذ بالایی و زیرین محصور شده و آب در بین این دو لایه، تحت فشار قرار می‌گیرد. اگر چاهی در این نوع آبخوانها حفر شود، سطح آب در چاه به اندازه فشار استاتیکی نقطه مورد بررسی بالا خواهد آمد. سطح آب چاهها را در آبخوانهای تحت فشار، سطح پیزومتری می‌گویند. هرگونه تغییری در ارتفاع سطح پیزومتری، بیانگر تغییر در فشار آبخوان است. با حفر چاه در این آبخوانها، به دلیل برداشته شدن اثر لایه محصورکننده بالایی و در اثر فشار آب درون آبخوان، سطح آب در داخل چاه به مقدار قابل توجهی بالا می‌آید که به آن چاه آرتزین^۵ گویند. در صورتی که یکی از دو لایه محصورکننده بالایی یا زیرین و یا هر دو لایه به‌صورت نیمه تراوا باشد، جریان آب از درون آبخوان به بیرون و یا بالعکس نشت می‌کند که به این آبخوانها، آبخوانهای نشتی یا نیمه محصور^۶ می‌گویند.

* ۱-۲-۵ تجهیزات ساختاری و اندازه‌گیری

وسایل و روشهایی که برای اندازه‌گیری تراز سطح آب به کار گرفته می‌شود، متفاوت و گوناگون بوده و کاربرد هر یک از آنها با توجه به دقت اندازه‌گیری، ارزش اقتصادی و هدف یا چگونگی استفاده از داده‌های حاصل، قابل توصیه است.

بعضی از روشها بسیار ساده و آسان است و با وسایل ارزان قیمت انجام می‌گیرد و در پاره‌ای از آنها، از ابزارهای مدرن و پیچیده فنی استفاده می‌شود. آشکار است که اهمیت طرح و مسائل اقتصادی و امکانات کار در محل، عواملی هستند که ما را در راه و روش اندازه‌گیری و انتخاب وسایل راهنمایی می‌کنند.

بهره‌وری و استفاده از دو گونه وسایل و تجهیزات، لازمه و شرط اساسی اندازه‌گیری تراز و عمق سطح آب به‌شمار می‌آید. گونه نخست، مشتمل بر آن گروه تجهیزاتی می‌شود که فاقد نقش اندازه‌گیری بوده، اما با ایجاد و احداث آنها شرایط لازم برای

1 - Aquifer

2 - Phreatic (unconfined) aquifer

3 - Perched aquifer

4 - Confined aquifer

5 - Artesian well

6 - Leaky or semi confined aquifer

اندازه‌گیری مهیا می‌شود. به عبارت دیگر این گروه نقش ساختاری و بنیادی دارند. چاه مشاهده‌ای، پیزومتر، نقطه مبنا و نقطه نشانه در این بخش از گروه‌بندی قرار می‌گیرند.

گونه دوم مانند عمق یاب و فشارسنج، تجهیزاتی را شامل می‌شود که اندازه‌گیری مستقیماً توسط آنها انجام می‌شود. ویژگی‌های هر دو گونه تجهیزات، با عنوان «تجهیزات ساختاری» و «تجهیزات اندازه‌گیری» در زیر شرح داده می‌شود.

* ۵-۱-۱ تجهیزات ساختاری

اهم تجهیزات ساختاری به قرار زیر می‌باشد :

- چاه مشاهده‌ای

کلیه چاههایی که در مناطق مناسب آبخوان حفر و از آنها برای اندازه‌گیری سطح آزاد آب زیرزمینی و نوسانات آن استفاده می‌شود، صرف‌نظر از قطر و وجود یا عدم وجود لوله جدار، چاه مشاهده‌ای نامیده می‌شود. شبکه چاههای مشاهده‌ای، به مجموعه چاههای حفر شده در یک آبخوان گفته می‌شود که با اندازه‌گیری در آنها، تغییرات عمق سطح آب زیرزمینی، در سطح مشخصی از آبخوان تعیین می‌شود.

- پیزومتر

در بررسی آبهای زیرزمینی، پیزومتر لوله غیرمشبکی است و در چاههایی که برای جاگذاری آن حفر شده، به طور قائم در داخل لایه‌های اشباع برای تعیین فشار ایستابی لایه موردنظر به صورت انفرادی یا گروهی نصب می‌شود. توضیح آنکه آب آبخوان تحت فشار، منحصراً از انتهای لوله وارد آن شده و قطر لوله پیزومتر معمولاً بین ۲ تا ۴ اینچ در نظر گرفته می‌شود.

- نقطه مبنا

نقطه مبنا بلوک سیمانی است که در فاصله نزدیک از چاه مشاهده‌ای یا پیزومتر به منظور استفاده در تعیین تراز سطح ایستابی نصب می‌شود. بلندی راس سطح این بلوک با ترازبایی دقیق نسبت به سطح دریای آزاد تعیین می‌شود.

- نقطه نشانه

نقطه نشانه، نقطه ثابتی است که به منظور سهولت در اندازه‌گیری عمق سطح آب، در دهانه چاه مشاهده‌ای و یا پیزومتر انتخاب و علامت‌گذاری می‌شود. ارتفاع مطلق این نقطه با استفاده از نقطه مبنا دقیقاً مشخص شده و هر ماه با اندازه‌گیری فاصله یا عمق بین این نقطه و سطح ایستابی براساس عبارت زیر، ارتفاع سطح ایستابی یا تراز آب زیرزمینی تعیین می‌شود. ارتفاع سطح ایستابی یا تراز آب برابر است با ارتفاع مطلق نقطه نشانه منهای فاصله یا عمق نقطه نشانه تا سطح ایستابی.

* ۵-۱-۲ تجهیزات اندازه‌گیری

نوع تجهیزاتی که برای اندازه‌گیری عمق و تراز سطح آب زیرزمینی و پیزومتری از آنها استفاده می‌شود، برحسب آنکه آبخوان آزاد و یا تحت فشار باشد کاملاً متفاوت است. در آبخوانهای آزاد و نیز نیمه محصور از عمقیاب استفاده می‌شود در حالی که در آبخوانهای تحت فشار، معمولاً فشارسنج کاربرد دارد.

- عمقیاب

عمقیاب که در واقع عمق برخورد به سطح آب را در محل موردنظر اندازه‌گیری می‌کند، اساساً از کابل سیمی مدرج و یا متر نواری تشکیل شده که یک وزنه به شکل شاغول یا استوانه فلزی برای سنگینی و ورود آسان به چاه به انتهای آن متصل است. کابل عمقیاب از کنار لبه چاه یا پیزومتر به داخل چاه روانه می‌شود تا نوک وزنه به سطح آب برسد. سپس عمق برخورد به سطح آب از روی کابل مدرج قرائت شده و با استفاده از رابطه بالا، ارتفاع سطح ایستابی یا تراز آب به دست می‌آید. ساده‌ترین نوع عمقیاب، متر فلزی معمولی است که با آغشته نمودن انتهای متر به گچ یا خاک نرم و غوطه‌ور ساختن آن در آب چاه و تعیین اثر تر شدگی، عمق سطح آب اندازه‌گیری می‌شود.

نوع تکمیل شده عمقیاب دستی، بر مبنای برقراری جریان الکتریکی توسط آب درون چاه یا پیزومتر است که در این نوع عمقیاب، سوند انتهای کابل مدرج از دو الکترود نزدیک به هم تشکیل شده است. مدار موقعی بسته می‌شود که هر دو الکترود به سطح آب برسد، در این صورت با برقراری جریان الکتریکی علائمی مانند صدای زنگ، بوق، سوت، روشن شدن چراغ و یا حرکت آمپرسنج، مشخص‌کننده برخورد به سطح آب است، پس از اعلام اولین برقراری جریان، عمق سطح آب توسط کابل مدرج یا خط‌کش اندازه‌گیری می‌شود. این نوع عمقیاب بیشتر در چاه‌ها و پیزومترهای عمیق کاربرد دارد.

نوع ثبات این عمقیاب به نام ترازباب خودکار^۱ برای اندازه‌گیری و ثبت لحظه‌ای و مداوم تغییرات سطح آب زیرزمینی طراحی و ساخته شده و از دو نوع مکانیکی و الکترونیکی تشکیل شده است. سیستم کار این دستگاه‌ها، شبیه دستگاه‌های ثبات اندازه‌گیری سطح آب بوده که در بند ۵-۱-۱ شرح داده شده است.

- فشارسنج^۲

فشارسنج ابزاری برای اندازه‌گیری فشار مایعات و گازها است. ساده‌ترین نوع فشارسنج، لوله‌ای است به شکل U که محتوی جیوه و یا مایعی استاندارد بوده و یک شاخه این لوله، به منبع فشار متصل و شاخه دیگر آن که معمولاً مدرج است، با تغییر سطح مایع محتوای فشارسنج، فشار وارده را تعیین می‌کند.

نوع دیگر فشارسنج، فلزی (عقربه‌ای)^۳ بوده و در آن از نیروی کشسانی فنر و یا مانند آن استفاده می‌شود. این ابزار دارای لوله پهن فلزی است که به شکل دایره خمیده شده و یک انتهای آن مسدود ولی آزاد بوده و انتهای دیگری باز و به نقطه مورد اندازه‌گیری وصل می‌باشد. در اثر فشاری که بر سیال موجود در لوله وارد می‌شود، خمیدگی لوله کاهش یافته و به سمت خط

1 - Water level recorder

2 - Manometer

3 - Bourdon pressure gauge

مستقیم گرایش می‌یابد. در نتیجه انتهای بسته این لوله شروع به حرکت می‌کند و با اتصال قطعات و اهرمهایی به آن، می‌توان این حرکت را به یک حرکت چرخشی تبدیل و توسط عقربه، مقدار چرخش را مشخص و اندازه‌گیری کرد.

در بررسی آبهای زیرزمینی، برای تعیین ارتفاع معادل نظیر فشار در آبخوانهای تحت فشار، این فشارسنجها مورد استفاده قرار می‌گیرند. مایع درون آنها معمولاً جیوه بوده و انتهای لوله اندازه‌گیری با هوای آزاد در ارتباط است. روش جاگذاری فشارسنج در پیزومتر بدین صورت است که در جدار جانبی و یا بالایی پیزومتر، روزنه‌ای ایجاد شده و این روزنه از طریق شاخه یا لوله واسطی به فشارسنج متصل می‌شود. لازم است این لوله واسط دارای شیر قطع و وصل باشد تا با باز و بسته کردن آن، بتوان فشارسنج را نصب و شرایط لازم را برای آزمایش، تعمیر و یا تعویض آن فراهم آورد.

با توجه به آنکه یک اتمسفر فشار در شرایط استاندارد، معادل ستونی از آب به ارتفاع ۱۰/۳۳۶ متر است، با اندازه‌گیری فشار آب توسط فشارسنج نصب شده، ارتفاع معادل فشار در آن نقطه تعیین می‌شود. رابطه ۵-۱ مشخص کننده ارتفاع سطح پیزومتری در آبخوانهای تحت فشار است:

$$H_p = H_a + H_A \quad (۵-۱)$$

که در آن:

H_p = تراز پیزومتری آبخوان تحت فشار در محل اندازه‌گیری

H_a = ارتفاع مطلق نقطه نصب فشارسنج

H_A = ارتفاع معادل فشار در نقطه نصب فشارسنج

- **واحد فشار** : واحد اساسی فشار پاسکال (Pa) است و عبارت است از نیروی یک نیوتن بر سطحی برابر یک مترمربع. چون پاسکال واحد کوچکی است، معمولاً به جای آن از کیلو پاسکال ($1\text{Kpa} = 10^3 \text{ pa}$) و یا مگاپاسکال ($1\text{Mpa} = 10^6 \text{ pa}$) استفاده می‌شود. واحد دیگر فشار که در کارهای عملی اهمیت و کاربرد فراوان دارد، «اتمیسفر» است و معادل $1/013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ و یا $1/0336 \text{ kgf/cm}^2$ است.

* ۲-۲-۵ روشهای اندازه‌گیری

روشهای اندازه‌گیری عمق سطح آب زیرزمینی در تشریح تجهیزات اندازه‌گیری شرح داده شده و در اینجا از ذکر دوباره آن خودداری می‌شود.

۳-۲-۵ ثبت نتایج اندازه‌گیری

به منظور شناخت عمومی چاههای مشاهده‌ای و پیزومتری و تفکیک آنها، فرمهایی با کد (۰۴-۲۴۲-الف) و (۰۶-۲۴۲-الف) تهیه و در بایگانی فنی نگهداری می‌شود که همواره قابل دسترس به منظور مراجعه و کسب اطلاعات فنی مربوط باشد.

علاوه بر آن، برای اندازه‌گیری ماهانه نوسانات سطح آب چاههای مشاهده‌ای و پیزومتری، فرم‌هایی با کد (۰۵-۲۴۲-الف) و (۰۷-۲۴۲-الف) تهیه و در ادامه آمده است. توضیح شیوه تکمیل و پرکردن این فرم‌ها به شرح زیر است:

۵-۲-۳-۱ شیوه تکمیل برگ شناسایی چاه مشاهده‌ای

- تعریف چاه مشاهده‌ای

چاه مشاهده‌ای، حفره‌ای عمدتاً استوانه‌ای شکل و قائم است که به‌منظور اندازه‌گیری عمق سطح آزاد آب زیرزمینی و نوسانات آن، صرف‌نظر از قطر دهانه و وجود یا عدم وجود لوله جدار با ماشین یا دست حفر می‌شود.

- سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

نام سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای که چاه مشاهده‌ای در حوزه عمل آن قرار دارد، در مقابل این عبارت نوشته می‌شود.

- محدوده مطالعاتی

محدوده مطالعاتی آب زیرزمینی به تمام یا قسمتی از یک یا چند حوضه آبریزی گفته می‌شود که دارای ویژگی آب‌زمین‌شناختی (هیدروژئولوژیکی) مشترک باشد. این محدوده مطالعاتی، در اغلب موارد شامل یک آبخوان آبرفتی است ولی به‌طور استثنا می‌تواند فاقد آبخوان آبرفتی بوده و یا از یک آبخوان اصلی و چند آبخوان کوچک و موضعی تشکیل شده باشد. در مقابل نام محدوده مطالعاتی، نام محدوده‌ای که در دستورالعمل تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی مشخص شده است، نوشته می‌شود. عوامل دیگر مندرج در برگ شناسایی چاه مشاهده‌ای، به قرار زیر است:

۱- کد محدوده مطالعاتی

در این ردیف، کد محدوده مطالعاتی که در دستورالعمل تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی مشخص شده است، نوشته می‌شود. توضیح اینکه این کد از چهار رقم تشکیل شده که دو رقم سمت چپ آن نمایانگر کد حوضه آبریز از درجه ۲ و دو رقم سمت راست، شماره محدوده مطالعاتی در قالب آن حوضه آبریز است.

برگ شناسایی چاه مشاهده‌ای

محدوده مطالعاتی

کد فرم (۰۴-۲۴۲-الف)

۱- کد محدوده مطالعاتی :	۱۵- روش حفاری :
۲- مختصات شبکه (U.T.M به کیلومتر) :	ماشینی : ☐ دستی : ☐ دستی ماشینی : ☐
X = Y =	۱۶- شرکت حفار :
۳- مختصات نقطه‌ای (U.T.M به متر) :	۱۷- قطر حفاری :
X =	قطر (اینچ) : طول (متر) :
Y =	قطر (اینچ) : طول (متر) :
	قطر (اینچ) : طول (متر) :
۴- کد چاه مشاهده‌ای :	۱۸- قطر لوله جدار :
۵- ارتفاع از سطح دریا (متر) :	قطر (اینچ) : طول (متر) :
نقطه مبدا : نقطه نشانه :	قطر (اینچ) : طول (متر) :
	قطر (اینچ) : طول (متر) :
۶- استان :	۱۹- طول لوله جدار مشبک (متر) :
۷- شهرستان :	۲۰- طول لوله جدار غیرمشبک (متر) :
۸- بخش :	۲۱- بلوک سیمانی :
	دارد ☐ ندارد ☐
۹- روستا :	۲۲- جنس لوله جدار :
۱۰- نام مالک :	۲۳- نوع سازند : آبرفتی ☐ سازند سخت ☐
۱۱- سال حفاری :	۲۴- نمونه خاک : دارد ☐ ندارد ☐
۱۲- عمق چاه (متر) :	۲۵- صافی شنی (گراول پکینگ) : دارد ☐ ندارد ☐
۱۳- عمق برخورد به سطح آب اول (متر) :	۲۶- کلرید (میلی گرم بر لیتر) :
۱۴- عمق سطح آب در پایان حفاری (متر) :	۲۷- رسانندگی الکتریکی (میکرومهموس بر سانتی‌متر) :
	۲۸- اسیدیته (pH) :

۲- مختصات شبکه

مختصات شبکه ۵×۵ کیلومتری که چاه مشاهده‌ای در آن واقع شده است، با مختصات U.T.M نقطه جنوب غربی آن شبکه (تقاطع محورهای Y و X) شناخته می‌شود. محور طولها با سه رقم و محور عرضها با چهار رقم (برحسب کیلومتر) مشخص شده و در فرم، در مقابل حروف X و Y نوشته می‌شود.

۳- مختصات نقطه‌ای

مختصات نقطه‌ای چاه مشاهده‌ای برحسب متر در شبکه U.T.M تعیین و در این قسمت نوشته می‌شود.

۴- کد چاه مشاهده‌ای

کد چاه مشاهده‌ای براساس دستورالعمل و ضوابط تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور تعیین و در این ردیف نوشته می‌شود. این کد، عددی ۹ رقمی و به ترتیب از سمت چپ به راست عبارت است از :

- ارقام اول و دوم مربوط به کد حوضه آبریز درجه ۲
- ارقام سوم و چهارم مربوط به شماره محدوده مطالعاتی در حوضه آبریز درجه ۲
- رقم پنجم و ششم مربوط به نوع منبع و تقسیمات فرعی است (کد چاه مشاهده‌ای ۴۱ می‌باشد).
- ۳ رقم بعدی مربوط به شماره مسلسل از چپ به راست و از بالا به پایین در محدوده مطالعاتی است.

۵- ارتفاع از سطح دریا (متر)

ارتفاع راس نقطه مبنا و نقطه نشانه نسبت به سطح دریای آزاد برحسب متر با دو رقم اعشار و به طور جداگانه در هر ردیف نوشته می‌شود.

۶ تا ۹- استان، شهرستان، بخش و روستا

نام استان، شهرستان، بخش و روستایی که چاه مشاهده‌ای در آن واقع شده است، براساس آخرین تقسیمات جغرافیایی کشور مشخص و در ردیفهای مربوط به آن نوشته می‌شود.

۱۰- نام مالک

نام سازمانها و نهادهایی که چاه مشاهده‌ای را حفر کرده‌اند و چاه متعلق به آنها است و یا نام مالک یا مالکینی که چاه آنان به عنوان چاه مشاهده‌ای استفاده می‌شود، در این ردیف نوشته می‌شود.

۱۱- سال حفاری

در این ردیف، سال خاتمه حفر چاه مشاهده‌ای با ذکر ماه نوشته می‌شود.

۱۲- عمق چاه (متر)

در این ردیف عمق چاه در شرایط موجود برحسب متر و بدون اعشار نوشته می‌شود. ممکن است قسمتی از چاه به عللی پر شده و یا کف شکنی شده باشد اما در هر صورت معیار، عمق فعلی چاه است.

۱۳- عمق برخورد به سطح آب اول (متر)

عمق سطح آب زیرزمینی در اولین برخورد به آن و در زمان حفاری مشخص شده و برحسب متر با دو رقم اعشار نوشته می‌شود.

۱۴- سطح آب در پایان حفاری (متر)

در این ردیف عمق سطح آب زیرزمینی پس از خاتمه حفاری برحسب متر و با دو رقم اعشار نوشته می‌شود.

۱۵- روش حفاری

در این ردیف برحسب استفاده از روشهای متداول حفاری شامل حفاری دستی، ماشینی و یا دستی - ماشینی، روش حفاری به کار گرفته شده تعیین و در چهار گوش مربوط به آن علامت گذاری می‌شود.

۱۶- شرکت حفار

نام شرکتی که چاه را حفر کرده به طور کامل در این ردیف نوشته می‌شود. توضیح آنکه در صورتی که چاه مشاهده‌ای با روش دستی حفر شده باشد، در این ردیف خط تیره گذارده می‌شود.

۱۷- قطر حفاری

در این ردیف قطر نهایی حفاری نوشته می‌شود. با توجه به اینکه ممکن است چاهی با قطرهای متفاوت حفر شود، لذا قطرهای مربوط به عمقهای نظیر، به ترتیب برحسب اینچ و متر ذکر می‌شود.

۱۸- لوله جدار

در این ردیف، قطر لوله جدار برحسب اینچ و طول مربوط به آن برحسب متر برای اعماق مختلف نوشته می‌شود.

۱۹- طول لوله مشبک (متر)

مجموع طول لوله جدار مشبک موجود در چاه برحسب متر در این ردیف نوشته می‌شود.

۲۰- طول لوله جدار غیرمشبک (متر)

مجموع طول لوله جدار غیرمشبک موجود در چاه برحسب متر در این ردیف نوشته می‌شود.

۲۱- بلوک سیمانی

در صورتی که چاه مشاهده‌ای دارای بلوک سیمانی باشد، در چهارگوش مربوط به آن علامت‌گذاری می‌شود در غیر این صورت، عدم وجود آن در چهارگوش دیگر مشخص می‌شود.

۲۲- جنس لوله جدار

در این ردیف جنس لوله ذکر می‌شود. با توجه به اینکه استفاده از لوله فولادی، گالوانیزه، P.V.C و پلی‌اتیلن در چاههای مشاهده‌ای متداول است.

۲۳- نوع سازند

برحسب اینکه چاه مشاهده‌ای در آبرفت و یا سازند سخت حفر شده باشد، با تشخیص نوع سازند در چهارگوش مربوط به آن علامت‌گذاری می‌شود.

۲۴- نمونه خاک

با علامت‌گذاری در چهارگوش مربوط، نمونه‌برداری از لایه‌ها در حین حفاری مشخص می‌شود.

۲۵- صافی سنی (گراول پکینگ)

چنانچه دور لوله جدار شن‌ریزی شده باشد (گراول پکینگ)، در چهارگوش مربوط علامت‌گذاری می‌شود.

۲۶- کلرید (میلی گرم بر لیتر)

پس از پایان حفاری نمونه، آب از چاه گرفته شده و پس از ارسال به آزمایشگاه میزان کلرید آب تعیین و در این ردیف نوشته می‌شود.

۲۷- رسانندگی الکتریکی (میکرو مهوس بر سانتی متر)

میزان رسانندگی الکتریکی آب نمونه‌برداری شده، در آزمایشگاه تعیین و در این قسمت نوشته می‌شود.

۲۸- اسیدیته (pH)

pH نمونه آب تعیین و با یک رقم اعشار در این ردیف نوشته می‌شود.

۲۹- کروکی محل چاه مشاهده‌ای

با در نظر گرفتن مبانی مشخصی مانند شهر، روستا، جاده اصلی و غیره موقعیت چاه مشاهده‌ای در این قسمت به گونه‌ای رسم می‌شود که با مراجعه به آن دسترسی به محل چاه به آسانی میسر باشد.

۳۰- لوله‌گذاری و برش زمین‌شناسی

این ردیف دارای چهار ستون بوده که از چپ به راست به ترتیب معرف عمق، لوگ زمین‌شناسی، شرح لایه‌ها و قطر حفاری و مقطع لوله‌گذاری است. با جمع آوری اطلاعات مربوط به هر ستون، لوگ چاه و شیوه لوله‌گذاری ترسیم می‌شود.

- عمق

ابتدا این ستون برحسب عمق چاه تعیین مقیاس می‌شود. به منظور ایجاد یکنواختی در تهیه لوگ چاه متناسب با ژرفای آن، مقیاسهای ۵۰۰ : ۱، ۱۰۰۰ : ۱، ۱۵۰۰ : ۱ و ۲۰۰۰ : ۱ که معرف تناوب عمقهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ متر به ازای هر سانتی‌متر است، انتخاب می‌شود.

- لوگ زمین‌شناسی

لوگ زمین‌شناسی معرف جنس، اندازه و دانه‌بندی مواد و ذرات تشکیل دهنده لایه‌های آبرفتی و یا نوع سازند سخت حفر شده می‌باشد. این ویژگی‌ها از راه مشاهده و یا آزمایش نمونه خاکها و یا سایر بررسیها (چاه‌پیمایی) به صورت ترسیمی و علائم قراردادی سازندها و یا مواد سازنده لایه‌ها رسم می‌شود.

برای تهیه و ترسیم لوگ زمین‌شناسی، برحسب میزان اطلاعات در دسترس، به شرح زیر عمل می‌شود:

- در صورتی که نمونه‌های برداشت شده در حین حفاری در دسترس باشد، نمونه‌های مذکور از سازمان ذیربط دریافت و با مشاهده و بازدید چشمی، مواد تشکیل دهنده لایه‌های حفاری شده برحسب عمق تشریح شده و به نسبت فراوانی ذرات تشکیل دهنده، علائم مربوط به آنها در ستون زمین‌شناسی رسم می‌شود.
- اگر لوگ زمین‌شناسی چاه قبلاً تهیه شده و در اختیار اشخاص، اداره‌های مسئول و یا شرکت حفاری باشد، آن را دریافت کرده و عیناً با رعایت علائم استاندارد به ستون لوگ زمین‌شناسی انتقال می‌یابد.
- در صورت نبود مدارک و اطلاعات قابل دسترس می‌توان با مراجعه به افراد مطلع مانند دستگاه اقدام‌کننده به حفر چاه و یا شاهدان عینی که در جریان حفاری بوده‌اند و همچنین شرکت حفار، از وضعیت کلی و ظاهری لایه‌های حفر شده اطلاع کسب کرده و در این ستون با استفاده از علائم، لوگ زمین‌شناسی چاه را ترسیم کرده و در ستون ملاحظات با درج «براساس اطلاعات مطلعین»، شیوه تهیه این گونه لوگ زمین‌شناسی مشخص می‌شود.

- شرح لایه‌ها

در این ستون نام سازند زمین‌شناسی و یا اندازه مواد لایه‌های رسوبی مانند رس، سیلت، ماسه، شن، قلوه سنگ و ... برحسب فراوانی مقدار، برای حروف فارسی از راست به چپ و برای حروف لاتین از چپ به راست نوشته می‌شود. برای کوتاه‌نویسی و خلاصه کردن شرح لایه‌ها و ایجاد فضای بیشتر برای توصیف آنها، می‌توان از علائم اختصاری کلمات لاتین مواد سازنده لایه‌ها استفاده کرد. برای رسوبات آبرفتی و واحدهای سنگی، متداول‌ترین آن عبارت است از :

C = Clay

رس

Si = Silt	سیلت
S = Sand	ماسه
G = Gravel	ماسه درشت، شن، قلوه سنگ
B = Boulder	تخته سنگ
M = Marl	مارن
L = Limestone	سنگ آهک
CO = Conglomerate	کنگلومرا
V = Volcanic Rock	سنگ آذرین
Mt = Metamorphic Rock	سنگ دگرگونی

- قطر حفاری و مقطع لوله گذاری

در این ستون، مشخصات و تغییرات قطر حفاری و لوله گذاری با افزایش عمق رسم می شود. شیوه عمل به این صورت است که بیشترین قطر حفاری، معادل عرض ستون مربوط منظور شده و چنانچه چاه با قطرهای متفاوتی حفاری شده باشد، متناسب با قطر، مقطع حفاری رسم می شود. در مورد لوله گذاری نیز تغییر قطر و وضعیت لوله ها برحسب مشبک و غیرمشبک بودن، در اعماق مختلف رسم می شود. قطر حفاری و لوله گذاری با علامت (→ عدد ←) مشخص می شود با این توضیح که «عدد» نمایانگر قطر حفاری یا لوله گذاری برحسب اینچ است. در صورت وجود صافی شنی (شن ریزی دور لوله جدار)، با رسم علائم شن و ماسه در فاصله بین جدار چاه و لوله گذاری وجود آن نمایش داده می شود. سطح ایستایی با علامت (V) در مقابل عمق مربوط رسم می شود.

- ملاحظات

مواردی که در برگ شناسایی ذکر نشده اما مهم و قابل بیان می باشد و یا اینکه در مشخصات برگ شناسایی نیاز به توضیح بیشتری دارد، در ردیف ملاحظات نوشته می شود.

- نام واحد اقدام کننده

نام سازمان یا نهادی که مسئولیت انجام این کار را بر عهده دارد، در این ردیف نوشته می شود.

- نام و امضای تهیه کننده

در این محل، نام و امضای تهیه کننده و یا تهیه کنندگان به طور خوانا و کامل درج می شود.

۵-۲-۳-۲ شیوه تکمیل برگ اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی چاههای مشاهده‌ای محدوده مطالعاتی یا دشت

برگ اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی چاه مشاهده‌ای، برای ثبت ماهانه نتایج اندازه‌گیری سطح ایستابی کلیه چاههای مشاهده‌ای یک محدوده مطالعاتی و یا دشت به کار می‌رود.

این فرم توسط تکنیسین اندازه‌گیری، به تناسب کارکرد روزانه تفکیک شده و بلافاصله پس از پایان اندازه‌گیری، نتایج آن در برگهای آبنگار (هیدروگراف) هر چاه مشاهده‌ای منتقل و نگهداری می‌شود. شیوه تکمیل برگ اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی چاه مشاهده‌ای به قرار زیر است:

- سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

نام سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای که چاه مشاهده‌ای در حوضه عمل آن قرار دارد، در مقابل این عبارت نوشته می‌شود.

- نام محدوده مطالعاتی

نام محدوده مطالعاتی همانند توضیحی که در بند ۵-۲-۳-۱ داده شده است، مشخص و در این محل نوشته می‌شود.

- کد محدوده مطالعاتی

کد محدوده مطالعاتی نیز همانند توضیحی که در بند ۵-۲-۳-۱ داده شده است، مشخص و در این محل نوشته می‌شود.

- نام دشت

یک محدوده مطالعاتی ممکن است شامل چند دشت باشد، در این صورت، نام دشتی که چاه مشاهده‌ای در آن قرار داشته و به آن نام شهرت دارد، در این ردیف نوشته می‌شود.

- ردیف

به کلیه چاههای مشاهده‌ای هر محدوده مطالعاتی، در این ستون شماره ردیف داده می‌شود.

- مختصات نقطه‌ای (U.T.M)

مختصات نقطه‌ای چاه مشاهده‌ای برحسب متر در شبکه U.T.M تعیین و در این قسمت نوشته می‌شود. به منظور ترتیب در شماره‌گذاری چاهها، توصیه می‌شود که ابتدا همه چاهها برحسب X به طور افزایشی در فواصل ۵ کیلومتری دسته بندی شده و سپس در هر دسته بر اساس Y به طور صعودی مرتب شوند.

- نام محل

نام روستایی که چاه مشاهده‌ای در آن واقع شده و یا نام زمینی که چاه در آن قرار دارد و به آن مشهور است، در این ردیف نوشته می‌شود.

- تاریخ اندازه گیری

تاریخ روز و ماه و سال اندازه گیری عمق سطح آب، در مقابل چاه مشاهده ای مربوط و در ستون مشخص شده، نوشته می شود.

- عمق سطح آب

عمق سطح ایستابی برحسب متر تا دو رقم اعشار اندازه گیری شده و در این ردیف نوشته می شود.

- ملاحظات

هرگونه تغییراتی که در چاه مشاهده ای به عمل آمده و یا به هر دلیل اندازه گیری انجام نشده، به طور کلی، هر موضوعی که در اندازه گیری تغییر ایجاد کرده باشد، در این ستون در مقابل همان چاه مشاهده ای نوشته می شود.

- نام و امضای مسئول اندازه گیری

در این محل، امضای اندازه گیرنده به طور خوانا درج می شود.

- نام واحد اقدام کننده

در این قسمت، نام واحد اقدام کننده و یا سازمانی که مسئولیت اندازه گیری را به عهده دارد، نوشته می شود.

برگ شناسایی پیزومتر

محدوده مطالعاتی

کد فرم (۰۶-۲۴۲-الف)

۱- کد محدوده مطالعاتی :	۱۵- ارتفاع معادل فشار در نقطه نصب فشارسنج (متر) :
۲- مختصات شبکه (U.T.M به کیلومتر) : X = Y =	۱۶- ارتفاع سطح پیزومتری (متر) :
	۱۷- روش حفاری :
۳- مختصات نقطه‌ای (U.T.M به متر) : X = Y =	۱۸- شرکت حفار :
	۱۹- قطر حفاری : قطر (اینچ) : طول (متر) : قطر (اینچ) : طول (متر) : قطر (اینچ) : طول (متر) :
۴- کد پیزومتر :	۲۰- قطر لوله جدار : قطر (اینچ) : طول (متر) : قطر (اینچ) : طول (متر) : قطر (اینچ) : طول (متر) :
۵- ارتفاع از سطح دریا (متر) : نقطه مبنا :	
۶- استان :	۲۱- طول لوله جدار مشبک (متر) :
۷- شهرستان :	۲۲- طول لوله جدار غیرمشبک (متر) :
۸- بخش :	۲۳- بلوک سیمانی : دارد ☐ ندارد ☐
۹- روستا :	۲۴- جنس لوله جدار :
۱۰- نام مالک :	۲۵- نوع سازند : آبرفتی ☐ سازند سخت ☐
۱۱- سال حفاری :	۲۶- نمونه خاک : دارد ☐ ندارد ☐
۱۲- عمق چاه (متر) :	۲۷- صافی شنی (گراول پکینگ) : دارد ☐ ندارد ☐
۱۳- عمق برخورد به سطح لایه تحت فشار (متر) :	۲۸- کلرید (میلی گرم بر لیتر) :
۱۴- ارتفاع نقطه نصب فشارسنج (متر) :	۲۹- رسانندگی الکتریکی (میکرومهموس بر سانتی‌متر) :
	۳۰- اسیدیته (pH) :

۳۲- لوله گذاری و برش زمین شناسی				۳۱- کروی محل چاه مشاهده ای :
عمق (متر)	لوگ زمین شناسی	شرح لایه ها	قطر حفاری و مقطع لوله گذاری (متر)	
				ملاحظات :
نام و امضای تهیه کننده :				نام واحد اقدام کننده :

- تعریف پیزومتر

در بررسی آبهای زیرزمینی، پیزومتر لوله غیرمشبکی است که برای تعیین فشار ایستابی لایه موردنظر، به صورت منفرد یا گروهی و به طور قائم در لایه های اشباع نصب می شود.

- سازمان یا شرکت آب منطقه ای و محدود مطالعاتی

همانند دستورالعمل تکمیل برگ شناسایی چاه مشاهده ای نوشته می شود. بندهای برگ شناسایی پیزومتر به قرار زیر است :

- ردیف ۱ تا ۱۲

در مورد تکمیل این ردیفها، به شرح ردیفهای ۱ تا ۱۲ دستورالعمل تکمیل برگ شناسایی چاه مشاهده ای مراجعه شود.

۱۳- عمق برخورد به سطح لایه تحت فشار (متر)

هنگام حفاری پیزومتر، عمق برخورد به سطح آب لایه تحت فشار برحسب متر تا دو رقم اعشار تعیین و در این ردیف نوشته می شود.

۱۴- ارتفاع نقطه نصب فشارسنج (متر)

ارتفاع مطلق نقطه نصب فشارسنج با استفاده از ارتفاع نزدیک ترین نقطه مبنا به پیزومتر به وسیله ترازباب مشخص و برحسب متر تا دو رقم اعشار در این ردیف نوشته می شود.

۱۵- ارتفاع معادل فشار در نقطه نصب فشارسنج (متر)

مقدار فشار آب لایه تحت فشار در نقطه نصب فشارسنج اندازه گیری شده و پس از تبدیل به ارتفاع معادل فشار برحسب متر تا دو رقم اعشار در ردیف مربوط نوشته می شود.

۱۶- ارتفاع سطح پیزومتری (متر)

ارتفاع سطح پیزومتری از حاصل جمع مقادیر اندازه گیری شده در بندهای ۱۴ و ۱۵ مطابق رابطه ۳-۱ تعیین و در این ردیف برحسب متر تا دو رقم اعشار نوشته می شود.

- از ردیف ۱۷ تا ۳۲

در مورد تکمیل این ردیفها، به شرح ردیفهای ۱۵ تا ۳۰ دستورالعمل تکمیل برگ شناسایی چاه مشاهده ای مراجعه شود.

- ملاحظات، نام واحد اقدام کننده و نام و امضای تهیه کننده

همانند دستورالعمل تکمیل برگ شناسایی چاه مشاهده ای نوشته شود.

برگ اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتری

محدوده مطالعاتی :

کد محدوده مطالعاتی :

نام دشت :

کد فرم (۰۷-۲۴۲-الف)

نام و امضای مسئول اندازه‌گیری	ملاحظات	ارتفاع سطح پیزومتری (متر)	ارتفاع معادل فشار در نقطه نصب فشارسنج (متر)	ارتفاع نقطه نصب فشارسنج (متر)	تاریخ اندازه‌گیری			نام محل	مختصات نقطه‌ای (UTM)	ردیف
					روز	ماه	سال			
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	
									X = Y =	

نام واحد اقدام کننده :

۵-۲-۳-۴ شیوه تکمیل برگ اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتری

برگ اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتری برای ثبت ماهانه نتایج اندازه‌گیری کلیه پیزومترهایی که در یک محدوده مطالعاتی و یا دشت وجود دارند، به کار گرفته می‌شود. این فرم توسط تکنیسین به تناسب کارکرد روزانه و بلافاصله پس از انجام اندازه‌گیری تکمیل و سپس نتایج آن در برگهای آبنگار (هیدروگراف) هر پیزومتر منتقل و نگهداری می‌شود. شیوه تکمیل برگ اندازه‌گیری ارتفاع سطح پیزومتری به شرح زیر است :

- سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

نام سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای که پیزومتر در حوزه عمل آن قرار دارد، در مقابل این عبارت نوشته می‌شود.

- محدوده مطالعاتی، کد محدوده مطالعاتی و نام دشت

سه مورد بالا، همانند شیوه تکمیل برگ اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی چاه مشاهده‌ای نوشته می‌شود.

- ردیف، مختصات نقطه‌ای، نام محل و تاریخ اندازه‌گیری

چهار ستون اول سمت راست فرم، مشابه آنچه در تکمیل برگ اندازه‌گیری عمق سطح ایستابی چاه مشاهده‌ای بیان گردید، نوشته می‌شود.

- ارتفاع نقطه نصب فشارسنج (متر)

برای پرهیز از تکرار مطلب، مشخصات این ردیف عیناً از ردیف برگ شناسایی پیزومتر و یا بانک اطلاعاتی، استخراج شده و در این ستون نوشته می‌شود.

- ارتفاع معادل فشار در نقطه نصب فشارسنج (متر)

مقدار فشار لایه تحت فشار در نقطه نصب فشارسنج اندازه‌گیری شده و پس از تبدیل به ارتفاع معادل فشار برحسب متر تا دو رقم اعشار در این ردیف نوشته می‌شود.

- ارتفاع سطح پیزومتری (متر)

ارتفاع سطح پیزومتری، از حاصل جمع مقادیر اندازه‌گیری شده در دو ستون قبل، براساس رابطه ۳-۱ به‌دست آمده و برحسب متر تا دو رقم اعشار در این ستون ثبت می‌شود.

ملاحظات

هرگونه تغییراتی که در پیزومتر به وجود آمده و یا به هر دلیل اندازه‌گیری میسر نشده و به طور کلی هر موضوعی که در اندازه‌گیری تغییر حاصل کرده باشد، در این ستون نوشته می‌شود.

– نام و امضای مسئول اندازه‌گیری

در این ردیف، نام و امضای اندازه‌گیرنده به طور خوانا درج می‌شود.

– نام واحد اقدام کننده :

در این ردیف نام واحد اقدام کننده و یا دستگاهی که برای آن اندازه‌گیری انجام می‌گردد، درج می‌شود.

* ۶- اندازه‌گیری بده

تعریف بده

بده، حجم آبی است که در واحد زمان از مقطعی عمود بر جهت جریان عبور می‌کند. واحد آن در سیستم متریک که در ایران متداول است، در جریانهای کم مانند چاه، قنات و چشمه‌های کوچک برحسب لیتر بر ثانیه و در جریانهای زیاد مانند رودخانه و چشمه‌های بزرگ، برحسب متر مکعب بر ثانیه بیان می‌شود. معمولاً در بیشتر روشهای متداول، میزان بده از حاصل ضرب سرعت میانگین در سطح مقطع جریان به‌دست می‌آید و فرمول کلی آن عبارت است از :

$$Q = A \cdot V \quad (۱-۶)$$

که در این رابطه:

Q = بده (آبدهی) جریان

V = سرعت میانگین جریان

A = سطح مقطع جریان

در بیشتر روشها، تعیین میزان بده با اندازه‌گیری دو عامل بالا، امکان‌پذیر است. در زیر، روشهای معمول و متداول اندازه‌گیری بده شرح داده می‌شود. لازم به ذکر است که روشها و ضوابط اندازه‌گیری بده با استفاده از سرریز، پارشال فلوم و روزنه در نشریه شماره ۱۰۶ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور تحت عنوان «ضوابط و معیارهای فنی شبکه‌های آبیاری و زهکشی: اندازه‌گیری جریان» ارائه شده است و لذا در این نشریه به آن پرداخته نمی‌شود.

۱-۶ روش حجمی^۱

ساده‌ترین و آسان‌ترین روش اندازه‌گیری بده در جریانهای کم، اندازه‌گیری مستقیم آب از راه هدایت آن به داخل ظرفی با حجم معین است. بدین منظور، پیمانه‌ای که از پیش ظرفیت آن مشخص شده است، در مسیر جریان ریزشی آب قرار داده شده و زمان پرشدن آن اندازه‌گیری می‌گردد. در این حالت، بده براساس رابطه ۶-۲ محاسبه می‌شود :

$$Q = \frac{\text{حجم ظرف به لیتر}}{\text{زمان پرشدن ظرف به ثانیه}} \quad (۲-۶)$$

(لیتر بر ثانیه)

توصیه می‌شود در این روش، از بشکه‌های استاندارد ۲۲۰ لیتری استفاده شود.

برحسب زمان پرشدن ظرف، خطایی در این اندازه‌گیری صورت می‌گیرد و در مواردی که زمان از ۱۰ ثانیه کمتر باشد احتمال خطا تا ۳۰ درصد افزایش می‌یابد. در این صورت، اندازه‌گیری سه بار تکرار شده و معدل زمان، ملاک محاسبه قرار می‌گیرد.

۲-۶ روش جسم شناور^۱

این روش، روش سریع و تقریبی اندازه‌گیری مقدار آبدهی در یک نهر یا رودخانه است و معمولاً در مواقعی استفاده می‌شود که دسترسی به وسایل اندازه‌گیری وجود ندارد و دقت آن نیز مورد توجه نمی‌باشد. در این روش، بازه‌ای از نهر یا رودخانه که کاملاً مستقیم بوده و شکل مقطع آن نیز تقریباً یکنواخت است انتخاب شده و در وسط آن، سطح مقطعی از جریان، اندازه‌گیری می‌شود و چنانچه سطح مقطع مسیر انتخاب شده متغیر باشد، میانگین مساحت چند مقطع در نظر گرفته خواهد شد. برای اندازه‌گیری سرعت، دو نشانه در طول نهر یا رودخانه، به فاصله مناسب (دست کم ۱۰ متر) انتخاب می‌شود و جسم شناوری که حتی المقدور اثر باد بر روی آن کم باشد، در بالادست نشانه اول در وسط نهر که سرعت را دارد، در آب رها می‌شود. زمانی که جسم شناور به نشانه اول می‌رسد، زمان با زمان‌سنج یا ثانیه‌شمار مشخص شده و هنگامی که جسم فاصله انتخاب شده را طی کرد و به دومین نشانه رسید، بار دیگر زمان تعیین و یادداشت می‌شود. به این ترتیب مدت زمانی که جسم شناور فاصله انتخابی را طی کرده، به دست می‌آید. از تقسیم فاصله بین دو نشانه به مدت زمان عبور جسم از این فاصله، بیشترین سرعت سطحی به دست خواهد آمد.

$$V_s = \frac{L}{t} \quad (۳-۶)$$

در این رابطه :

V_s = بیشترین سرعت سطحی بر حسب متر بر ثانیه

L = فاصله بین دو نشانه بر حسب متر

t = زمان عبور جسم شناور بر حسب ثانیه.

برای تعیین زمان دقیق تر (t)، معمولاً عمل اندازه‌گیری سه بار تکرار و میانگین آنها ملاک محاسبه قرار می‌گیرد. سرعت میانگین مقطع جریان از حاصل ضرب ضریب K که میانگین آن معادل $۰/۸$ است در بیشترین سرعت سطحی به دست می‌آید. بنابراین، مقدار آبدهی مورد اندازه‌گیری از روش جسم شناور از روابط $۴-۶$ و $۵-۶$ به دست می‌آید :

$$Q = A \cdot V_m \quad (۴-۶)$$

$$V_m = K \cdot V_s \quad (۵-۶)$$

در این روابط :

Q = مقدار بده بر حسب متر مکعب بر ثانیه

A = سطح مقطع جریان بر حسب متر مربع

V_m = سرعت میانگین جریان بر حسب متر بر ثانیه

K = ضریب تعدیل سرعت.

امروزه در روش اندازه‌گیری بده با جسم شناور، از شناورهای پیش ساخته که به صورت میله یا اجسام کروی شکل مستغرق در آب می‌باشد، استفاده می‌شود، ولی در صورت عدم دسترسی به این وسایل، می‌توان از بطریهایی که $\frac{2}{3}$ آن از آب پر شده باشد نیز استفاده کرد.

برای تعیین سطح مقطع جریان، در رودخانه‌ها و نهادهای کم‌عرض می‌توان با استفاده از میله یا خط کش چوبی، عمق متوسط را اندازه‌گیری و در عرض میانگین مقطع ضرب کرد و در بسترهای عریض، یک طناب را که در فواصل معین (هر ۰/۵ متر یا ۱ متر) گره زده شده است، در عرض رودخانه و بالای سطح آب به صورت کشیده قرار داده و در هریک از گره‌ها، عمق آب توسط یک خط کش چوبی مدرج اندازه‌گیری می‌شود. سپس سطح مقطع از طریق محاسبه سطوح کوچک و جمع آنها به دست می‌آید.

۳-۶ روش سقوط آزاد آب از لوله‌ها

روش آسان و تقریباً ساده برای محاسبه بده جریانهای آب از محیطهای بسته به باز مانند لوله آبدۀ چاهها، استفاده از فرمول سقوط اجسام است. در این روش، با بهره‌گیری از فرمول نیوتن درباره سقوط آزاد اجسام و برحسب آنکه لوله آبدۀ به صورت افقی یا عمودی باشد، روشها و فرمولهای متفاوتی به کار می‌رود که در زیر به شرح مختصر هر کدام پرداخته می‌شود :

۳-۶-۱ اندازه‌گیری در لوله‌های آبدۀ افقی (روش جت)

در این روش، با به کارگیری یک گونیای فلزی یا چوبی که بازوی کوتاه آن دارای طول ثابت یک فوت یا ۱۲ اینچ (۳۰/۴۸ سانتی‌متر) و بازوی بلند آن ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌باشد، عمل اندازه‌گیری انجام می‌شود (شکل ۶-۱). بدین منظور بازوی بلند گونیا را بر روی لوله افقی مماس کرده و آن را آنقدر به جلو و یا عقب می‌رانیم تا نوک بازوی کوتاه با سطح رانش آب تماس یابد، در این حالت با قرائت طول خط‌کش یعنی فاصله افقی پرتاب آب و با دانستن قطر لوله آبدۀ، بده با استفاده از رابطه ۴-۶ محاسبه می‌شود :

$$Q = K.A.L = \frac{\pi}{4} K D^2 . L \quad (6-6)$$

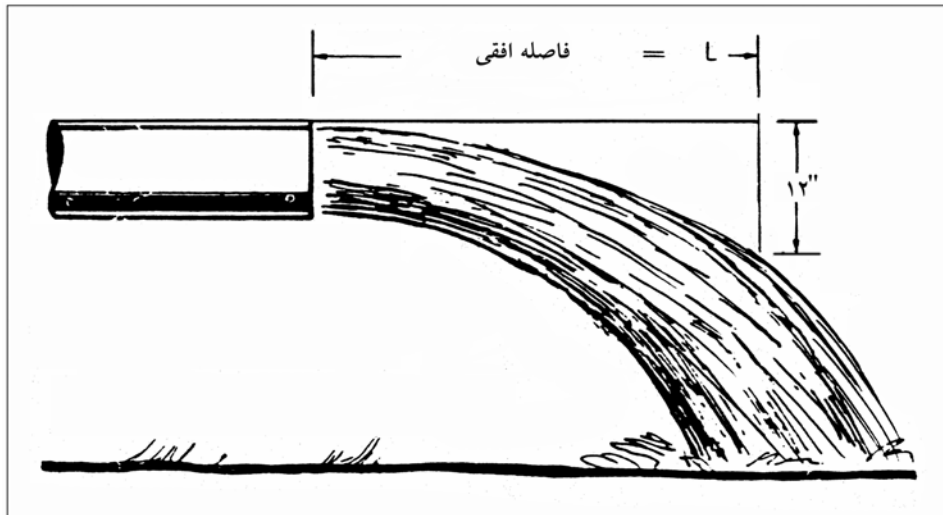
در این رابطه :

Q = بده

A = سطح مقطع لوله

L = فاصله افقی رانش آب

D = قطر لوله آبدۀ



شکل ۶-۱- اندازه‌گیری بده در لوله‌های افقی پر به روش جت

K = ضریب ثابتی است که بستگی به واحدهای انتخابی در فرمول داشته و در حالتی که بده برحسب متر مکعب بر ساعت، A برحسب اینچ مربع و L برحسب سانتی‌متر باشد، مقدار K برابر $۰/۰۹۰۵$ خواهد بود. در صورتی که بده (Q) برحسب لیتر بر ثانیه و سطح (A) برحسب اینچ مربع و L برحسب سانتی‌متر باشد، مقدار ضریب K برابر $۰/۰۲۵۱$ است که در این حالت رابطه ۶-۶ به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود :

$$Q = \left(\frac{\pi}{4} \times 0/0251 \right) D^2 \cdot L \quad (۷-۶)$$

$$Q = 0/0197 D^2 \cdot L$$

نکات زیر باید در اندازه‌گیری بده به روش جت مورد توجه قرار گیرد:

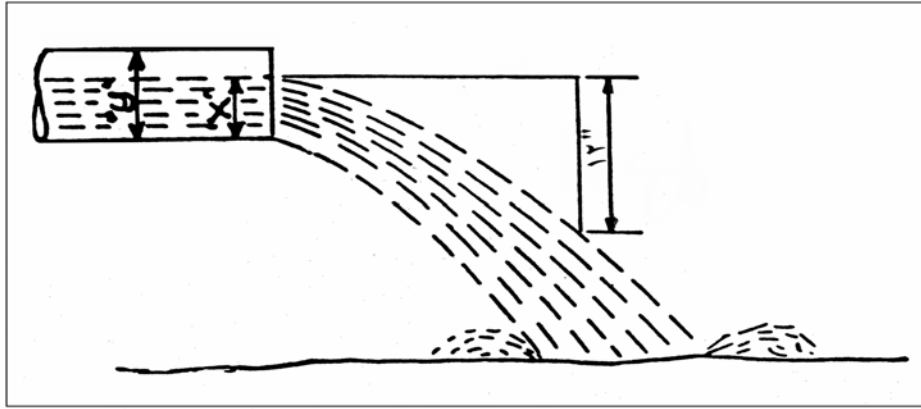
لوله آبد باید کاملاً افقی و از آب پر باشد. در صورتی که آب به طور نیمه‌پر (سرخالی) در لوله آبد جاری شود (شکل ۶-۲) رابطه ۶-۷ به صورت زیر در می‌آید:

$$Q = 0/0197 D^2 L \frac{X}{Y} \quad (۸-۶)$$

که در آن :

X = ارتفاع آب در لوله

Y = قطر لوله آبد



شکل ۶-۲- اندازه‌گیری بده در لوله‌های افقی نیمه‌پر (سرخالی) به روش جت

به این ترتیب، نتیجه حاصل از فرمولهای قبلی در مورد لوله‌های پر در ضریب $\frac{X}{Y}$ ضرب می‌شود. شکل ۶-۲ چگونگی اندازه‌گیری را نشان می‌دهد. در صورتی که ضلع افقی گونیای اندازه‌گیری بر روی لوله قرار داده شود، در این صورت به ضلع قائم گونیا باید اختلاف (Y-X) را برحسب اینچ اضافه کرد. به این ترتیب، ضلع گونیای اندازه‌گیری باید (Y-X) + ۱۲ اینچ باشد. جدول ۱ مربوط به اندازه‌گیری بده در لوله‌های افقی به روش جت، در پیوست این دستورالعمل آمده است.

۶-۳-۲ اندازه‌گیری در لوله‌های آبده قائم

در مواردی که لوله آبده به صورت قائم باشد، برای محاسبه بده ارتفاع پرش آب، از لبه لوله تا بالاترین نقطه رانش آب اندازه‌گیری و با استفاده از رابطه ۴-۹ بده محاسبه می‌شود:

$$Q = K \cdot D^2 \cdot \sqrt{H} \quad (۹-۶)$$

در این رابطه :

Q = بده برحسب لیتر بر ثانیه

D = قطر لوله برحسب اینچ

H = ارتفاع پرش قائم آب بر حسب سانتی‌متر

K = ضریب ثابتی است که با توجه به واحدهای بالا برابر با ۰/۲۲۲۷ می‌باشد.

جدولهای ۲ تا ۵ مربوط به اندازه‌گیری بده در لوله‌های قائم به روش جت، در پیوست این دستورالعمل آمده است.

۴-۶ اندازه‌گیری بده با استفاده از سرعت‌سنج (مولینه)^۱

متداول‌ترین روش اندازه‌گیری سرعت جریان آب، استفاده از سرعت‌سنج (مولینه) است. سرعت‌سنج ابزاری است که برای اندازه‌گیری سرعت جریان آب سطحی به کار می‌رود و در دو نوع اصلی زیر دیده می‌شود:

۱- نوع پروانه‌ای یا سرعت‌سنج با محور چرخش افقی (حرکت پروانه آنها حول یک محور افقی است)

۲- نوع پیاله‌ای (فنجان‌ی) یا سرعت‌سنج با محور چرخش قائم (حرکت پروانه آنها حول یک محور قائم است)

به طور کلی سرعت‌سنج‌ها بر اساس رابطه بین سرعت جریان آب و سرعت چرخش محور متحرک ساخته شده‌اند، که این رابطه به صورت زیر بیان می‌شود:

$$V = aN + b \quad (۱۰-۶)$$

که در آن:

V = سرعت جریان بر حسب متر بر ثانیه

N = تعداد دور محور متحرک در ثانیه

a و b = دو مقدار ثابت می‌باشند.

a و b ضرایب ثابت تعیین شده توسط کارخانه‌های سازنده مولینه هستند و لازم است برای هر مولینه، ضرایب هر چند وقت یک‌بار در آزمایشگاه واری و کنترل شود.

دستگاه سرعت‌سنج مجهز به شمارنده^۲ با دقت ثانیه است و می‌تواند تعداد دور گردش پروانه در ثانیه را نشان دهد. بر حسب مقدار N ، مقادیر a و b از جدول موجود برای هر مولینه استخراج و سپس مقدار V محاسبه می‌شود.

برای اندازه‌گیری سرعت آب در عمق‌های کم یا زیاد و همچنین سرعت‌های کند یا تند، هر مولینه دارای پروانه‌های مختلفی است که متناسب با چگونگی جریان آب، در اندازه‌گیری از آن استفاده می‌شود.

۴-۶-۱ ضوابط اندازه‌گیری بده با سرعت‌سنج (مولینه)

اندازه‌گیری باید در محلی انجام شود که قبلاً در مورد شرایط و ضوابط تأسیس ایستگاه توضیح داده شد. نظر به اینکه مقدار سرعت در نقاط مختلف عرض رودخانه و همچنین در اعماق آب متغیر است، برای محاسبه بده باید رودخانه به مقاطع مختلف تقسیم شده و در هر مقطع، در یک یا چند نقطه از عمق آب، سرعت اندازه‌گیری گردد و پس از محاسبه سرعت میانگین در هر مقطع با استفاده از رابطه ۱۱-۶ بده را محاسبه کرد:

$$Q = \sum_{i=1}^n s_i v_i \quad (۱۱-۶)$$

که در آن: s_i مساحت مقطع جزئی، v_i سرعت میانگین در آن مقطع و n تعداد کل مقاطع می‌باشد.

1 - Current meter

2 - Counter

برای اندازه‌گیری سرعت در مقاطع مختلف باید از عرض رودخانه عبور کرد. بدین منظور در ابتدا عرض رودخانه به چند قسمت تقسیم می‌شود به گونه‌ای که فاصله بین محورهای عمودی ثابت باشد، ولی بر اساس توصیه سازمان هواشناسی جهانی، قاعده کلی بر این است که عرض مقاطع جزئی نباید بیش از ۵ درصد عرض رودخانه باشد و بده عبوری از هر مقطع جزئی نباید بیش از ۱۰ درصد بده رودخانه باشد. در مواردی که بستر رودخانه شکل منظمی دارد، می‌توان تعداد مقاطع را کم کرد. در هر حال، تعداد مقاطع باید به گونه‌ای باشد که پستی و بلندیهای بستر، توسط آن تقسیم بندی، کاملاً مشخص شود.

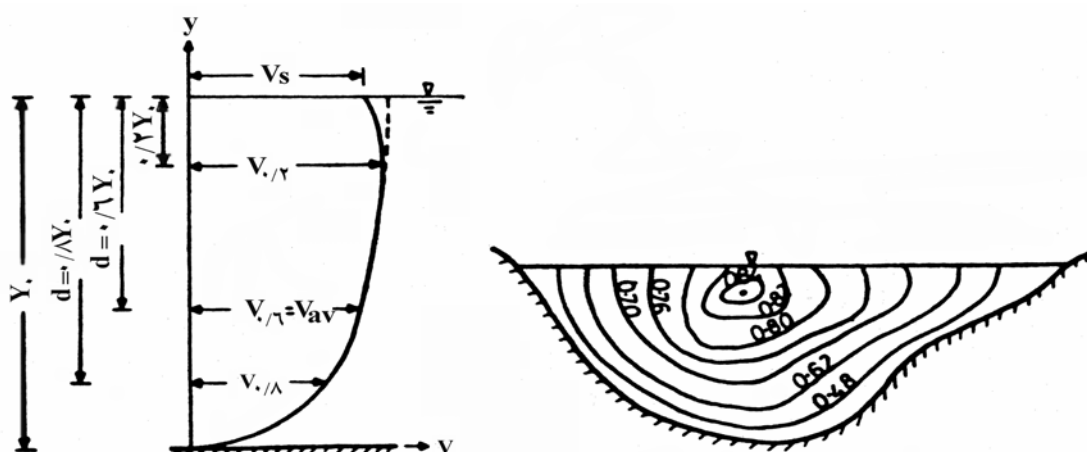
با توجه به مطالب بالا، لازم است فرد اندازه‌گیرنده، شناختی از وضعیت رودخانه و تغییرات سرعت در عرض و عمق داشته باشد تا بتواند نسبت به اندازه‌گیری دقیق جریان اقدام نماید. بنابراین، در ادامه ابتدا تغییرات سرعت مورد بررسی قرار گرفته و سپس شیوه عبور از رودخانه و اندازه‌گیری و محاسبه سرعت میانگین در مقاطع جزئی شرح داده شده و در پایان مراحل مختلف اندازه‌گیری، تصحیحات لازم و شیوه محاسبه بده رودخانه با توجه به فرمهای مربوط تشریح می‌شود.

* ۲-۴-۶ تغییرات سرعت در عرض و عمق رودخانه‌ها و کانالها

از آنجا که سرعت جریان آب در بخشهای مختلف عرض و عمق رودخانه‌ها و کانالها متغیر است، شناخت این تغییرات در دقت اندازه‌گیری جریان حائز اهمیت است.

تغییرات سرعت در عرض بدین صورت است که به علت تماس آب با بستر و کناره‌ها، کمترین مقدار سرعت مربوط به سواحل رودخانه و کانال بوده و مقدار آن تقریباً از صفر شروع شده و در شرایط طبیعی به بیشترین مقدار خود در وسط می‌رسد. تغییرات سرعت در عمق نیز بدین ترتیب است که سرعت در کف کانالها یا بستر رودخانه‌ها صفر یا کمینه بوده و بیشینه آن، نزدیک به سطح آب می‌باشد، به گونه‌ای که تغییرات سرعت در عمق رودخانه‌ها و کانالها در شرایط طبیعی به صورت یک سهمی است.

شکلهای ۳-۶ و ۴-۶ تغییرات سرعت در عرض و عمق کانالها و رودخانه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۶ - تغییرات سرعت در عرض یک رودخانه شکل ۴-۶ - تغییرات سرعت در عمق رودخانه

۳-۴-۶ عبور از عرض رودخانه

برحسب مقدار بده رودخانه و آرام یا طغیانی بودن آن، و امکانات موجود در ایستگاهها برای اندازه‌گیری سرعت در مقطع رودخانه، از روشهای زیر استفاده می‌شود.

۱-۳-۴-۶ عبور از داخل آب

هنگامی که ارتفاع و سرعت آب رودخانه کم باشد (ارتفاع حدود یک متر) می‌توان با پوشیدن چکمه ساق بلند وارد آب شد. برای اینکه محل نقاط اندازه‌گیری در عرض رودخانه مشخص باشد باید یک متر نواری فلزی در عرض رودخانه کشیده شده و در دو طرف به ساحل مهار گردد. به گونه‌ای که به صورت افقی درآید. در این روش، نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- مسیر طی شده مستقیم و عمود بر جهت جریان باشد،
- میله سرعت‌سنج کاملاً قائم نگهداشته شده و محور پروانه موازی خطوط جریان باشد (در مولینه‌هایی که محور عمود بر میله است)،
- در اندازه‌گیری سرعت، شخص اندازه‌گیرنده موقعیت قرار گرفتن پاهای خود را نسبت به سرعت‌سنج به گونه‌ای تنظیم کند که کمترین تأثیر را بر سرعت آب داشته باشد. برای این کار در حد امکان باید پاها را دورتر از محل سرعت‌سنج قرار داد.

۲-۳-۴-۶ عبور از روی پلها

در مواقع پرآبی و سرعتهای زیاد که امکان ورود به رودخانه وجود ندارد، از پلهای ساخته شده بر روی رودخانه‌ها یا پلهای کابلی (پل کابلی) استفاده می‌شود. برای این منظور، از سیم بکسل یا کابل که به انتهای آن وزنه سنگینی آویزان است، برای فروبردن سرعت‌سنج در آب استفاده می‌شود.

الف - پل ساخته شده

اندازه‌گیری را می‌توان در مقطع سراب یا پایاب پل انجام داد و قانون خاصی برای انتخاب یکی از این دو وجود ندارد.

- مزایا و معایب اندازه‌گیری در سراب پل

- در این حالت، شرایط هیدرولیکی دهانه پل مناسب‌تر است.
- در بالای پل، می‌توان نزدیک شدن موانعی را که آب با خود حمل می‌کند و برخورد آنها باعث شکستگی یا خرابی سرعت‌سنج می‌شود، مشاهده کرد.
- در این حالت، جریان، سرعت‌سنج را به جدار پل نزدیک کرده و امکان برخورد با جدار وجود دارد. در نتیجه اندازه‌گیری زاویه انحراف با مشکل روبه‌رو خواهد شد.

- مزایا و معایب اندازه‌گیری در پایاب پل :

- اندازه‌گیری زاویه انحراف آسان‌تر و دقیق‌تر است. زیرا در این حالت، جهت جریان، سرعت‌سنج را از جدار پل دور می‌کند.
 - خطوط جریان در این حالت، معمولاً دور از دهانه پل حالت مستقیم و موازی به خود می‌گیرند.
 - اجسام شناور و غوطه‌ور در داخل آب دیده نمی‌شوند.
- در هر صورت، انتخاب سراب یا پایاب پل برای اندازه‌گیری، باید با توجه به عوامل یاد شده و همچنین شرایط فیزیکی و وضع رفت و آمد پل صورت گیرد.
- چنانچه پل رودخانه از چند دهانه تشکیل شده باشد، باید اندازه‌گیری از هر دهانه به‌طور مستقل انجام گیرد (عمل اندازه‌گیری و محاسبه جداگانه صورت پذیرد).

ب - پل کابلی

معمولاً برای اندازه‌گیری سرعت در بیشتر رودخانه‌ها از پل کابلی استفاده می‌شود. این پل‌ها بر دو نوع هستند:

- پل کابلی با اتاقک

این پل از سیم فلزی ضخیمی که در عرض رودخانه کشیده شده و به فاصله یک متری مدرج گردیده، و اتاقک آویزان به آن، تشکیل شده است. متصدی اندازه‌گیری می‌تواند داخل اتاقک شده و در مقاطع مختلف اندازه‌گیری کند.

- پل کابلی با کابل هدایت شونده (پل کابلی ساحلی)

در پلهایی که بدون اتاقک هستند، سرعت‌سنج متصل به کابل بوده و از کنار رودخانه هدایت می‌شود، به گونه‌ای که می‌تواند هم حرکت افقی و هم حرکت قائم داشته باشد. مولینه را می‌توان با دقت کافی از ساحل کنترل کرد و در فواصل مختلف عرض رودخانه و همچنین در عمق‌های مختلف سرعت جریان را اندازه گرفت. فواصل عرض و عمق توسط کارخانه سازنده به‌دقت مشخص شده و از روی شمارنده‌هایی که روی دستگاه نصب گردیده، قابل اندازه‌گیری است.

۴-۳-۳ عبور با قایق

این روش برای رودخانه‌های عریض و عمیق، در مواردی که امکان استفاده از پل ساختمانی و تلفریک وجود ندارد، به کار گرفته می‌شود. چنانچه عرض رودخانه مناسب عبور و مرور نباشد، می‌توان از یک سیم بلند برای مشخص کردن مسیر اندازه‌گیری و اتصال قایق به آن استفاده کرد. بدیهی است که قطر کلاف سیم با توجه به سرعت جریان و عرض رودخانه و نیروهای وارد به آن، محاسبه و انتخاب می‌شود. چنانچه عبور و مرور در سطح رودخانه زیاد باشد، قایق به وسیله لنگر (اجسام سنگین آویزان از قایق) نگه داشته شده و مسیر آن با دوربین نقشه برداری تنظیم و از ساحل کنترل می‌شود.

برای جلوگیری از اثر قایق بر روی جریان آب مجاور آن، که با سرعت‌سنج اندازه‌گیری می‌شود، تا حد امکان باید سرعت‌سنج را در فاصله دورتری از قایق وارد رودخانه کرد.

این روش، خطرهایی برای کارکنان اندازه‌گیرنده دارد و لازم است از وسایل ایمنی مانند جلیقه نجات استفاده شود.

۴-۳-۴-۶ عبور از پوشش یخی

چنانچه پوشش یخی روی رودخانه قطر کافی برای تحمل وزن شخص اندازه گیرنده را داشته باشد، در این صورت سطح یخ را به اندازه محل ورود مولینه سوراخ کرده و سپس مولینه را وارد رودخانه کرده و سرعت را اندازه می گیرند.

* ۴-۴-۶ اندازه گیری و محاسبه سرعت میانگین

برای محاسبه سرعت میانگین در یک امتداد قائم در آب، بسته به وضعیت رودخانه در زمان اندازه گیری (آرام یا طغیانی) و عمق آب در آن مقطع و وضعیت فیزیکی بستر رودخانه، در یک یا چند نقطه به شرح زیر سرعت اندازه گیری می شود و براساس آن، سرعت میانگین نیز محاسبه می شود.

۴-۴-۶-۱ روش پنج نقطه ای

در این روش، سرعت در اعماق $0/2$ ، $0/6$ و $0/8$ از سطح نسبت به عمق کل و همچنین نزدیکی سطح و کف بستر اندازه گیری شده و میانگین سرعت از رابطه ۶-۱۲ به دست می آید.

$$V_m = \frac{1}{10} (V_s + 3V_{0/2} + 2V_{0/6} + 3V_{0/8} + V_b) \quad (6-12)$$

که در آن V_s سرعت در نزدیکی سطح و V_b سرعت در نزدیکی بستر است. این روش هنگامی که توزیع عمودی سرعت بسیار نامنظم باشد، استفاده می شود.

۴-۴-۶-۲ روش سه نقطه ای

در این روش، سرعت در اعماق $0/2$ ، $0/6$ و $0/8$ از سطح آب نسبت به عمق کل اندازه گیری شده و سرعت میانگین از رابطه ۶-۱۳ به دست می آید.

$$V_m = \frac{1}{4} (V_{0/2} + 2V_{0/6} + V_{0/8}) \quad (6-13)$$

این روش هنگامی مورد استفاده قرار می گیرد که زبری بستر زیاد و در نتیجه توزیع سرعت غیریکنواخت باشد.

۴-۴-۶-۳ روش دو نقطه ای

در این روش سرعت در اعماق $0/2$ و $0/8$ از سطح آب نسبت به عمق کل اندازه گیری شده و سرعت میانگین از رابطه ۶-۱۴ به دست می آید.

$$V_m = \frac{1}{2} (V_{0/2} + V_{0/8}) \quad (6-14)$$

این روش در اندازه گیری هایی که عمق آب بیش از ۶۰ سانتی متر باشد، به کار می رود.

۴-۴-۴-۶ روش یک نقطه‌ای

در این روش اندازه‌گیری سرعت تنها در یک نقطه انجام می‌شود.

- عمق ۰/۶ از سطح آب

در این حالت، سرعت آب در یک نقطه در عمق ۰/۶ از سطح آب نسبت به عمق کل اندازه‌گیری می‌شود و سرعت در این عمق برابر سرعت میانگین است.

$$V_m = V_{0/6} \quad (۱۵-۶)$$

معمولاً در عمق‌هایی تا یک متر، به‌ویژه هنگامی که به علت وجود قطعات یخ و اجسام شناور در نزدیکی سطح آب امکان اندازه‌گیری نباشد و برای سیل‌های زودگذر، از این روش استفاده می‌شود.

- عمق ۰/۲ از سطح آب

در این روش، سرعت جریان آب در عمق ۰/۲ از سطح آب نسبت به عمق کل اندازه‌گیری شده و رابطه آن با سرعت میانگین به صورت زیر است.

$$V_m = 0.88 V_{0/2} \quad (۱۶-۶)$$

این روش اغلب در مواقعی به کار می‌رود که میزان بده رودخانه زیاد و جریان آب سریع باشد. برای استفاده از این روش، باید از یک مقطع عرضی ثابت و معمولی استفاده شود.

تذکر:

در ایستگاه‌های جدید لازم است توزیع سرعت در عمق با تعیین سرعت به تعداد ۶ تا ۱۰ نقطه در هر محور عمودی بررسی شده و سپس روش مناسب اندازه‌گیری سرعت به شرحی که در بالا توضیح داده شد، انتخاب شود.

۴-۴-۵ مراحل اندازه‌گیری بده با سرعت سنج به روش متداول

در ابتدا لازم به ذکر است که اندازه‌گیری بده باید توسط دو نفر انجام پذیرد. یکی برای عملیات اندازه‌گیری و دیگری برای ثبت ارقام در برگ اندازه‌گیری بده که دستورالعمل تکمیل آن در ادامه آورده شده است.

- روش اندازه‌گیری که بیش از همه در دنیا متداول بوده و در ایران نیز از همین روش استفاده می‌شود، به شرح زیر است:
- همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد، اندازه‌گیری باید در محل ایستگاه آب‌سنجی که ضوابط آن قبلاً توضیح داده شد، انجام گیرد.
 - درجه اشل سطح آب برحسب سانتی‌متر، زمان شروع و خاتمه اندازه‌گیری برحسب ساعت و دقیقه و تاریخ اندازه‌گیری در فرم اندازه‌گیری نوشته شود.
 - روش عبور از عرض رودخانه برحسب عمق و سرعت آب در رودخانه و کانال، مشخص شود.
 - براساس آنچه گفته شد، فواصل مقاطع اندازه‌گیری در محل اندازه‌گیری تعیین شود.
 - چنانچه روش عبور از عرض رودخانه، حرکت در رودخانه باشد، برای اینکه محل نقاط اندازه‌گیری در عرض رودخانه مشخص شود، باید یک متر نواری فلزی در عرض رودخانه کشیده شده و به درخت یا عوارض دیگر محکم گردد.
 - ابتدا فاصله لبه رودخانه از مبدأ (صفر متر نوار فلزی) مشخص و سپس در هر نقطه اندازه‌گیری ضمن مشخص کردن فاصله تا مبدأ، توسط میله مدرجی که سرعت‌سنج روی آن سوار است، عمق محل اندازه‌گیری تعیین گردد و آنگاه مولینه در ارتفاع موردنظر، برای اندازه‌گیری سرعت بسته شود.
 - تا عمق حدود دو فوت (۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر)، یک سرعت در عمق $\frac{1}{6}$ از سطح آب که همان سرعت میانگین می‌باشد، اندازه‌گیری شود. نقاطی از رودخانه با عمق بیش از این، سرعت در هر امتداد قائم در دو نقطه در عمقهای $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{8}$ از سطح آب اندازه‌گیری می‌شود.
 - در کناره‌های بستر که امکان اندازه‌گیری در عمقهای یاد شده وجود ندارد، در نقاطی که مولینه می‌تواند مستغرق باشد سرعت سطحی اندازه‌گیری و برای محاسبه سرعت میانگین در ضریبی که توسط تکنیسین اندازه‌گیری تعیین می‌شود (معمولاً $\frac{1}{8}$)، ضرب می‌گردد.
 - چنانچه در مقاطع ابتدا و انتهای بستر امکان اندازه‌گیری سرعت نبوده اما آب در آنها جریان داشته باشد، سرعت میانگین آب در این مقاطع، بر اساس تشخیص تکنیسین اندازه‌گیرنده کسری ($\frac{1}{2}$ تا $\frac{2}{3}$) از سرعت میانگین مقطع بعدی یا قبلی برآورد می‌شود.
 - اگر عبور از عرض رودخانه از بالای پل انجام گیرد، با حرکت گهواره روی کابل، فاصله لبه آب تا مبدأ را مشخص کرده سپس در هر نقطه اندازه‌گیری، ضمن مشخص کردن فاصله از مبدأ با رها نمودن کابلی که مولینه به آن بسته شده، ابتدا فاصله نقطه آویز تا سطح آب را مشخص و سپس فاصله نقطه آویز تا کف بستر را تعیین نموده و از تفاضل آنها عمق آب تعیین می‌گردد. در این حالت، تا عمق بین ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر بسته به اینکه مولینه در چه ارتفاعی از کابل بسته شده باشد، سرعت در عمق $\frac{1}{6}$ از سطح آب اندازه‌گیری شده و در عمقهای بیش از آن در عمقهای $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{8}$ از سطح آب اندازه‌گیری انجام می‌شود. در مورد کناره‌های بستر، به همان روش که قبلاً توضیح داده شد، عمل می‌گردد.
 - در اندازه‌گیری سرعت از روی پل، بویژه در مواقع سیلابی، بسته به سرعت آب، لازم است برای فروبردن مولینه به داخل آب، وزنه دوکی شکل به انتهای کابل بسته شود. همچنین اندازه‌گیری با استفاده از جرثقیل دستی برای حمل

وزنه انجام شود. در چنین مواقعی، سرعت زیاد آب سبب می‌شود کابلی که سرعت‌سنج را به ته رودخانه می‌رساند انحرافی از زاویه قائم پیدا کند. این زاویه برای تصحیح عمق آب که بعداً توضیح داده خواهد شد، اندازه‌گیری می‌شود.

– وزن جسم دوکی شکل که در سرعتهای زیاد در اندازه‌گیری از بالای پل به انتهای کابل بسته می‌شود، به شرح زیر است.

وزن وزنه (به کیلوگرم)	سرعت آب (متر بر ثانیه)
۷	۱
۱۴	۱ – ۱/۵
۱۷	۱/۵ – ۲
۳۵	۲ – ۳
۴۵	> ۳

– ارقام اندازه‌گیری شده در هر مرحله، در فرم برگ اندازه‌گیری بده یادداشت می‌شود.

برگ اندازه‌گیری بده جریان سطحی

کد فرم (۰۸-۲۴۲-الف)

[illegible]

ملاحظات : در یشت صفحه آورده شود.

سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

نام سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای که ایستگاه آب‌سنجی در حوزه مدیریت آن واقع شده، نوشته می‌شود. موارد تکمیل این برگ به قرار زیر می‌باشد:

۱- نام رودخانه یا چشمه ۲- نام ایستگاه ۳- کد ایستگاه

این سه ردیف، با عنوان نام و کدی که در برگ شناسایی ایستگاه برای آن ثبت شده نوشته می‌شود.

۴- تاریخ اندازه‌گیری

در این ردیف، تاریخ اندازه‌گیری به روز، ماه و سال نوشته می‌شود.

۵- زمان شروع اندازه‌گیری

زمان شروع اندازه‌گیری برحسب ساعت و دقیقه در این ردیف نوشته می‌شود.

۶- ارتفاع سطح آب در شروع اندازه‌گیری

ارتفاع سطح آب به‌طور جداگانه از روی اشل و کاغذ دستگاه ثبات سطح آب در شروع اندازه‌گیری با دقت نیم سانتی‌متر خوانده شده و در این ردیف نوشته می‌شود. چنانچه دستگاه ثبات سطح آب درست کار کند، این دو اشل باید منطبق باشند. در صورت وجود اختلاف، فرد اندازه‌گیرنده باید اشل دستگاه ثبات سطح آب را از روی اشل نصب شده تصحیح کرده و موضوع را روی کاغذ دستگاه ثبات سطح آب یادداشت نماید.

۷- زمان خاتمه اندازه‌گیری

زمان خاتمه اندازه‌گیری برحسب ساعت و دقیقه در این ردیف نوشته می‌شود.

۸- ارتفاع سطح آب در خاتمه اندازه‌گیری

ارتفاع سطح آب به‌طور جداگانه از روی اشل و دستگاه ثبات سطح آب در خاتمه اندازه‌گیری با دقت نیم سانتی‌متر خوانده شده و در این ردیف نوشته می‌شود.

۹- مشخصات مولینه

مشخصات مولینه عبارتند از کارخانه سازنده و شماره آن و همچنین شماره پروانه‌ای که در این اندازه‌گیری به‌کار برده شده و به قرار زیر شرح داده شده است :

- نام کشور و کارخانه سازنده

در این ردیف نام کشور و کارخانه سازنده مولینه نوشته می‌شود (نامی که بر روی جعبه مولینه نوشته شده است)

– شماره مولینه

شماره مولینه از روی برجسبی که در داخل جعبه نصب شده قرائت و در این محل نوشته می‌شود.

– شماره پروانه

شماره پروانه‌ای که در این اندازه‌گیری به مولینه بسته شده، در این محل نوشته می‌شود.

۱۰– شماره نقطه

نقاطی از عرض رودخانه که عمق و سرعت آب اندازه‌گیری می‌شود، از ۱، ۲، ۳ و تا آخر به‌طور متوالی شماره‌گذاری شده و در این ستون نوشته می‌شود.

۱۱– فاصله از مبدأ به متر

در اندازه‌گیری آب چه از روی پل و چه عبور از داخل آب، معمولاً لبه آب به عنوان مبدأ اندازه‌گیری انتخاب می‌شود و فواصل بقیه نقاط نسبت به این نقطه سنجیده و در ستون مربوط برحسب متر نوشته می‌شود. در این حالت، مبدأ همان نقطه شماره ۱ و فاصله آن صفر است. چنانچه مبدأ نقطه‌ای در ساحل انتخاب شود، فاصله مبدأ تا لبه آب در این ستون نوشته می‌شود و در محاسبات، این فاصله منظور نمی‌شود.

۱۲– عمق آب به متر

عمق توسط مولینه اندازه‌گیری و در این محل برحسب متر نوشته می‌شود.

۱۳– عمق مولینه از سطح آب

پس از اندازه‌گیری عمق آب، اندازه‌گیرنده براساس ضوابط پیش‌گفته، تعداد نقاط اندازه‌گیری سرعت در امتداد قائم را تعیین می‌کند. در صورتی که اندازه‌گیری در یک نقطه از عمق باشد، عدد $۰/۶$ ، در حالت دو نقطه‌ای ارقام $۰/۲$ و $۰/۸$ ، به‌طور متوالی در یک ردیف در زیر هم نوشته می‌شود.

۱۴– تعداد دور مولینه

از حاصل ضرب ارقام ستون ۱۲ و ۱۳ عمق مولینه از سطح آب به‌دست آمده و پروانه مولینه در این فاصله بسته می‌شود، در کنتورهای قدیمی برای تعداد دورهای معین زمان از روی زمان‌سنج اندازه‌گیری می‌شد ولی در کنتورهای مکانیکی و دیجیتالی، زمان را معمولاً ۴۰ ثانیه ثابت گرفته و تعداد دور از روی کنتور قرائت شده و در این ستون نوشته می‌شود. چنانچه اندازه‌گیری در عمقهای $۰/۲$ و $۰/۸$ از سطح آب انجام شود، دو عدد زیر هم، در این ستون نوشته می‌شود.

۱۵- مدت (ثانیه)

مدت زمانی که مولینه در عمق مورد نظر برای اندازه‌گیری سرعت قرار گرفته و پروانه آن در حال گردش است، مشخص شده و در این ستون نوشته شود. چنانچه در دو عمق $0/2$ و $0/8$ از سطح سرعت اندازه‌گیری شده باشد، ۲ زمان در این ستون نوشته می‌شود.

۱۶- تعداد دور در یک ثانیه

از تقسیم تعداد دور پروانه (ستون ۱۴) به مدت برحسب ثانیه (ستون ۱۵) تعداد دور در ثانیه به‌دست آمده و در این ستون نوشته می‌شود. در صورتی که در دو عمق $0/2$ و $0/8$ از سطح اندازه‌گیری انجام شده باشد، در این جا دو عدد به‌دست آمده که در زیر هم نوشته می‌شود.

۱۷- سرعت به متر بر ثانیه

مقدار سرعت بر اساس دور در یک ثانیه در هر نقطه اندازه‌گیری، از رابطه $V = aN + b$ به‌دست می‌آید که در آن، N تعداد دور در یک ثانیه (رقم به‌دست آمده در بند ۱۶) و a و b ضرایب پروانه مولینه بوده که پیش‌تر در مورد آن توضیح داده شده است. V مقدار سرعت برحسب متر بر ثانیه است. با توجه به مقدار N ، ضرایب a و b استخراج و مقدار V محاسبه می‌شود. در ضمن، برای سهولت کار با توجه به ضرایب a و b برای هر مولینه، رابطه N و V به صورت جدولی تنظیم می‌شود که معمولاً این جدول در داخل جعبه مولینه وجود دارد.

- سرعت نقطه‌ای

چنانچه اندازه‌گیری سرعت در عمق $0/6$ انجام شده باشد، رقم مربوط در اولین ستون مربوط به سرعت درج می‌شود و در صورتی که اندازه‌گیری در عمقهای $0/2$ و $0/8$ انجام شده باشد، در هر ردیف دو عدد مربوط به آن زیر هم نوشته می‌شود.

- میانگین قائم

چنانچه سرعت در عمقهای $0/2$ و $0/8$ از سطح آب اندازه‌گیری و محاسبه شده باشد، میانگین این دو در این ستون نوشته می‌شود و اگر در عمق $0/6$ از سطح اندازه‌گیری شده باشد، در این ستون عددی درج نمی‌شود.

- میانگین مقطع

مقدار میانگین سرعت در دو امتداد قائم متوالی را محاسبه و در این ستون به عنوان سرعت میانگین مقطع نوشته می‌شود. در مورد مقطع اول و آخر فقط در صورتی که آب راکد باشد، مقدار سرعت در این مقاطع صفر در نظر گرفته می‌شود و در برابر آن جمله «آب راکد است» نوشته می‌شود. در غیر این صورت، معمولاً سرعت آب را در این دو مقطع کسری از سرعت آب مقطع بعدی و مقطع قبل از آخر، براساس تجربه فرد اندازه‌گیرنده برآورد می‌شود. در حالت کلی، با احتساب سرعت صفر برای لبه آب در دو انتهای بستر میانگین سرعت با نقاط بعدی و قبلی برای این مقاطع تعیین می‌شود.

۱۸- عمق میانگین مقطع به متر

میانگین دو عمق متوالی (رقمهای اندازه‌گیری شده در ستون ۱۲) محاسبه و در این ستون به عنوان عمق میانگین با دو رقم اعشار نوشته می‌شود.

۱۹- عرض مقطع به متر

از تفاضل فاصله از مبدأ (اعداد اندازه‌گیری شده در ستون ۱۱) دو نقطه متوالی، عرض مقطع تعیین شده و در این ستون نوشته می‌شود.

۲۰- سطح مقطع به متر مربع

حاصل ضرب عمق میانگین مقطع در عرض مقطع (اعداد مندرج در ستونهای ۱۸ و ۱۹) به عنوان سطح مقطع در این ستون ثبت می‌شود.

۲۱- بده به متر مکعب بر ثانیه

از حاصل ضرب سرعت میانگین مقطع در سطح مقطع (اعداد مندرج در زیر ستون سوم از ستون ۱۷ و ستون ۲۰) بده برحسب متر مکعب بر ثانیه به دست آمده و در این ستون نوشته می‌شود.

۲۲- تعداد نقاط اندازه‌گیری

شماره آخرین نقطه اندازه‌گیری (آخرین رقم ستون ۱۰) که معادل تعداد نقاط اندازه‌گیری است، در این ردیف نوشته می‌شود.

۲۳- عرض مقطع کل به متر

فاصله دو لبه آب در دو طرف رودخانه که از جمع مقادیر ستون ۱۹ به دست می‌آید، برحسب متر با دو رقم اعشار در این ردیف نوشته می‌شود.

۲۴- سطح مقطع کل به متر مربع

جمع ارقام ستون ۲۰ که برابر سطح مقطع منتهی به دو لبه آب (سطح مقطع کل) است، برحسب متر مربع با دو رقم اعشار در این ردیف ثبت می‌شود.

۲۵- بده کل به متر مکعب بر ثانیه

جمع مقادیر ستون ۲۱ که بده کل رودخانه است، بر حسب متر مکعب بر ثانیه با دو رقم اعشار در این ردیف نوشته می‌شود.

۲۶- سرعت میانگین به متر بر ثانیه

خارج قسمت بده کل به سطح مقطع کل رودخانه (ردیف ۲۵ به ردیف ۲۴) به عنوان سرعت میانگین برحسب متر بر ثانیه با دو رقم اعشار در این ردیف نوشته می شود.

۲۷- کدورت آب

در صورت صاف، کدر و یا گل آلود بودن آب رودخانه برحسب مورد در داخل مربع مربوط علامت گذاری می شود.

۲۸- نمونه برداری رسوب

چنانچه نمونه برداری رسوب انجام شده باشد، براساس روش نمونه برداری نقطه ثابت یا چند نقطه ای، در مربع مربوط علامت گذاری می شود.

- تعداد نمونه

تعداد شیشه نمونه برداری رسوب که از آب رودخانه برداشت شده است، در اینجا نوشته می شود.

۲۹- نمونه برداری آب

چنانچه نمونه برداری برای انجام آزمایش شیمی آب صورت گرفته باشد، در مربع مربوط علامت گذاری می شود.

۳۰- وضعیت بستر رودخانه

چنانچه هرگونه تغییری در وضعیت بستر رودخانه در محل نصب اشل، دستگاه ثبات سطح آب و مقطع اندازه گیری در فاصله بین دو اندازه گیری متوالی ایجاد شده باشد، در این ردیف نوشته می شود. توضیحات اضافی و تشریح کامل این تغییرات در پشت صفحه نوشته می شود.

۳۱- اندازه گیری

بسته به اینکه اندازه گیری از داخل آب یا بالای پل انجام شده باشد، در مربع مربوط علامت گذاری می شود.

- نام واحد اقدام کننده

نام سازمان یا نهادی که مسئولیت اندازه گیری را به عهده دارد، در این ردیف نوشته می شود.

- نام و امضای اندازه گیرنده

نام و امضای فردی که اندازه گیری را انجام داده است در این ردیف درج می شود.

- تصحیح آبی

تصحیح آبی سیم برابر تفاضل قسمت تر شده سیم (عمق ظاهری یا طولی از سیم که داخل آب قرار دارد و مطابق شکل DE است) و عمق واقعی (H) می‌باشد. برای به‌دست آوردن تصحیح آبی، ابتدا مقدار DE (عمق ظاهری) محاسبه می‌شود.

$$AD = AB + CD$$

$$DE = AE - AD$$

با داشتن عمق ظاهری و زاویه α از جدول ۲ پیوست، مقدار تصحیح آبی ΔH (عدد درج شده در محل تلاقی ستون زاویه انحراف و ردیف عمق ظاهری) استخراج شده و عمق واقعی از رابطه $H = DE - \Delta H$ به‌دست می‌آید.

۳-۵-۴-۶ دستورالعمل تکمیل برگ اندازه‌گیری بده سیلاب

همان‌گونه که پیش‌تر بیان شد، در اندازه‌گیری بده سیلاب از روی پل، سرعت زیاد آب سبب می‌شود تا کابلی که سرعت‌سنج را به کف رودخانه می‌رساند، از امتداد قائم منحرف شده و انحراف ایجاد کند. در نتیجه مستقیماً امکان اندازه‌گیری عمق آب نبوده و برای به‌دست آوردن آن، نیاز به تصحیح هوایی و آبی می‌باشد. لذا فرم اندازه‌گیری بده که در مواقع عادی استفاده می‌شود، جوابگوی حالت فوق نبوده و لازم است اندازه‌گیری در برگ اندازه‌گیری بده سیلاب (فرم شماره ۹) که بدین منظور تهیه شده ثبت گردد.

کد فرم (۰۹-۲۴۲-الف)

نظر به اینکه در اندازه‌گیری سیلاب عوامل دیگری غیر از آنچه که در اندازه‌گیری معمولی صورت می‌گیرد باید اندازه‌گیری و محاسبه شود و مجموع این عوامل در ابعاد یک برگ ثبت اندازه‌گیریهای صحرائی نمی‌گنجد، لذا در فرم بده سیلاب فقط عواملی که در بالای پل اندازه‌گیری می‌شود و مقادیری که فقط اختصاص به اندازه‌گیری سیلاب دارد، در نظر گرفته شده است.

- سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای

نام سازمان یا شرکت آب منطقه‌ای که ایستگاه آب‌سنجی در حوزه عمل آن واقع شده است، در این ردیف نوشته می‌شود.

عوامل تکمیل این برگ به قرار زیر است:

- ردیفهای ۱ الی ۹ و ستونهای ۱۰ و ۱۱

این موارد همانند ردیفها و ستونهای نظیر آن در برگ اندازه‌گیری بده تکمیل می‌شود.

۱۲- فاصله از سطح آب

سرعت‌سنج توسط کابلی که از قرقره اتاقتک آویزان شده به پایین فرستاده شده تا به سطح آب برسد. فاصله قائم نقطه آویز را تا سطح آب اندازه گرفته (از کنتور متصل به جرثقیل طول AB خوانده می‌شود)، در این ستون برحسب متر با دو رقم اعشار نوشته می‌شود.

۱۳- فاصله تا کف بستر

پس از اندازه‌گیری فاصله نقطه آویز تا سطح آب، سرعت‌سنج را به پایین فرستاده تا با کف رودخانه تماس حاصل نماید. فاصله نقطه آویز تا کف رودخانه اندازه گرفته شده و برحسب متر با دو رقم اعشار در این ستون یادداشت می‌شود (از کنتور متصل به جرثقیل فاصله AE خوانده می‌شود).

۱۴- زاویه انحراف

زاویه بین کابل و امتداد قائم با نقاله اندازه گرفته شده و برحسب درجه در این ستون نوشته می‌شود (زاویه α)

۱۵- تصحیح هوایی

با استفاده از جدول تصحیح هوایی (جدول ۱ پیوست)، فاصله سرعت‌سنج تا سطح آب که در بند ۱۲ آمده، در ستون یک سمت چپ و همچنین زاویه انحراف در ردیف یک جدول برده، رقم درج شده در محل تلاقی این ستون و ردیف استخراج شده و به عنوان میزان تصحیح هوایی (طول CD) در این ستون نوشته می‌شود.

۱۶- طول نقطه آویز تا سطح آب (AD)

فاصله قائم نقطه آویز از سطح آب را با تصحیح هوایی جمع کرده (جمع بندهای ۱۲ و ۱۵) و برحسب متر با دو رقم اعشار در این ستون نوشته می‌شود.

۱۷- عمق ظاهری (DE)

عدد به‌دست آمده در ستون ۱۶ را از عدد به‌دست آمده در ستون ۱۳ کم کرده، نتیجه با دو رقم اعشار در ستون ۱۷ برحسب متر نوشته می‌شود.

ستونهای ۱۸ و ۱۹ پس از خاتمه اندازه‌گیری به شرح زیر محاسبه می‌شود.

۱۸- تصحیح آبی

با استفاده از جدول تصحیح آبی (جدول ۲ پیوست) عمق ظاهری (رقم به‌دست آمده در ستون ۱۷) در ستون شماره ۱ سمت چپ و همچنین مقدار زاویه انحراف در ردیف ۱ جدول برده و رقم درج شده در محل تلاقی این ستون و ردیف که میزان تصحیح آبی می‌باشد، استخراج و در این ستون برحسب متر با دو رقم اعشار نوشته می‌شود.

۱۹- عمق واقعی (H)

مقدار تصحیح آبی (عدد به‌دست آمده از ستون ۱۸) را از عمق ظاهری (رقم به‌دست آمده در ستون ۱۷) کسر کرده و نتیجه به عنوان عمق واقعی برحسب متر با دو رقم اعشار نوشته می‌شود.

۲۰- فاصله مولینه از نقطه آویز

برحسب اینکه اندازه‌گیری در عمق ۰/۶ یا ۰/۲ و ۰/۸ از سطح آب باید انجام شود، عمق ظاهری (عدد به‌دست آمده در بند ۱۷) را در ضریب یا ضرایب مربوط ضرب کرده و عدد حاصل به طول نقطه آویز تا سطح آب (رقم به‌دست آمده در بند ۱۶) افزوده می‌شود. سپس پروانه مولینه در این فاصله بسته و سرعت اندازه‌گیری می‌شود.

پس از خاتمه اندازه‌گیری و محاسبه تصحیحات آبی و عمق واقعی، ارقام مندرج در ستونهای ۱۰، ۱۱، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۲۲ به ترتیب در ستونهای ۱۰ تا ۱۵ فرم اندازه‌گیری بده منتقل می‌شود و محاسباتی مانند آنچه در مورد محاسبه بده بیان شد، انجام می‌گردد. چگونگی برداشت نمونه رسوب و نمونه آب (ردیفهای ۲۲ و ۲۳) به ترتیب در ردیفهای ۲۸ و ۲۹ و همچنین نام واحد اقدام کننده، نام اندازه‌گیرنده، نام کنترل کننده عیناً در فرم اندازه‌گیری سیلاب همانند فرم شماره ۸ علامت‌گذاری و نوشته می‌شود.

* ۴-۶ روشهای مختلف محاسبه بده

همان‌گونه که اشاره شد برای اندازه‌گیری بده، عرض رودخانه یا کانال را به چندین قسمت تقسیم کرده و با توجه به آنچه در مورد تغییرات سرعت در عرض و عمق رودخانه بیان شد، باید در هر یک از نقاط تقسیم روی یک محور عمودی اندازه‌گیریهای

مختلفی برای به دست آوردن توزیع سرعت در محورهای مختلف انجام پذیرد و سپس براساس آنها، به محاسبه بده پرداخت. برحسب تعداد اندازه گیریهای انجام شده در یک امتداد قائم، روشهای مختلفی برای محاسبه بده معمول است، از جمله :

– محاسبه بده به روش انتگراسیون

این روش در مواقعی استفاده می شود که در بیشتر مقاطع بیش از دو سرعت در هر امتداد قائم اندازه گیری شده باشد. در این روش، ابتدا مقطع عرضی رودخانه با مقیاس مناسب رسم شده و پس از مشخص کردن نقاط اندازه گیری از هر نقطه اندازه گیری روی امتداد خطوط قائم، برداری متناسب با سرعت آب در آن نقطه در جهت جریان با مقیاس معین رسم می شود. سپس در هر امتداد، انتهای بردارهای سرعت به هم متصل شده و منحنی حاصل را که سهمی است و در آن کمترین سرعت، تقریباً صفر در کف بستر و بیشترین سرعت در نزدیکی سطح آب است، با دید کارشناسی ادامه داده تا سطح آب و کف بستر را قطع کند. پس از محاسبه سطح محصور بین منحنی، تغییرات سرعت و عمق که معادل ابعادی آن سطح بر ثانیه است، این عدد را به صورت خطی با مقیاس مناسب روی محور عرضها در بالای خط سطح آب در امتداد مربوطه رسم می کنند. نقاط انتهای این خطوط را به یکدیگر متصل نموده و سطح زیر آن تا محور طولها (خط سطح آب) را محاسبه کرده و پس از تبدیل مقیاس به کار برده شده در سیستم متریک، میزان بده برحسب متر مکعب بر ثانیه به دست خواهد آمد.



شکل ۶-۶- محاسبه بده به روش انتگراسیون

- محاسبه بده به روش منحنیهای هم سرعت

این روش نیز موقعی استفاده می‌شود که در بیشتر مقاطع بیش از دو سرعت در امتداد قائم اندازه‌گیری شده باشد. ابتدا با انتخاب مقیاس مناسب مقطع عرضی رودخانه را رسم کرده و سپس نقاط اندازه‌گیری سرعت با رقوم مربوط روی مقطع انتقال داده می‌شود. با فرض اینکه تغییرات سرعت با فاصله در مقطع عرضی جریان خطی است، منحنیهای هم‌سرعت ترسیم می‌شود. بدین ترتیب سطح مقطع جریان به نوارهایی تقسیم می‌شود که هر نوار توسط دو منحنی سرعت محصور می‌شود. بده جریان عبوری از هر سطح برابر است با $q_c = S_c V_c$ که در آن، S_c سطح هر نوار و V_c میانگین سرعت دو منحنی محدودکننده نوار و q_c بده عبوری از هر نوار است. از مجموع بده‌های جزئی در هر نوار، پس از تبدیل مقیاس به کار برده شده به سیستم متریک، بده کل رودخانه برحسب متر مکعب بر ثانیه به دست می‌آید. دو روش فوق، به‌رغم دقت بالا، به علت طولانی بودن زمان اندازه‌گیری و به دلیل انجام اندازه‌گیریهای متعدد در هر مقطع عرضی و همچنین صرف وقت زیاد برای محاسبه بده، کمتر استفاده می‌شوند.

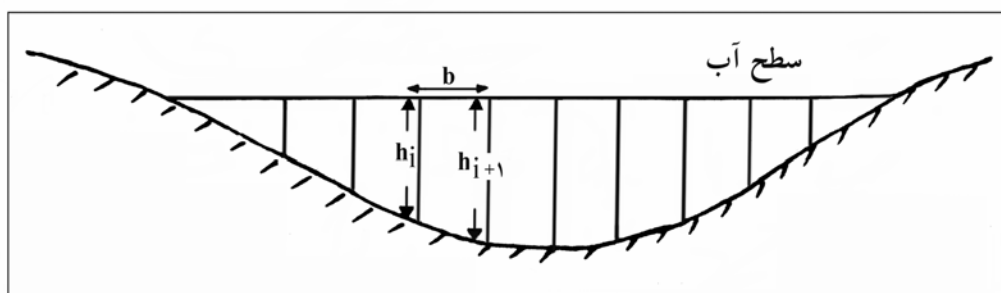
- محاسبه بده به روش محاسبه سرعت میانگین

در این روش، اندازه‌گیری سرعت در نقاطی انجام می‌گیرد که رابطه آنها با سرعت میانگین مشخص باشد و همین امر سبب می‌شود تا اندازه‌گیری سرعت و محاسبه بده با روش ساده و در زمان کمتری انجام پذیرد. ضمن اینکه محاسبه سرعت میانگین در صورتی که تعداد نقاط اندازه‌گیری سرعت در عمق بیش از یک نقطه باشد، می‌تواند از دقت قابل قبول و بالایی برخوردار باشد.

در این روش پس از محاسبه سرعت میانگین در هر امتداد قائم، سرعت میانگین در هر مقطع جزئی به وسیله میانگین سرعت در امتداد قائم در طرفین راست و چپ آن مقطع جزئی محاسبه می‌شود.

برای محاسبه مساحت هر مقطع جزئی، فرض می‌شود مقاطع جزئی دوزنقه‌ای شکل هستند و مساحت هر مقطع جزئی را از رابطه ۶-۱۷ می‌توان محاسبه کرد (شکل ۶-۷).

$$S_{(i)} = \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \times b \quad (۱۷-۶)$$



شکل ۶-۷- محاسبه بده به روش محاسبه سرعت میانگین در مقاطع جزئی

با داشتن سطح هر مقطع جزئی S_i و سرعت میانگین هر مقطع V_i ، میزان بده جریان مربوط به هر مقطع جزئی از رابطه $q_i = S_i V_i$ به دست خواهد آمد و از جمع بده‌های جزئی، بده کل جریان رودخانه محاسبه می‌شود که به تفصیل قبلاً توضیح داده شده است.

۶-۴-۷ نکاتی که باید در اندازه‌گیری بده رعایت شود

اندازه‌گیرنده که هر بار برای اندازه‌گیری بده به ایستگاه می‌رود، افزون بر اندازه‌گیری، کارهای زیر را نیز باید انجام دهد:

- چنانچه ایستگاه مجهز به دستگاه دستگاه ثبات سطح آب باشد، اندازه‌گیرنده هر بار باید ساعت دستگاه را تنظیم نماید و درجه اشل ثبت شده را با درجه اشل نصب شده مطابقت دهد و در صورت مشاهده اختلاف، اشل دستگاه را براساس اشل نصب شده در رودخانه تنظیم نماید. تاریخ، ساعت، دقیقه بازدید و درجه اشل و همچنین نام خود را در آن برگه یادداشت کرده و در صورت لزوم نسبت به تعویض کاغذ دستگاه و یا در ایستگاههایی که مجهز به دیتالاگر هستند، تعویض دیسکت و کپی کردن اطلاعات آن اقدام نماید.
- بازدید دفتر متصدی و کنترل درجه اشل که متصدی در دفتر یادداشت کرده با اشل‌های ثبت شده در همان تاریخ و ساعات توسط دستگاه ثبات سطح آب و تذکر لازم به متصدی، چنانچه اختلاف نامعقول احتمالی مشاهده نماید. همچنین تاریخ، ساعت اندازه‌گیری، و نام خود را در دفتر متصدی یادداشت کند.
- مشاهده هرگونه وضعیت غیرطبیعی رودخانه، بستر و وضعیت پای اشل را در فرم اندازه‌گیری گزارش نماید.
- در صورتی که در فاصله دو اندازه‌گیری متوالی در رودخانه سیل جاری شده، اشل‌های قرائت شده توسط متصدی و همچنین محل‌های داغ سیل که توسط متصدی علامت‌گذاری شده، کنترل گردد.
- نسبت به برداشت مقطع سیلاب در اولین فرصت که وضعیت آب رودخانه اجازه دهد، اقدام نماید.
- برگ قرائت اشل هر ماه از متصدی در پایان هر ماه دریافت و پس از کنترل در اداره مرکزی بایگانی شود.
- کارشناس یا تکنیسین اندازه‌گیری بده در ابتدای سال یک فرم بده اشل را (کاغذ لگاریتمی یا میلی‌متری که روی آن منحنی بده اشل رسم می‌شود) در یک پوشه پلاستیکی قرار داده و هر بار که برای اندازه‌گیری به محل ایستگاه می‌رود، این فرم را با خود همراه داشته و پس از اندازه‌گیری، بلافاصله نسبت به محاسبه آن در محل ایستگاه اقدام نماید و بده اشل اندازه‌گیری شده را در فرم مربوط منتقل کند. در صورتی که این اندازه‌گیری با روند اندازه‌گیریهای قبلی منطبق نباشد (در مورد اندازه‌گیریهای ابتدای سال، این مقایسه با اندازه‌گیریهای سال پیش که در منحنی بده اشل همان سال آمده انجام شود) و دلیل موجهی در این مورد وجود نداشته باشد، دوباره اقدام به اندازه‌گیری نماید. چنانچه نتیجه محاسبات مانند دفعه قبل باشد، اشکال در خرابی مولینه بوده و باید برای کنترل به آزمایشگاه فرستاده شود. در ایران، در حال حاضر محاسبه اندازه‌گیری با تأخیر در محل اداره انجام می‌شود و منحنی بده اشل معمولاً در پایان سال آبی رسم می‌شود که بروز چنین اشکالاتی در اندازه‌گیری، هیچ‌گونه راه حلی ندارد. افزون بر اینکه محاسبات بده روزانه با تأخیر زیاد انجام می‌پذیرد.

- در مورد تعداد اندازه‌گیری یک ایستگاه توصیه می‌شود به‌جز مواقع سیلابی که حضور اندازه‌گیرنده در محل ایستگاه ضروری است، در زمان کم‌آبی دست‌کم ماهی دو بار و در زمان پرآبی هفته‌ای یک بار اندازه‌گیری بده در هر ایستگاه به عمل آید.

* ۵-۶ اندازه‌گیری بده به روش ردیابی

این روش برای محللهایی که انجام روشهای متداول اندازه‌گیری امکان پذیر نباشد، مانند عمقهای بسیار کم، سرعتهای بسیار زیاد و تلاطم شدید جریان آب و غالباً در رودخانه‌هایی که در نقاط کوهستانی قرار گرفته و دارای سطح مقطع بسیار نامنظم می‌باشند، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

اساس روش ردیابی شامل تزریق یک ماده ردیاب (ماده شیمیایی پایدار یا پرتوزا و ...) به رودخانه و دریافت آن در پایین‌دست است، که می‌توان تزریق را با جریان ثابت (تزریق یکنواخت) و یا به‌طور لحظه‌ای (تزریق آنی) انجام داد. پس از تزریق ردیاب، محلول در اثر مخلوط شدن با آب رودخانه رقیق می‌شود. با اندازه‌گیری حجم یا بده تزریق، غلظت ماده ردیاب در محلول تزریقی و غلظت ردیاب در آب رودخانه در مقطعی در پایین‌دست نقطه تزریق (مقطع نمونه‌برداری)، می‌توان بده جریان را محاسبه کرد. دقت این روش به رعایت دو عامل بسیار مهم زیر مربوط می‌شود.

الف - آمیختگی کامل محلول تزریق شده در سرتاسر مقطع رودخانه پیش از رسیدن به مقطع نمونه‌برداری

چنانچه محلول ماده ردیاب به طور مداوم تزریق شود، غلظت آن در سرتاسر مقطع اندازه‌گیری باید ثابت باشد. اگر همه محلول یکباره تزریق شود، انتگرال $\int_0^t c \cdot dt$ در همه نقاط مقطع باید یکسان باشد. در این انتگرال، C غلظت و T زمانی است که طی آن همه ماده ردیاب از یک نقطه معین از مقطع عبور می‌کند. این ویژگیها، پیش از انتخاب نهایی محل مقطع اندازه‌گیری باید در نظر گرفته شوند. به طور کلی، فاصله لازم بین مقاطع تزریق و نمونه‌برداری (L) از رابطه ۶-۱۸ برآورد می‌شود.

$$L = 0.13 C \frac{(0.7C + 6)}{g} \cdot \frac{b^2}{h} \quad \text{(واحد ها در متریک) (۶-۱۸)}$$

که در آن :

b = عرض میانگین مقطع تر شده

h = عمق میانگین جریان در مقطع

C = ضریب شزی برای مقطع مورد اندازه‌گیری ($15 < C < 50$)

g = ثابت گرانش

ب - عدم جذب ماده ردیاب توسط مواد موجود در کف رودخانه مانند رسوبات، گیاهان و موجودات زنده و عدم تجزیه شیمیایی آن در آب رودخانه

غلظت ماده ردیاب را باید در مقطع نمونه‌برداری و در صورت لزوم در یک مقطع دیگر در پایین‌دست آن تعیین کرد. این کار به منظور اطمینان از اینکه بین غلظت میانگین در دو مقطع اختلاف اساسی وجود ندارد، صورت می‌گیرد.

۶-۵-۱ ویژگیهای ردیاب

هر ماده‌ای با شرایط زیر می‌تواند به عنوان ردیاب به کار گرفته شود.

- در دمای معمولی به آسانی در آب رودخانه حل شود،
- در آب رودخانه وجود نداشته و اگر دارد بسیار ناچیز باشد،
- در آب رودخانه تجزیه نشود و توسط رسوبات، گیاهان و موجودات زنده جذب نشود و یا رسوب نکند،
- با روشهای ساده قابل ردیابی باشد،
- در غلظتی که در آب رودخانه پیدا می‌کند، برای انسان و جانوران زیانبخش نباشد،
- گران نباشد.

۶-۵-۲ انواع ردیابها

ارزان‌ترین ردیاب، نمک معمولی است که اگر به طور آبی در آب تزریق شود، کمیت مورد نیاز آن چندان زیاد نیست و ردیابی آن با روشهای رسانندگی الکتریکی نسبتاً ساده است.

از سدیم دی کرومات به گونه‌ای گسترده استفاده می‌شود. انحلال‌پذیری آن در آب نسبتاً زیاد است و بیشتر شرایط گفته شده را داراست. با روش رنگ‌سنجی، غلظتهای بسیار پایین سدیم دی کرومات را می‌توان اندازه‌گیری کرد.

در روش ردیابی از عناصر پرتوزا مانند طلای ۱۹۸ و سدیم ۲۴ نیز استفاده می‌شود. غلظتهای پایین این عناصر را تا حدود 10^{-9} کوری*، به طور دقیق می‌توان اندازه گرفت. اگرچه عناصر پرتوزا، ردیابهای مناسبی برای اندازه‌گیری بده هستند ولی خطرهای آنها برای سلامتی انسان، استفاده از آنها را در اندازه‌گیری بده رودخانه در بیشتر موارد محدود می‌کند.

۶-۵-۳ روشهای اندازه‌گیری با استفاده از ردیاب

در استفاده از ردیابی برای اندازه‌گیری بده، دو روش وجود دارد، تزریق با بده ثابت^۱ و تزریق یکباره یا آبی^۲. در هر دو حالت، ردیاب در نقطه‌ای از رودخانه به آب تزریق شده و در نقطه‌ای پایین‌تر، هنگامی که کاملاً با تمامی آب رودخانه مخلوط شده است، نمونه‌برداری در زمانهای متعدد صورت می‌گیرد.

*- تعداد ذراتی که در یک ثانیه از ماده پرتوزا تشعشع می‌کند اکتیویته نامیده می‌شود. واحد اکتیویته کوری است. یک کوری عبارت است از اکتیویته ماده‌ای که در هر ثانیه 3.7×10^{10} ذره از آن تشعشع کند.

1 - Constant rate injection

2 - Gulp injection

در تزریق ثابت، ماده ردیاب با بده ثابت به آب رودخانه تزریق می‌شود و از روی بده ماده ردیاب و غلظت آن در آب رودخانه، می‌توان بده را محاسبه کرد.

نمونه‌برداری در نقطه و یا نقاطی در پایین دست انجام شده و بده از رابطه ۶-۱۹ به دست می‌آید.

$$Q = q \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0} \quad (۶-۱۹)$$

که در آن :

Q = بده رودخانه

q = بده تزریق ردیاب

C_1 = غلظت ردیاب در محلول تزریقی

C_0 = غلظت ردیاب در آب رودخانه پیش از تزریق (زمینه ردیاب)

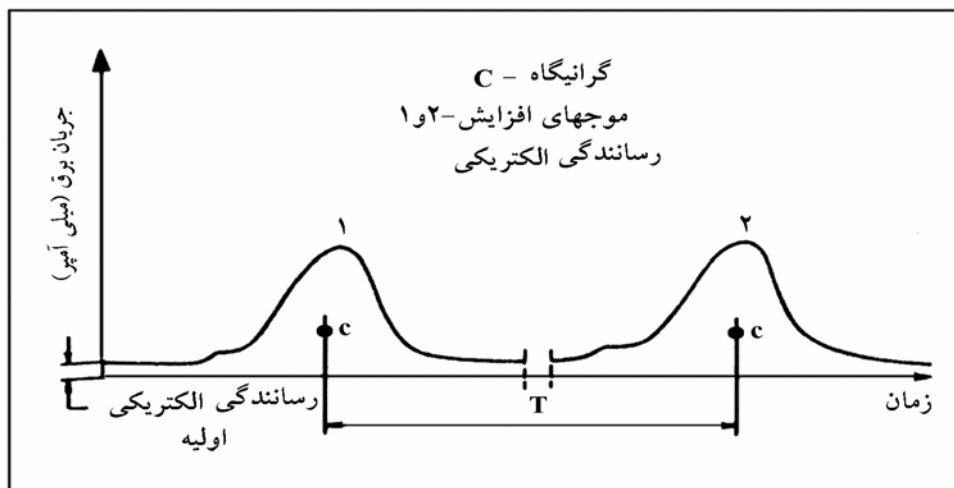
C_2 = غلظت ردیاب در آب رودخانه پس از تزریق

در تزریق یکباره، حجم معینی (V) از ماده ردیاب به غلظت C_1 در یک لحظه معین به‌طور ناگهانی از یک لوله سرتاسری که در عرض رودخانه قرار داده شده و دارای منافذ متعددی است، توسط یک شیر تنظیم کننده، به درون رودخانه که غلظت قبلی این ماده در آن برابر C_0 بوده، ریخته می‌شود. غلظت ردیاب در مقطع نمونه‌برداری در پایین دست، ابتدا C_0 است ولی پس از مدتی که ردیاب به آن نقطه رسید به تدریج غلظت ردیاب در آب افزایش می‌یابد و پس از رسیدن به نقطه اوج دوباره کم می‌شود و سرانجام به C_0 می‌رسد.

اگر غلظت ردیاب در آب رودخانه پس از تزریق آن (C_2) باشد، مقدار بده رودخانه (Q) به صورت خواهد بود:

$$Q = \frac{VC_1}{\int_{t_1}^{t_2} (C_2 - C_0) dt} \quad (۶-۲۰)$$

از آنجا که تزریق نمک در آب موجب افزایش رسانندگی الکتریکی می‌شود، چنانچه از نمک به عنوان ردیاب استفاده شود، می‌توان با سنجش تغییرات رسانندگی الکتریکی، سرعت جریان را تعیین کرد. در این روش، مقداری نمک معمولی که به صورت محلول تهیه شده باشد، در نقطه‌ای از رودخانه در آب ریخته می‌شود. نمک با آب مخلوط شده و با سرعتی معادل سرعت میانگین حرکت آب به جلو می‌رود. اگر در نقطه‌ای در پایین دست، رسانندگی الکتریکی آب، مرتب اندازه‌گیری شود، مشاهده خواهد شد که پس از رسیدن نمک به آن نقطه، رسانندگی الکتریکی افزایش می‌یابد و سپس با گذشتن نمک از آن نقطه دوباره کاهش می‌یابد. اکنون اگر در نقطه دیگری در پایین دست، چنین اندازه‌گیری انجام شود، این حالت مطابق شکل ۶-۱۵ در T ثانیه بعد در آن نقطه نیز اتفاق خواهد افتاد. به گونه‌ای که منحنی تغییرات رسانندگی الکتریکی نسبت به زمان مشابه شکل قبلی خواهد بود.



شکل ۶-۸- اندازه‌گیری سرعت جریان با استفاده از تزریق نمک

اگر فاصله زمانی بین نقاط اوج منحنی رسانندگی الکتریکی در دو نقطه T و فاصله طولی بین این نقاط L باشد، سرعت میانگین آب عبارت است از :

$$V = \frac{L}{T} \quad (۶-۲۱)$$

سپس با تعیین سطح مقطع رودخانه در محل اندازه‌گیری (A) و با استفاده از رابطه ۶-۸، مقدار بده رودخانه به دست می‌آید.

* ۶-۶ روشهای نوین اندازه‌گیری بده

امروزه با بهره‌گیری از فنون و تجهیزات نوین و پیشرفته، سرعت و بده جریانهای آب و دیگر سیالها به‌آسانی اندازه‌گیری می‌شود. نیاز به رعایت دقت در تعیین سرعت جریانهای آشفته و یا بسیار آرام و اندک و نیز اندازه‌گیری بده در شرایط غیرمتعارف و دشوار، ضرورت آشنایی با این ادوات و شیوه کاربرد آنها را کاملاً آشکار می‌سازد. از بین تجهیزات پیشرفته، قطب‌نگارهای اکسیژنی^۱، بده‌سنج‌های الکترومغناطیسی^۲ و فراصوتی^۳ را می‌توان نام برد که به لحاظ سهولت و مزایای کاربردی بده‌سنج‌های فراصوتی نسبت به دیگر سامانه‌ها و دستگاههای مشابه، صرفاً به توصیف آن پرداخته می‌شود.

- بده‌سنج‌های فراصوتی

این بده‌سنج‌ها صرفاً برای اندازه‌گیری سرعت جریان در لوله‌های تحت فشار استفاده می‌شوند.

- 1 - Oxygen polarograph
- 2 - Electromagnetic flowmeter
- 3 - Ultrasonic flowmeter

- اصول سنجش

در این روش از دستگاهی استفاده می‌شود که با ایجاد امواج فراصوتی^۱ قادر به اندازه‌گیری سرعت جریان سیال است. کارکرد این روش، بر مبنای زمان گذر^۲ استوار است. بدین معنی که انحراف امواج فراصوتی در اثر گذر مایع، اندازه‌گیری می‌شود. این امواج متناوباً هم در جهت جریان و هم در خلاف جهت جریان مایع انتشار می‌یابند و مایع جاری موجب پدید آمدن دو زمان گذر مختلف ناشی از این دو پیام فراصوتی می‌شود. با اندازه‌گیری اختلاف زمان رفت و برگشت این پیامها، میانگین سرعت جریان مشخص شده و این سرعت با سطح مقطع لوله و نیز بده جریان متناسب است. براساس خاصیت گذر و انتشار امواج فراصوتی از مواد جامد، می‌توان مبدل‌های الکتریکی که متناوباً به صورت فرستنده و گیرنده امواج صوتی عمل می‌نمایند، را بر روی دیواره خارجی لوله انتقال مایع نصب کرد. این دستگاه با بهره‌جویی از قابلیت الکترونیکی خود، قادر به سنجش کارایی پیامهای فراصوتی برای اندازه‌گیری بوده و صحت و اعتبار ارقام اندازه‌گیری را مشخص می‌کند. دستگاه دارای ریزپردازنده یا رایانه کوچکی است که همه ارقام اندازه‌گیری شده را کنترل کرده و با بهره‌وری از فنون پردازش پیامهای آماری، اقدام به حذف پیامهای نادرست و اختلال‌آور می‌کند.

وسایل و تجهیزات درون سیستم لوله‌کشی مانند شیرهای کشویی، زانویی‌ها و پمپها، عملاً موجب غیرعادی ساختن نمودار جریان شده و باعث بروز خطاهای احتمالی در اندازه‌گیری می‌شوند. بدین لحاظ، ضرورت دارد تا کمترین فواصل مجاز برای انتخاب محل اندازه‌گیری نسبت به منابع اختلال‌آور رعایت شود. دستگاه دارای ساختاری است که استفاده کننده را در انتخاب مکان صحیح نصب مبدل الکتریکی کمک و هدایت می‌کند.

- شرایط راه‌اندازی دستگاه

دستگاه فراصوتی در مقایسه با دیگر روشهای شناخته شده اندازه‌گیری جریان، فواید بسیاری دارد. این امر ناشی از اصل سنجش فراصوتی و به‌کارگیری روش زمان گذر با بهره‌مندی از مبدل‌های الکتریکی است. دستگاه در شرایطی می‌تواند کاربرد داشته باشد که هم جدار لوله و هم مایع درون آن رسانای امواج صوتی باشند. اندازه‌گیری هنگامی از دقت لازم برخوردار است که دیواره لوله از مواد همگن ساخته شده و ذرات جامد و حبابهای گاز درون مایع بسیار ناچیز باشد. این اندازه‌گیری هیچ‌گونه ارتباط و وابستگی با شاخصهای الکتریکی سیال مانند رسانندگی الکتریکی یا ثابت دی‌الکتریک^۳ ندارد. مقدار جریان به سرعت و بدون هرگونه ارتباط مستقیم با جریان داخل لوله‌ها و بدون توقف روند کار، تعیین می‌شود. نصب مبدل‌های الکتریکی آسان بوده و اندازه‌گیریه‌ها را می‌توان در نقاط مختلف لوله‌ها با قطره‌ای متفاوت انجام داد. جاگذاری مبدل‌ها نیاز به اصلاح سیستم لوله‌گذاری نداشته و تحت تأثیر وضعیت جریان و سطح مقطع لوله قرار نمی‌گیرد. از بارزترین فواید کاربرد دستگاه فراصوتی در مقایسه با دیگر فنون اندازه‌گیری جریان (صفحات روزنه‌دار، کنتورها، بده‌سنج‌های الکترومغناطیسی، گردابی^۴ و غیره) سهولت اندازه‌گیری و نصب دستگاه در نقاط مختلف و زمانهای متفاوت است.

1 - Ultrasonic
2 - Transit time
3 - Dielectric constant
4 - Vortex

غالباً دستگاه فراصوتی تنها راهکار قابل قبول برای اندازه‌گیری جریان در لوله‌های بسیار قطور بوده و یا در شرایطی از آنها استفاده می‌شود که به دلایل اقتصادی و یا فنی، منع و یا محدودیتهایی در کاربرد دیگر سیستمهای بده‌سنگ وجود دارد، به‌ویژه این نکته درباره تجهیزات در حال کارکردی که توقف کار آنها به منظور جاگذاری بده‌سنگها مقدور نیست کاملاً مصداق پیدا می‌کند.

می‌توان دستگاه را همیشه در حالت نصب قرار داد. در سیالهایی که مواد تأثیرگذار و مهاجم مانند بازها، اسیدها و سموم به مقدار قابل توجهی باعث کاهش عمر ابزار جاگذاری شده می‌گردد و یا ایجاد ممانعت در نصب بده‌سنگها می‌نمایند، مزیت ویژه استفاده از دستگاه فراصوتی کاملاً آشکار می‌شود.

چنانچه در حین کار شرایط خاصی به وجود آید که اندازه‌گیری صحیح مقدور نباشد، این دستگاه پیامهای دریافتی نادرست را شناسایی کرده و آنها را به معرض نمایش می‌گذارد.

- اندازه‌گیری سرعت توسط زمان گذر امواج فراصوتی

در این روش، اندازه‌گیری سرعت سیال توسط امواج فراصوتی انجام می‌شود. این اندازه‌گیری مبتنی بر تعیین تفاوت زمان گذر ناشی از ارتعاشات امواج فراصوتی انتشار یافته از سوندهای متصل به لوله‌های حاوی سیال است.

براساس شکل ۶-۹، همچنان که از دو سوند A و B نصب شده بر روی لوله، به‌طور متناوب امواج فراصوتی منتشر و دریافت می‌شود، تفاوت زمان گذر بین سوندهای بالادست و پایین‌دست (T_{AB} و T_{BA})، امکان محاسبه سرعت (V) را براساس رابطه ۶-۲۲ ممکن می‌سازد.

$$V = \frac{L^2}{2d} \left(\frac{\Delta T}{T_{AB} T_{BA}} \right) \quad (۶-۲۲)$$

در رابطه فوق :

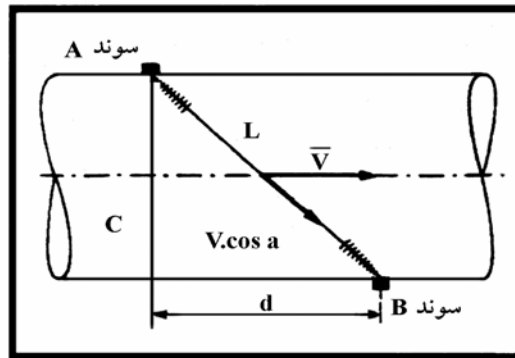
L = طول مسیر گذر صوت

d = طول تصویر L مرتبط با مسیر گذر صوت

V = سرعت سیال

$T_{AB} - T_{BA} = \Delta T$

همچنین در شکل ۶-۹، C سرعت صوت در سیال است. بدیهی است که بده جریان از حاصل ضرب سرعت به‌دست آمده از دستگاه فراصوتی در سطح مقطع لوله حاوی جریان تعیین می‌شود.



شکل ۶-۹- اندازه‌گیری سرعت با استفاده از امواج فراصوتی

* ۶-۷ روشهای برآورد بده رودخانه

کاربرد این روشها در تعیین شدت جریان سیل پس از عبور و خاتمه سیلاب است بویژه هنگامی که جریان آب، اشل اندازه‌گیری ارتفاع آب را کنده و برده باشد و یا اصولاً در آن محل، اشلی موجود نباشد. در این صورت، به کمک داغ آب^۱ که در کناره‌های رودخانه بر جای مانده، می‌توان مقطع عرضی را ترازیبی و سطح عبور جریان را به‌دست آورد.

با توجه به شیب سطح آب و وضعیت بستر رودخانه، آورد رودخانه با استفاده از روابط ارائه شده محاسبه می‌شود. روشهایی که در این زمینه وجود دارند عبارتند از «فرمول مانینگ»، «روش شیب و سطح» و «رابطه شزی». متداول‌ترین آنها استفاده از فرمول مانینگ است که در زیر به شرح آن پرداخته شده است.

به طور کلی، برای اندازه‌گیری بده جریان آب در این روش، عوامل اساسی زیر باید مشخص گردد:

- انتخاب قسمتی از طول رودخانه که در آن شیب کف بستر و مساحت مقطع عرضی تقریباً یکنواخت باشد،
 - انتخاب، برداشت و رسم مقطعی از رودخانه که معرف میانگین سطح مقطع عرضی رودخانه در طول انتخاب شده باشد،
 - تعیین شیب خط انرژی در همان طول مذکور،
 - چگونگی وضعیت بستر رودخانه برای انتخاب ضریب زبری جدار.
- با معلوم بودن مساحت مقطع عرضی (A)، محیط خیس شده (P)، شیب خط انرژی (S) و ضریب زبری جدار (n) می‌توان سرعت میانگین جریان آب را از فرمول مانینگ به‌دست آورد.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (۶-۲۳)$$

که در آن (V) سرعت میانگین جریان و R شعاع هیدرولیکی است که با رابطه ۶-۲۴ بیان می‌شود:

$$R = \frac{A}{P}$$

در روابط ۲۳-۶ و ۲۴-۶، همه واحدها در سیستم متریک است.

چنانچه سرعت میانگین در مقاطع عرضی مختلف از طول مذکور ثابت بماند، یعنی جریان یکنواخت و دائمی باشد، شیب خط انرژی همان شیب سطح آب خواهد بود (شیب کف رودخانه، شیب سطح آب و شیب خط انرژی در این فاصله، برابر فرض می‌شود). در این صورت می‌توان S را به روش ترازبایی سطح آب رودخانه به‌دست آورد. بدین ترتیب که اختلاف ارتفاع سطح آب در دو نقطه از رودخانه را بر فاصله این دو نقطه تقسیم کرده و شیب را محاسبه می‌کنند. اختلاف ارتفاع سطح آب در دو نقطه از رودخانه را می‌توان به کمک اشل‌های مدرج نصب شده در امتداد رودخانه اندازه‌گیری کرد. البته لازم است ارتفاع درجه صفر هر دو اشل از یک سطح مبنا مساوی بوده و اندازه ارتفاع با دقت ± 0.5 سانتی‌متر قرائت شود. فاصله بین دو اشل، متناسب با میزان شیب بستر اختیار می‌شود. به‌گونه‌ای که دقت قرائت ارتفاع سطح آب، بیش از ۵ درصد خطا ایجاد نکند. عموماً فاصله دو نقطه اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب نباید از ۳۰۰ متر کمتر باشد. چنانچه امکان اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب در دو نقطه رودخانه نباشد، شیب کف رودخانه اندازه‌گیری می‌شود.

عامل اصلی خطا در کاربرد فرمول مانینگ، برآورد ضریب زبری جدار (n) است. چنانچه بده جریان رودخانه برای ارتفاعهای مختلف آب توسط سرعت‌سنج یا روشهای شیمیایی اندازه‌گیری شده و در دست باشد، می‌توان صحیح‌ترین مقدار n را به کمک فرمول مانینگ به‌دست آورد. البته برای این منظور لازم است که مقدار شیب معلوم شده باشد. اگر این محاسبات برای بده‌های مختلف انجام گیرد، n های متفاوتی برای بده‌های مختلف و در نتیجه اشل‌های مختلف به‌دست خواهد آمد. حال اگر منحنی تغییرات n برحسب h (اشل) رسم شود، می‌توان در محاسبات بعدی برای هر اشل، مقدار n را برآورد و از رابطه مانینگ بده را محاسبه کرد.

اگر رسم منحنی h برحسب n برای رودخانه ممکن نباشد، می‌توان مقدار n را به تقریب انتخاب کرد. که این مقدار برای بیشتر رودخانه‌ها در حد 0.35 در نظر گرفته می‌شود (جدول ۳ پیوست). چون بده با n نسبت عکس دارد، لذا با در نظر گرفتن مقدار $n = 0.35$ در رودخانه‌ها، اشتباه 0.01 در مقدار n باعث بروز ۳ درصد خطا در برآورد مقدار بده خواهد شد. همچنین احتمال دارد که سطح مقطع عبور جریان (A) که مدت زمانی پس از عبور سیل اندازه‌گیری شده مساوی سطح مقطع جریان در لحظه عبور سیل نباشد، زیرا در هنگام عبور سیل، کف و جدار رودخانه شسته شده و سطح مقطع افزایش می‌یابد، در حالی که با نشست سیل، رسوباتی در مقطع باقی مانده و سطح مقطع کاهش می‌یابد.

مقدار خطا در محاسبه بده جریان به روش فوق، در بهترین شرایط حدود ۱۰٪ خواهد بود و به همین دلیل این روش موقعی به کار می‌رود که اجرای روشهای دیگر امکان پذیر نباشد.

انتخاب محل برداشت و اندازه‌گیری مقطع عرضی، بسیار مهم است. یک شاخص اصلی برای این کار، این است که داغ آب در ساحل رودخانه به وضوح دیده شود. هنگامی که کناره‌های رودخانه دارای شیب تند باشد، احتمال دارد که پس از یک بارندگی اثر داغ آب شسته و محو شود، ولی این اثر معمولاً روی درختان یا زیر پلها باقی می‌ماند. شاخص مهم دیگر، یکنواخت بودن بستر رودخانه در بالادست و پایین‌دست مقطع انتخاب شده تا فواصل مناسب می‌باشد.

* ۷- اندازه‌گیری غلظت مواد رسوبی معلق آب

نحوه اندازه‌گیری غلظت مواد رسوبی معلق در رودخانه‌ها در نشریه شماره ۲۰۵ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با عنوان «راهنمای تعیین غلظت نمونه‌های رسوبات معلق رودخانه‌ها» شرح داده شده است.

جدول ۱- تصحیح قسمت هوایی کابل در اندازه‌گیری بده با استفاده از سرعت سنج

از روی پل بر حسب سانتی‌متر

زاویه انحراف α (درجه)	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶	فاصله عمودی تا سطح آب (متر) (h)
۱	۰	۰.۱	۰.۱	۰.۲	۰.۲	۰.۳	۰.۴	۰.۵	۰.۶	۰.۸	۱.۰	۱.۱	۱.۳	۱.۶	۱.۸	۲.۱	۲.۴	۱
۲	۰	۰.۱	۰.۲	۰.۳	۰.۴	۰.۶	۰.۸	۱.۰	۱.۳	۱.۶	۱.۹	۲.۲	۲.۶	۳.۱	۳.۶	۴.۱	۴.۷	۲
۳	۰.۱	۰.۲	۰.۳	۰.۵	۰.۷	۰.۹	۱.۲	۱.۵	۱.۹	۲.۴	۲.۸	۳.۴	۴.۰	۴.۶	۵.۲	۶.۲	۷.۱	۳
۴	۰.۱	۰.۲	۰.۴	۰.۶	۰.۹	۱.۲	۱.۶	۲.۱	۲.۶	۳.۱	۳.۸	۴.۵	۵.۳	۶.۲	۷.۲	۸.۲	۹.۴	۴
۵	۰.۱	۰.۳	۰.۵	۰.۸	۱.۱	۱.۵	۲.۰	۲.۶	۳.۲	۳.۹	۴.۷	۵.۴	۶.۶	۷.۷	۹.۰	۱۰.۳	۱۱.۸	۵
۶	۰.۱	۰.۳	۰.۶	۰.۹	۱.۳	۱.۸	۲.۴	۳.۱	۳.۸	۴.۷	۵.۷	۶.۸	۸.۰	۹.۳	۱۰.۸	۱۲.۴	۱۴.۲	۶
۷	۰.۲	۰.۴	۰.۷	۱.۱	۱.۶	۲.۱	۲.۸	۳.۶	۴.۵	۵.۵	۶.۶	۷.۹	۹.۳	۱۰.۸	۱۲.۵	۱۴.۴	۱۶.۵	۷
۸	۰.۲	۰.۴	۰.۸	۱.۲	۱.۸	۲.۴	۳.۲	۴.۱	۵.۱	۶.۳	۷.۶	۹.۰	۱۰.۶	۱۲.۴	۱۴.۳	۱۶.۵	۱۸.۹	۸
۹	۰.۲	۰.۵	۰.۹	۱.۴	۲.۰	۲.۸	۳.۶	۴.۶	۵.۸	۷.۱	۸.۵	۱۰.۱	۱۱.۹	۱۳.۹	۱۶.۱	۱۸.۶	۲۱.۲	۹
۱۰	۰.۲	۰.۶	۱.۰	۱.۵	۲.۲	۳.۱	۴.۰	۵.۱	۶.۴	۷.۹	۹.۵	۱۱.۳	۱۳.۳	۱۵.۵	۱۷.۹	۲۰.۶	۲۳.۶	۱۰
۱۱	۰.۲	۰.۶	۱.۱	۱.۷	۲.۵	۳.۴	۴.۴	۵.۷	۷.۱	۸.۶	۱۰.۴	۱۲.۴	۱۴.۶	۱۷.۰	۱۹.۷	۲۲.۱	۲۶.۰	۱۱
۱۲	۰.۳	۰.۷	۱.۲	۱.۹	۲.۷	۳.۷	۴.۸	۶.۲	۷.۷	۹.۴	۱۱.۴	۱۳.۵	۱۵.۹	۱۸.۶	۲۱.۵	۲۴.۷	۲۸.۳	۱۲
۱۳	۰.۳	۰.۷	۱.۳	۲.۰	۲.۹	۴.۰	۵.۲	۶.۷	۸.۴	۱۰.۲	۱۲.۳	۱۴.۶	۱۷.۲	۲۰.۱	۲۳.۳	۲۶.۸	۳۰.۷	۱۳
۱۴	۰.۳	۰.۸	۱.۴	۲.۲	۳.۱	۴.۳	۵.۶	۷.۲	۹.۰	۱۱.۰	۱۳.۲	۱۵.۸	۱۸.۶	۲۱.۷	۲۵.۱	۲۸.۹	۳۳.۰	۱۴
۱۵	۰.۴	۰.۸	۱.۵	۲.۳	۳.۳	۴.۶	۶.۰	۷.۷	۹.۷	۱۱.۸	۱۴.۲	۱۶.۹	۱۹.۹	۲۳.۲	۲۶.۹	۳۰.۹	۳۵.۴	۱۵
۱۶	۰.۴	۰.۹	۱.۶	۲.۵	۳.۶	۴.۹	۶.۴	۸.۲	۱۰.۳	۱۲.۶	۱۵.۱	۱۸.۰	۲۱.۲	۲۴.۸	۲۸.۷	۳۳.۰	۳۷.۸	۱۶
۱۷	۰.۴	۰.۹	۱.۷	۲.۶	۳.۸	۵.۲	۶.۹	۸.۸	۱۱.۸	۱۳.۳	۱۶.۱	۱۹.۲	۲۲.۶	۲۶.۳	۳۰.۵	۳۵.۰	۴۰.۲	۱۷
۱۸	۰.۴	۱.۰	۱.۸	۲.۸	۴.۰	۵.۵	۷.۳	۹.۳	۱۱.۶	۱۴.۱	۱۷.۰	۲۰.۳	۲۳.۹	۲۷.۸	۳۲.۳	۳۷.۱	۴۲.۵	۱۸
۱۹	۰.۵	۱.۰	۱.۹	۲.۹	۴.۲	۵.۸	۷.۷	۹.۸	۱۲.۲	۱۴.۷	۱۸.۰	۲۱.۴	۲۵.۲	۲۹.۴	۳۴.۰	۳۹.۲	۴۴.۹	۱۹
۲۰	۰.۵	۱.۱	۲.۰	۳.۱	۴.۵	۶.۱	۸.۱	۱۰.۳	۱۲.۸	۱۵.۷	۱۸.۹	۲۲.۵	۲۶.۵	۳۰.۹	۳۵.۸	۴۱.۲	۴۷.۲	۲۰

جدول ۲- تصحیح قسمت آبی کابل در اندازه‌گیری بده با استفاده از سرعت سنج

از روی پل بر حسب سانتی‌متر

زاویه انحراف α (درجه)	عمق ظاهری (متر)	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶
۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۳- مقدار ضریب n در بستر رودخانه‌ها با توجه به خصوصیات بستر

n			وضعیت رودخانه
پیشینه	متوسط	کمینه	
			الف - رودخانه‌هایی با حداکثر ۳۰ متر عرض سطح آب
			۱- رودخانه‌ها در دشت
۰/۰۳۳	۰/۰۳۰	۰/۰۲۵	مستقیم ، تمیز با حداکثر تراز
۰/۰۴۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	شبیه حالت بالا با قلوه سنگ و گیاه
۰/۰۴۵	۰/۰۴۰	۰/۰۳۳	تمیز با رودپیچ و ذخیره موضعی
۰/۰۵۰	۰/۰۴۵	۰/۰۳۵	شبیه حالت بالا با قلوه سنگ و گیاه
۰/۰۵۵	۰/۰۴۸	۰/۰۴۰	شبیه حالت بالا با تراز پایین
۰/۱۵۰	۰/۱۰۰	۰/۰۷۵	رودخانه پر از گیاه و درختچه،
			۲- رودخانه‌های کوهستانی
۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	کف قلوه سنگ و ماسه و تعدادی تخته سنگ
۰/۰۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	کف قلوه سنگ با تخته سنگ بزرگ
			ب - مسیل‌های سیلاب گیر
۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	۰/۰۲۵	مرتع کوتاه بدون درختچه
۰/۰۵۰	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	مرتع بلند بدون درختچه
۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰	اراضی کشاورزی بدون گیاه
۰/۰۴۵	۰/۰۳۵	۰/۰۲۵	اراضی کشاورزی با کشت نواری
۰/۰۵۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۰	مزرعه
۰/۰۷۰	۰/۰۵۰	۰/۰۳۵	مسیل با درختچه‌های پراکنده، علف هرز
۰/۰۶۰	۰/۰۵۰	۰/۰۳۵	مسیل با درختچه و درخت در زمستان
۰/۱۶۰	۰/۱۰۰	۰/۰۷۰	مسیل با درختچه متراکم
۰/۲۰۰	۰/۱۵۰	۰/۱۱۰	مسیل با درخت بید
۰/۱۲۰	۰/۱۰۰	۰/۰۸۰	مسیل با درخت متراکم
			ج - رودخانه‌های مهم با عرض سطح آب بیش از ۳۰ متر
۰/۰۶۰		۰/۰۲۵	سطح مقطع منظم
۰/۱۰۰		۰/۰۳۵	سطح مقطع نامنظم

منابع و مراجع

- ۱- دانشور، داریوش، اصول حفر چاه عمیق و اندازه‌گیری دبی
- ۲- سوبرامانیا، ک (۱۳۷۲)، جریان در آبراهه های روباز، ترجمه جواد فرهودی
- ۳- علیزاده، امین (۱۳۷۸)، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی
- ۴- مهدوی، محمد (۱۳۷۴)، هیدرولوژی کاربردی، جلد اول، انتشارات دانشگاه تهران
- ۵- نجمائی، محمد (۱۳۶۹)، هیدرولوژی مهندسی، جلد اول، دانشگاه علم و صنعت ایران
- ۶- روشها و جداول اندازه‌گیری دبی (۱۳۶۰)، امور آب وزارت نیرو
- 7- Allan Freeze, R. & Cherry, John A. (1979), Ground Water, Prentice – Hall, Inc.
- 8- Hays, R.B. et.al (1978), Design of Small Canal.
- 9- Linsley, Ray K. & Franzini, Joseph B. (1972), Water Resources Engineering, MC Graw – Hill – Book Company.
- 10- Linsley, Ray K. et. al (1988), Hydrology For Engineers, MC Graw – Hill – Book Company.
- 11- Subramanya, K. (1982), Flow in Open Channels, Vol.2
- 12- Webber, N.B. (1971), Fluid Mechanics For Civil Engineers.

***Instruction of Water Resources Data
Collection***

این نشریه

با عنوان «دستورالعمل آماربرداری از منابع آب - وسایل و روش‌های اندازه‌گیری» شامل برگه‌های شناسایی و اندازه‌گیری منابع و ایستگاه‌های مختلف آبی اعم از سطحی و زیرزمینی بوده و شیوه ثبت اطلاعات در آنها به طور جامع و استاندارد ارائه شده است. همچنین بعضی از روش‌های اندازه‌گیری ارتفاع سطح آب، سرعت جریان و محاسبه بده در منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز ارائه شده است.

معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی
مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات

ISBN 964-425-699-9



9 789644 256998