

# راهنمای عملیات صحرایی نمونه برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها

نشریه شماره ۳۴۹

وزارت نیرو  
شرکت مدیریت منابع آب ایران  
دفتر استانداردها و معیارهای فنی  
<http://www.wrm.ir/standard>

سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور  
معاونت امور فنی  
دفتر امور فنی، تدوین معیارها و  
کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله  
<http://tec.mporg.ir>

جمهوری اسلامی ایران  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

# راهنمای عملیات صحرائی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها

نشریه شماره ۳۴۹

وزارت نیرو  
شرکت مدیریت منابع آب ایران  
دفتر پژوهشها و استانداردها

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  
**راهنمای عملیات صحرایی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها/ معاونت**  
امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ وزارت نیرو، شرکت مدیریت منابع  
آب ایران، دفتر پژوهشها و استانداردها- تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری،  
مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، ۱۳۸۵.  
VI، ۹۰ ص: مصور، جدول، نمودار- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها  
و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله؛ نشریه شماره ۳۴۹) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛  
۸۵/۰۰/۱۶۷)

ISBN 964-425-898-3

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۰/۱۶۶۵۶۲ مورخ ۱۳۸۵/۱۰/۵  
کتابنامه: ص. ۸۹-۹۰

۱. رسوبهای رودخانه‌ای - نمونه‌سنجی. ۲. رسوبات رودخانه‌ای - اندازه‌گیری - دستنامه‌ها. ۳. مخزنهای  
آب - رسوب. الف. شرکت مدیریت منابع آب ایران. دفتر پژوهشها و استانداردها. ب. سازمان مدیریت و  
برنامه‌ریزی کشور. مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۵ ش. ۳۴۹ / ۲۴ س / ۳۶۸ TA

ISBN 964-425-898-3

شابک ۳-۸۹۸-۴۲۵-۹۶۴

## راهنمای عملیات صحرایی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها

تهیه‌کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله  
ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک  
علمی، موزه و انتشارات

چاپ اول، ۵۰۰ نسخه

قیمت: ۱۱۰۰۰ ریال

تاریخ انتشار: سال ۱۳۸۵

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ زحل

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



بسمه تعالی

ریاست جمهوری  
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور  
رییس سازمان

شماره:	۱۰۰/۱۶۶۵۶۲
تاریخ:	۱۳۸۵/۱۰/۵

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران

موضوع:

راهنمای عملیات صحرایی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها

به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۰/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران به پیوست نشریه شماره ۳۴۹ دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، با عنوان «راهنمای عملیات صحرایی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌شود.

دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند، جایگزین کنند.

عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را برای دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله این سازمان، ارسال دارند.

امیرمختار برقی

معاون رییس جمهور و رییس سازمان

## 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 مأخذ 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.

حبيب امين فر- معاون امور فنی

پاییز ۱۳۸۵

## 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 آن را 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 به صورت زیر گزارش فرمایید:**

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
  - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت 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>

## ترکیب اعضای تهیه کننده

این استاندارد در مؤسسه تحقیقات آب، توسط افراد زیر به ترتیب حروف الفبا تهیه شده است:

دکترای هیدرولیک	مؤسسه تحقیقات آب	آقای خسرو حسینی
فوق لیسانس مهندسی آب	مؤسسه تحقیقات آب	آقای شروین فقیهی‌راد
فوق لیسانس مهندسی رودخانه	مؤسسه تحقیقات آب	آقای حسام فولادفر
لیسانس زمین‌شناسی	مؤسسه تحقیقات آب	آقای حسین یونسی
لیسانس زمین‌شناسی	مؤسسه تحقیقات آب	آقای مسعود نیری

بازنویسی نهایی این استاندارد توسط آقای حسام فولادفر انجام شده است.

## بررسی و تصویب کنندگان

این استاندارد توسط کارشناسان متخصص و مرتبط با موضوع استاندارد، سازمان‌ها، نهادهای ذیربط، دانشگاه‌ها و مهندسين مشاور مورد بررسی، اصلاح و تأیید قرار گرفته و نهایتاً توسط اعضای کمیته تخصصی مهندسی رودخانه و سواحل دفتر استانداردها و معیارهای فنی و نیز سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور به تأیید و تصویب رسیده است.

اسامی اعضای گروه نظارت به ترتیب حروف الفبا عبارتند از:

فوق لیسانس آب‌شناسی	کارشناس آزاد	آقای سید جمال‌الدین پرورده
دکترای هیدرولیک	دانشگاه علم و صنعت ایران	آقای ابراهیم جباری
لیسانس خاک‌شناسی	سازمان آب منطقه‌ای ارومیه	آقای رضا سلمانیان

اسامی اعضای کمیته تخصصی مهندسی رودخانه و سواحل دفتر استانداردها و معیارهای فنی که بررسی و تأیید استاندارد

حاضر را بعهده داشته‌اند به ترتیب، حروف الفبا عبارتند از:

فوق لیسانس هیدرولیک	شرکت سازه‌پردازی	آقای محمود افسوس
دکترای مهندسی آب	دانشگاه تهران	آقای محمد ابراهیم بنی‌حبیب
دکترای هیدرولیک	دانشگاه علم و صنعت ایران	آقای ابراهیم جباری
فوق لیسانس سازه‌های آبی	شرکت توسعه منابع آب و نیروی ایران	آقای محمدحسن چیتی
دکترای سازه‌های دریایی	دانشگاه تربیت مدرس	آقای مهدی شفیع فر
لیسانس راه و ساختمان	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	خانم کیان‌دخت کباری
فوق لیسانس سازه‌های آبی	سازمان مدیریت منابع آب ایران	آقای جبار وطن فدا

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	۱- کلیات
۲	۱-۱ هدف
۲	۲-۱ دامنه کاربرد
۲	۳-۱ مشخصه‌ها، تولید و انتقال مواد رسوبی
۴	۴-۱ ضرورت تولید داده‌های رسوبی
۶	۲- معیارهای انتخاب و کاربرد دستگاههای نمونه برداری رسوب در رودخانه و مخزن سد
۶	۱-۲ کلیات
۶	۲-۲ دستگاههای نمونه برداری بار معلق
۶	۱-۲-۲ روش مستقیم
۶	۲-۲-۲ روش غیر مستقیم
۱۹	۳-۲ دستگاههای نمونه برداری بار کف بستر رودخانه
۱۹	۱-۳-۲ نمونه برداری بار کف به صورت مستقیم
۱۹	۱-۱-۳-۲ نمونه بردار سیدی و جعبه‌ای
۱۹	۲-۱-۳-۲ نمونه بردار سینی دار
۱۹	۳-۱-۳-۲ نمونه بردار اختلاف فشاری
۲۰	۲-۳-۲ نمونه برداری بار کف بستر به صورت غیرمستقیم
۲۰	۱-۲-۳-۲ مسیریابی شکل بستر
۲۴	۴-۲ دستگاههای نمونه برداری از مواد بستر
۲۴	۱-۴-۲ دستگاه نمونه برداری نوع چنگکی
۲۵	۱-۱-۴-۲ چنگک اکمن
۲۵	۲-۱-۴-۲ چنگک پترسون
۲۶	۳-۱-۴-۲ چنگک پونار
۲۶	۲-۴-۲ دستگاه نمونه برداری مغزه گیری
۳۹	۳- نمونه برداری و اندازه گیری رسوب در رودخانه‌ها
۳۹	۱-۳ نمونه برداری بار معلق
۴۰	۱-۱-۳ دستورالعمل نمونه برداری بار معلق به روش چند مقطعی



## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۴۲	دستورالعمل نمونه برداری بار معلق به روش سه مقطعی ۲-۱-۳
۴۵	نمونه برداری بار کف بستر ۲-۳
۴۵	دستورالعمل نمونه برداری بار کف به روش SEWI ۱-۲-۳
۴۶	دستورالعمل نمونه برداری بار کف به روش MEWI ۲-۲-۳
۴۷	دستورالعمل نمونه برداری بار کف به روش UWI ۳-۲-۳
۴۹	توصیه های اجرایی ۴-۲-۳
۵۲	روش محاسبه بار کف بستر ۵-۲-۳
۵۲	روش تمام مقطعی ۱-۵-۲-۳
۵۴	روش بین مقطعی ۲-۵-۲-۳
۵۵	روش متوسط مقطعی ۳-۵-۲-۳
۵۶	نمونه برداری از مواد بستر ۳-۳
۵۶	نمونه برداری از روی سطح ۱-۳-۳
۵۸	شمارش خطی ۱-۱-۳-۳
۵۹	شمارش شبکه ای ۲-۱-۳-۳
۶۰	نمونه برداری سطحی ۳-۱-۳-۳
۶۳	نمونه برداری حجمی ۲-۳-۳
۶۸	تناوب زمانی نمونه برداری رسوب ۴-۳
۷۰	توزیع مکانی نمونه برداری رسوب ۵-۳
۷۱	توزیع مکانی نمونه برداری رسوب بار معلق ۱-۵-۳
۷۱	توزیع مکانی نقاط در عمق ۱-۱-۵-۳
۷۴	توزیع مکانی محورهای قائم اندازه گیری در طول شکل بستر ۲-۱-۵-۳
۷۵	توزیع مکانی محورهای قائم در امتداد عرض (سطح مقطع) ۳-۱-۵-۳
۷۸	توزیع مکانی اندازه گیری برای حمل رسوب بار کف ۲-۵-۳
۸۱	نمونه برداری و اندازه گیری رسوب در مخزن سد ۴-
۸۱	کلیات ۱-۴
۸۲	برنامه ریزی و تهیه نقشه های عملیاتی نمونه برداری رسوبات ۲-۴

## فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۸۲	۱-۲-۴ توصیف پروژه
۸۳	۲-۲-۴ تعیین محل، تعداد و فواصل پروفیلها (مقاطع) و نمونه‌های رسوبی
۸۳	۱-۲-۲-۴ تعیین محل نمونه‌برداریها
۸۴	۲-۲-۲-۴ فواصل و تعداد مقاطع نمونه‌برداری
۸۴	۳-۲-۲-۴ تعداد نمونه‌های رسوبی دست‌خورده و دست‌نخورده در هر مقطع
۸۵	۳-۴ مراحل عملیاتی نمونه‌برداری از رسوبات بستر مخازن
۸۵	۱-۳-۴ تجهیزات و وسایل مورد نیاز
۸۷	۲-۳-۴ تعیین و نصب نقاط نشانه ساحلی
۸۷	۳-۳-۴ پلیگون‌بندی و تعیین و پیاده‌سازی مختصات نقاط شاخص ساحلی
۸۷	۴-۳-۴ شماره‌گذاری مقاطع عرضی نمونه‌برداری
۸۸	۵-۳-۴ ملاحظات عملیاتی
۸۹	منابع و مراجع

## مقدمه

علم و آگاهی از فرسایش، حمل و رسوبگذاری رسوبات سطح حوضه آبریز، رودخانه‌ها، مخازن و سایر بدنه‌های آبی برای کسانی که بطور مستقیم و یا غیر مستقیم درگیر مطالعات توسعه و مدیریت منابع آبی و زمینی می‌باشند، بسیار مهم است. برای فهم و ادراک صحیح از فرآیندهای رسوبی نیاز به اندازه‌گیری مواد معلق و رسوبات کف بستر برای دامنه وسیعی از شرایط هیدرولوژیکی می‌باشد. پیچیدگی پدیده‌های رسوبی باعث شده که هزینه‌های مربوط به اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل‌های مربوط در مقایسه با سایر اطلاعات هیدرولوژیکی، افزایش نسبی داشته باشد. هدف این راهنما، کمک به استاندارد نمودن و توسعه بازدهی در روشهای اخذ داده‌های رسوبی به منظور افزایش مقدار و کیفیت داده‌ها می‌باشد.

اهداف کلی جمع‌آوری داده‌های رسوبی موارد زیر می‌باشند:

- ارزیابی رابطه رسوبات با شرایط مختلف طبیعی زمین‌شناسی، خاک، آب و هوا، رواناب، توپوگرافی، پوشش سطحی زمین و اندازه سطح زهکشی
  - ارزیابی رابطه رسوبات با انواع کاربری اراضی
  - توزیع زمانی غلظت رسوبات و نرخ حمل در رودخانه‌ها
  - ارزیابی فرسایش و رسوبگذاری در سامانه‌های رودخانه‌ای
  - مشخصات میزان و اندازه رسوبات منتقل شده به بدنه آبی
  - مشخصه‌های رسوبات نهشته شده در رابطه با اندازه ذرات و شرایط جریان
  - ارتباط بین شیمی رسوب، کیفیت آب و جامعه جانوری و گیاهی
- اهداف فوق نشان می‌دهند که اندازه‌گیریهای متنوع و گسترده‌ای در رودخانه‌ها و سایر بدنه‌های آبی از بدنه‌های خیلی بزرگ تا انهار خیلی کوچک مورد نیاز می‌باشند.

## ۱ - کلیات

### ۱-۱ هدف

هدف از تهیه این راهنما، آشنا نمودن کاربران با نحوه نمونه‌برداری و اندازه‌گیری رسوبات رودخانه‌ای و مخازن سدها می‌باشد. در این راستا، کاربران با برنامه‌ریزی و تکنیک‌های صحرائی و وسائل و تجهیزات مورد نیاز برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری مواد معلق، مواد بستر شناخت و آگاهی کافی پیدا خواهند کرد.

### ۲-۱ دامنه کاربرد

دامنه کاربرد این راهنما، مخازن سدها و انواع رودخانه‌های آبرفتی با رژیمها و مواد بستر با اندازه‌های مختلف در ایران می‌باشد.

### ۳-۱ ویژگیها، تولید و انتقال مواد رسوبی

مواد رسوبی ذراتی از سازندهای سنگی می‌باشند که توسط آب یا هوا، معلق، حمل و نهشته می‌شوند. اندازه مواد رسوبی از سنگهای بزرگ تا ذرات کلوئیدی را شامل می‌شوند و شکل آنها از گرد تا تیز گوشه متغیر است. ترکیب کانیهای تشکیل دهنده و وزن مخصوص آنها نیز متفاوت می‌باشد.

مواد رسوبی در اثر فرآیندهای فرسایشی روی سازندهای سنگی ایجاد شده و توسط جاذبه زمین، باد، آب یا ترکیبی از اینها حمل می‌گردند. زمانی که عامل حمل مواد رسوبی آب باشد، آن را رسوبات رودخانه‌ای<sup>۱</sup> می‌نامند. بنا به تعریف USGS رسوبات رودخانه‌ای قطعه سنگهای ریز و درشتی می‌باشند که در اثر هوازگی سنگها و خرد شدگی آنها بوجود می‌آیند و توسط آب حمل می‌گردند. به این مواد در آب، عناصر زیستی و شیمیایی و مواد آلی نظیر هوموس نیز اضافه می‌شود.

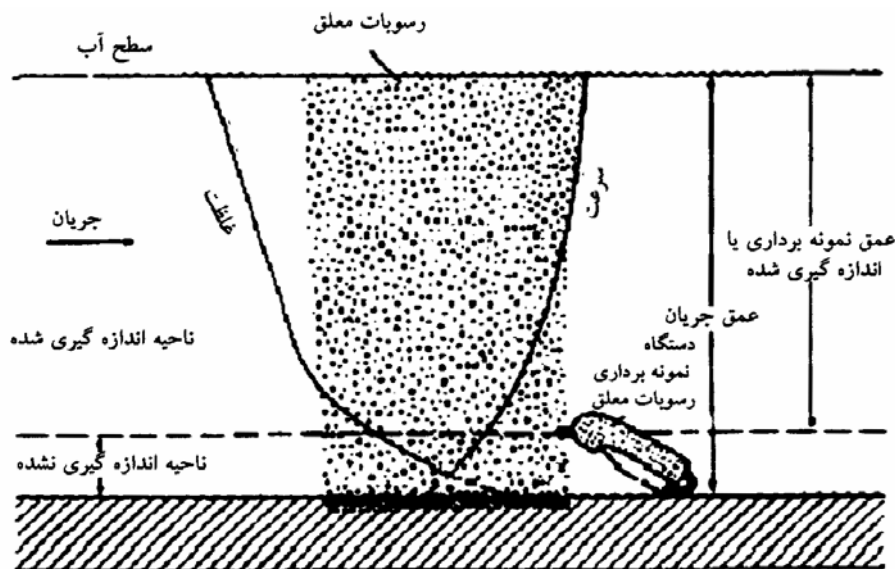
فرسایش توسط آب به دو دسته کلی فرسایش ورقه‌ای و فرسایش کانالی بدون داشتن مرز مشخص و روشنی بین این دو، تقسیم می‌شود. فرسایش ورقه‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که رسوبات از سطح یک ورقه فرسایشی با ضخامت یکسان توسط قطرات باران و یا جریان ورقه‌ای جدا می‌شوند. حرکت مواد رسوبی و ضربه قطرات باران باعث تراکم سطح خاک و آب بندی نسبی آن و لذا کاهش مؤثر آهنگ نفوذ و افزایش میزان آب قابل دسترس برای فرسایش و حمل مواد رسوبی می‌گردد. مقدار مواد رسوبی فرسایش یافته تابعی از شیب سطح، فرسایش پذیری، شدت بارندگی و اندازه قطرات باران می‌باشد. نامنظمی سطح زمین باعث تمرکز جریان در داخل جویبارهای کوچک شده و این جویبارها که با اتصال به یکدیگر در پایین دست، آنها را و رودخانه‌های بزرگتری را تشکیل می‌دهند. در داخل این رودخانه‌های بزرگتر، مواد قابل فرسایش از کناره‌ها و بستر رودخانه در معرض جریان قرار می‌گیرند و تا مقداری که انرژی جریان اجازه دهد، رسوبات بیشتری توسط رودخانه حمل می‌شود. این گونه فرسایشهای کانالی ممکن است به صورت عمومی و یا موضعی در طول رودخانه باشند. هرچند که در طبیعت به صورت موضعی ظاهر می‌شوند.

عامل باد می‌تواند رسوباتی را وارد رودخانه کند، اما سهم این رسوبات در مقایسه با بار رسوبی رودخانه معمولاً مقدار ناچیزی می‌باشد. علاوه بر فرسایش کناره‌ای رودخانه که در اثر فرسایش ناشی از جریان اتفاق می‌افتد، انتقال ثقلی رسوبات به درون رودخانه نیز از سهم بالایی برخوردار است. انتقال ثقلی رسوبات شامل خزشهای کند تا لغزشهای سریع کناره‌های رودخانه است. از دیگر عوامل ایجاد رسوب در رودخانه، جاده سازی در حاشیه رودخانه، برداشت شن و ماسه و یا دیگر فعالیت‌های انسانی در حوضه آبریز، در بستر یا در حاشیه رودخانه می‌باشد.

رودخانه معمولاً رسوبات ریز دانه را به صورت معلق حمل می‌کند و رسوبات دانه درشت از طریق جریانهای غلیظ، چرخش و یا جهش در بستر رودخانه به پایین دست منتقل می‌شود. به طور کلی، رسوبات دانه ریز با سرعتی معادل سرعت جریان به پایین دست منتقل می‌شوند. در صورتیکه رسوبات درشت دانه گاهی دارای حرکت موقتی می‌باشند و بیشتر اوقات در حالت سکون بسر می‌برند.

توزیع عمودی رسوبات معلق در طول مسیر و در عرض رودخانه ممکن است تغییر نماید. هرچند که بطور کلی، ذرات ریز رسوبات به طور یکنواخت در امتداد محور قائم توزیع شده اند و دانه‌های درشت در مجاورت بستر رودخانه تمرکز یافته اند. گاهی اوقات، دانه‌های درشت ممکن است در نتیجه جریانهای آشفته و یا در نتیجه پدیده پخشودگی به سطح آب برسند. بنا براین با استفاده از دستگاههای نمونه‌برداری تجمعی عمقی یا نقطه ای، نمونه‌های اخذ شده شامل دامنه وسیعی از اندازه دانه‌های رسوبی بوده و معرف مناسبی برای بده رسوبات معلق می‌باشند. در جهت قائم دو منطقه را می‌توان از یکدیگر مجزا کرد. (شکل ۱-۱). این تفکیک به دلیل نوع طراحی دستگاه نمونه‌برداری و محدودیت آن در عمق مؤثر نمونه برداشت شده می‌باشد. نمونه‌برداری در تمامی عمق امکان‌پذیر نمی‌باشد. به دلیل آنکه، موقعیت فیزیکی دهانه ورودی نسبت به کف دستگاه نمونه‌بردار مانع از نزدیک شدن دهانه ورودی به کف رودخانه می‌شود. این قسمت عمق، منطقه غیر قابل نمونه‌برداری نامیده می‌شود و مشخصاً غلظت بیشتر و دانه‌های درشت تر رسوبی را حمل می‌کند. رسوبات معلق واقع در این قسمت غیر قابل نمونه‌برداری، بسته به عمق، سرعت، و اغتشاش جریان در قائم ممکن است قابل ملاحظه باشند و یا اینکه از آن صرف‌نظر کرد. چنانچه سرعت و شرایط اغتشاش در ناحیه قابل نمونه‌برداری بر نیروهای برشی حمل بار کف در ناحیه غیر قابل نمونه‌برداری غلبه کند و به طور مؤثر همه رسوبات معلق را در سراسر عمق به صورت معلق نگهدارد، در چنین حالتی بده رسوبی اندازه‌گیری شده تقریباً برابر با بده رسوبی کل خواهد بود.

این بحث اخیر، پیچیدگی مطالعات حمل رسوبات رودخانه‌ای و بعضی از متغیرهای درگیر را روشن می‌نماید. پیرامون جزئیات مفاهیم رسوبات رودخانه و فرآیندهای زمین ریخت شناسی می‌توان به منابع [34,35,36] مراجعه کرد.



شکل ۱-۱- نواحی قابل و غیر قابل نمونه برداری در نمونه برداری قائم از رودخانه

#### ۴-۱- ضرورت تولید داده‌های رسوبی

با صرف نظر از دقت محدود پیش بینی‌های تئوریک فرآیندهای رسوبی، فعالیت‌های بشری تغییرات زیادی را روی متغیرهای مؤثر بر فرسایش، حمل رسوب و رسوبگذاری ایجاد می‌کند. لذا نیاز مبرمی برای اندازه‌گیری‌های مستقیم و یا غیر مستقیم از حرکت و مشخصه‌های رسوبات رودخانه‌ای می‌باشد. به دلیل پیشرفتهای سریع در فناوری، تهیه فهرستی از کلیه مشکلات رسوبی و انواع داده‌های مورد نیاز برای حل این مشکلات غیر ممکن می‌باشد. هرچند که بیان چند محدوده از مشکلات لازم بنظر می‌رسد. داده‌های رسوبی به منظور حل مشکلاتی مرتبط با بهره‌برداری از آب، مفید می‌باشند. بسیاری از صنایع در فرآیندهایشان نیاز به آب بدون رسوب دارند. آگاهی از میزان و مشخصه‌های رسوب در منابع آب مورد نیاز می‌باشد. با توجه به امکان جداسازی رسوبات از اقتصادی‌ترین راه، قبل از ورود آب به سیستم توزیع، آگاهی از حرکت رسوبات و مشخصه‌های رسوبات برای طرح سازه‌های هیدرولیکی مانند سدها، کانالها و سازه‌های آبیاری مورد نیاز می‌باشد.

داده‌های مربوط به حرکت رسوبات و ویژگی‌های رسوبی به منظور تعیین و درک این که چگونه مواد رادیو اکتیو و بسیاری از مواد آلی توسط رسوبات جذب و تمرکز داده می‌شوند، مورد نیاز می‌باشد. آگاهی از تأثیر تغییرات طبیعی و بشری در حوضه‌های آبریز روی مقدار و ویژگی‌های رسوبی به پیش بینی شرایط رودخانه‌ای در اثر تغییرات آتی کمک مؤثری می‌کند. آگاهی از شرایط حاضر رسوبات رودخانه‌ای به ارائه معیارهایی برای استانداردهای کیفیت آب نیز کمک مؤثری می‌کند.

داده‌های رسوبی مذکور به برنامه‌هایی به منظور تأمین موارد زیر نیاز دارند:

- اطلاعات مفهومی بر پایه شبکه ملی
- اطلاعات خاص در باره نواحی خاص مشکل دار برای مدیریت آب
- شرح و فهم روابط بین آب، رسوب و محیط زیست (تحقیقات پایه)

به طور خلاصه، داده‌های رسوبی دارای انواع زیر می‌باشند:

- داده‌های از نوع پیوسته یا ثبت روزانه در جاهایی که محاسبه بار روزانه مورد نیاز می‌باشد.
- داده‌های از نوع جزئی در جاهایی که ثبت روزانه برای قسمتی از سال مورد نیاز می‌باشد.
- داده‌های از نوع ثبت ادواری در جاهایی که نمونه‌ها به صورت ادواری مورد نیاز می‌باشند.

معمولاً مجموعه‌ای از اندازه‌گیریهای شناسایی قبل از کاربرد این برنامه‌ها انجام می‌گیرد. حتی بعد از آغاز یک برنامه خاص، ممکن است سازگاریهایی با در نظر گرفتن ابزار، زمان نمونه‌برداری و یا حتی محل اندازه‌گیری لازم باشد. با کاربرد صحیح معیارها برای رسیدن به اهداف پروژه، می‌توان از تغییر مسیر و یا دوباره‌کاریها اجتناب کرد. [29]

## ۲- معیارهای انتخاب و کاربرد دستگاههای نمونه برداری رسوب در رودخانه و مخزن سد

### ۱-۲ کلیات

یکی از مراحل مهم در نمونه برداری رسوب، انتخاب مناسبترین تجهیزات و امکانات می باشد. انتخاب دستگاههای اندازه گیری با توجه به طیف گسترده آنها، به عوامل مورد سنجش، امکانات موجود شامل کارکنان متخصص و کارآموزان، اتومبیل صحرایی، قایق، ادوات و تجهیزات اندازه گیری به همراه استفاده از فن آوری و دقت مورد نظر وابسته است. شناخت اولیه از محدوده عملکرد و دقت دستگاههای اندازه گیری در هر رده اعم از بار معلق، بار بستر و مواد بستر می تواند کاربر را به مسیر درستی رهنمون سازد. به نظر می رسد، علاوه بر شناخت فیزیکی از هر سامانه اندازه گیری، تجربه عملی آشنایی با دستگاه، یک امر مهم تلقی شده و باید قبل از انجام یک پروژه اندازه گیری، به درستی از صحت عملکرد آن اطمینان حاصل کرد. اطلاعات فنی و چگونگی عملکرد و محدودیتهای هر دستگاه اندازه گیری، عمدتاً در دفترچه شناسایی آن موجود است. هدف از مطالب این فصل، فقط معرفی و ارائه این گونه اطلاعات نیست، بلکه سعی شده بیشتر به حوزه های کارکرد و تواناییهای آنها اشاره گردد. بدیهی است با مقایسه نقاط قوت و محدودیتهای متفاوت ارائه شده، تصمیم گیری در خصوص انتخاب دستگاه بهینه، آسان می شود.

### ۲-۲ دستگاههای نمونه برداری بار معلق

دستگاههای اندازه گیری بار معلق، بر اساس دو روش نمونه برداری و اندازه گیری مستقیم و غیرمستقیم غلظت مواد معلق طراحی و ساخته شده اند.

#### ۱-۲-۲ روش مستقیم<sup>۱</sup>

این روش، بر مبنای نمونه برداری و اندازه گیری مستقیم متوسط زمانی غلظت رسوب در حال انتقال در یک نقطه معین (پیوسته - نقطه ای<sup>۲</sup>) یا در امتداد یک عمق معین (پیوسته - عمقی<sup>۳</sup>) می باشد. طرز نمونه برداری بدین صورت است که نمونه بردار در امتداد یک عمق معین به صورت عمودی و با سرعت ثابت حرکت کرده و نمونه برداری می کند. از جمله این نمونه بردارها، می توان به بطریها و نمونه بردارهای تله ای و پمپی اشاره کرد.

#### ۲-۲-۲ روش غیر مستقیم<sup>۴</sup>

این روش، بر پایه نمونه برداری و اندازه گیری غیر مستقیم متوسط زمانی غلظت استوار می باشد. استفاده از این روش با فرضیات زیر همراه است:

- از نوسان سرعت دانه رسوب و غلظت رسوب در ارتفاع (عمق) صرف نظر می گردد.
- سرعت دانه های رسوب و سیال با یکدیگر مساوی فرض می شود.

---

1- Direct Method  
2 - Point Integrating  
3 - Depth Integrated  
4 - Indirect method

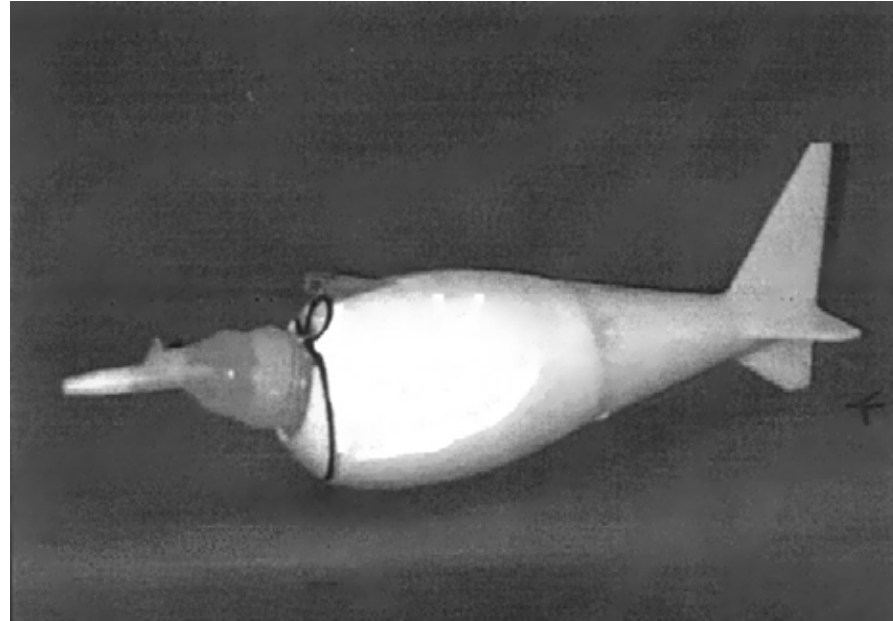


براساس اطلاعاتی که در مورد عدم دقت روش غیرمستقیم توسط اندرسون ارائه گردیده، انتقال رسوب اندازه‌گیری شده توسط روش مستقیم در حدود ۱۰٪ از مقدار اندازه‌گیری شده توسط روش غیر مستقیم کوچک‌تر می‌باشد [15].  
مالدر و همکاران، این مقدار را ۵٪ گزارش کرده‌اند [23]. در حالی که سولزی و همکاران مقدار آن را ۱٪ گزارش کرده‌اند [28].


متوسط زمانی غلظت رسوبات می‌تواند در یک نقطه (پیوسته - نقطه‌ای) یا در امتداد یک عمق معین (پیوسته - عمقی) اندازه‌گیری شود. نمونه‌بردارهای صوتی و نوری از انواع نمونه‌بردارهای روش غیر مستقیم به حساب می‌آیند.  
در جدول (۱-۲) تعدادی از دستگاههای نمونه‌برداری بار معلق معرفی شده است. در این جدول، مشخصات فنی دستگاه، چگونگی عملکرد، محدودیتهای هر دستگاه به تفکیک آورده شده و تصویر نمونه‌بردار نیز نشان داده شده است.

جدول ۱-۲- دستگاههای نمونه بردار بار معلق

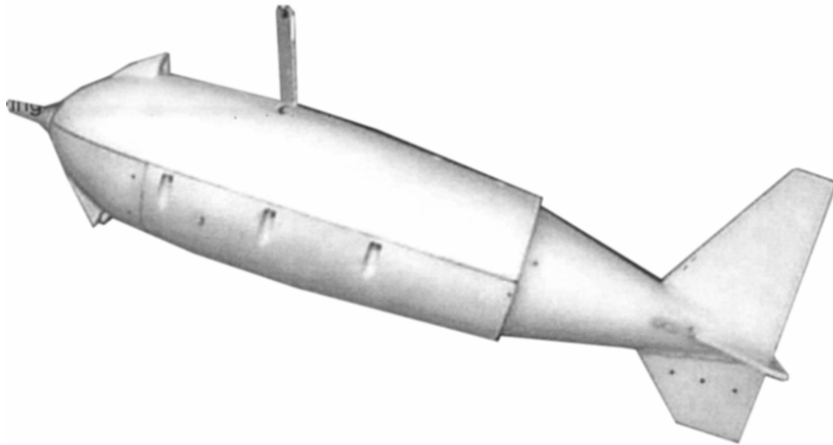
توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>با مدل USD-77 سازگار می باشد.</li> <li>قسمت انتهایی نمونه بردار از پره پلاستیکی ساخته شده تا از آلوده شدن و تغییر کیفیت آب در زمان اندازه گیری جلوگیری شود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>قابلیت قرارگیری و نمونه برداری در جریانهای با سرعت ۰/۴۶ تا ۲/۲ متر بر ثانیه.</li> <li>برای نمونه برداری در رودخانه های با عمق حداکثر ۴/۶ متر مناسب است.</li> <li>با در نظر داشتن استانداردهای لازم برای نمونه برداری مطالعه کیفی آب قابل استفاده است.</li> </ul>	تفلون یا پلاستیکی ۰/۸ تا ۱ لیتر	برنزی و با پوشش پلاستیکی	۰/۴۸-۰/۶۴-۰/۷۹	۲۹	۱۷/۰۲	۶۶/۰۴	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US <sup>TM</sup> D-95
		تصویر US D-95 <sup>TM</sup>							



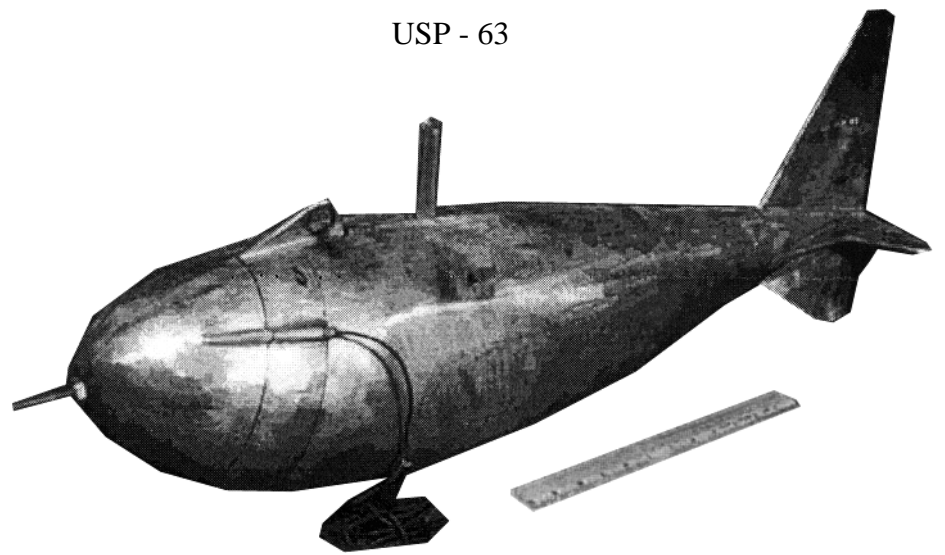
ادامه جدول ۲-۱- دستگاههای نمونه بردار بار معلق

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه				رده نمونه بردار	نوع	
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	وزن kg	عرض cm			طول cm
<ul style="list-style-type: none"> <li>• پره‌ها طوری تعبیه شده است که نمونه‌گیر به دقت در برابر جریان قرار می‌گیرد.</li> <li>• قبل از بازشدن نازل، توسط یک سامانه هشداردهنده، فشار طوری تنظیم می‌گردد که جریان به یکباره وارد مخزن نشود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابلیت برداشت نمونه به صورت پیوسته و قرارگیری در یک نقطه خاص از مقطع نمونه‌برداری.</li> <li>• سامانه راه اندازی به صورت الکترونیکی با باتری قابل شارژ US RBP-95.</li> <li>• قابلیت خروج هوای محبوس درون ظرف نمونه‌گیر.</li> <li>• تنظیم و باز و بسته کردن شیر ورودی نازل در شروع و خاتمه عملیات به صورت اتوماتیک صورت می‌پذیرد.</li> <li>• دارای سامانه هشداردهنده به منظور متعادل ساختن فشار هوای درون ظرف نمونه‌گیر با فشار هیدرولیکی موجود در هنگام غوطه‌وری دستگاه.</li> </ul>	شیشه‌ای (در حد ۱ لیتر)	برنزی	۴۸/۵	۱۸/۶	۷۱/۱	بار معلق (پیوسته - عمقی) (نقطه‌ای)	USP-61-AI
		USP- 61- AI						

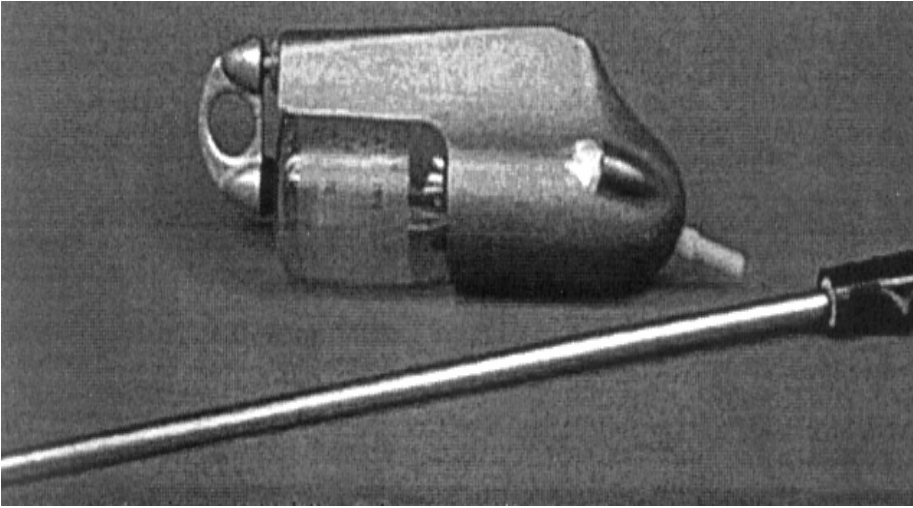
ادامه جدول ۱-۲ - دستگاههای نمونه بردار بار معلق

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• سنگین وزن.</li> <li>• در رده US ها نمونه گیر تمیز نامیده می شود.</li> <li>• در صورت استفاده در اعماق بیشتر قطر نازل ورودی کاهش می یابد.</li> <li>• محدوده کاربرد آن بیشتر در مخازن سدها است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابلیت نمونه برداری رسوبات معلق و پارامترهای مربوط به کیفیت آب.</li> <li>• راه اندازی با سامانه کابل و قرقره و قابلیت اتصال به کشتی.</li> <li>• از نازل به قطر ۰/۷۹ سانتی متر برای نمونه برداری تا عمق ۱۱/۹ متر استفاده گردد.</li> <li>• از نازل به قطر ۰/۶۴ سانتی متر برای نمونه برداری تا عمق ۱۸/۳ متر استفاده گردد.</li> <li>• از نازل به قطر ۰/۴۸ سانتی متر برای نمونه برداری تا عمق ۳۳/۵ متر استفاده گردد.</li> </ul>	پلاستیک	برنزی - آلومینیومی با پوشش مقاوم	۰/۴۸-۰/۶۴-۰/۷۹	۶۰	۲۰/۳	۸۸/۹	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US <sup>TM</sup> D-96
<p>US D-96<sup>TM</sup></p> 									

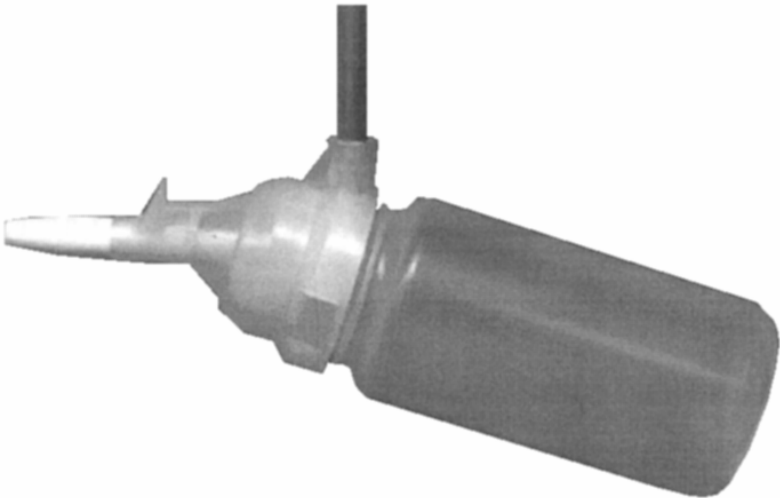
ادامه جدول ۲-۱- دستگاههای نمونه بردار بار معلق

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه				رده نمونه بردار	نوع	
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	وزن kg	عرض cm			طول cm
<p>عملکرد آن شبیه دستگاه USP-61 بوده ولی به علت وزن بیشتر برای نمونه برداری در اعماق بیشتر و سرعت های بالاتر مناسب است.</p> <p>ورود جریان از نازل به مخزن کاملاً افقی است.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>قابلیت برداشت نمونه به صورت پیوسته و قرارگیری در یک نقطه خاص از مقطع نمونه برداری (به منظور ثبت تغییرات در مقطع قائم).</li> <li>برای نمونه برداری تا عمق ۵۴/۹ متری از ظرف نمونه گیر ۰/۵ لیتری استفاده گردد.</li> <li>برای نمونه برداری تا عمق ۳۶/۶ متری از ظرف نمونه گیر ۱ لیتری استفاده گردد.</li> <li>راه اندازی سامانه بصورت الکترونیکی با کابل و یا باطری قابل شارژ.</li> <li>دارای محفظه متعادل کردن فشار به هنگام غوطه وری نمونه بردار در اعماق جریان.</li> </ul>	شیشه ای (در حد ۰/۵ لیتر)	برنزی	۹۱/۶	۲۲/۹	-	بار معلق (پیوسته - عمقی) (نقطه ای)	USP-63
		<p>USP - 63</p> 						

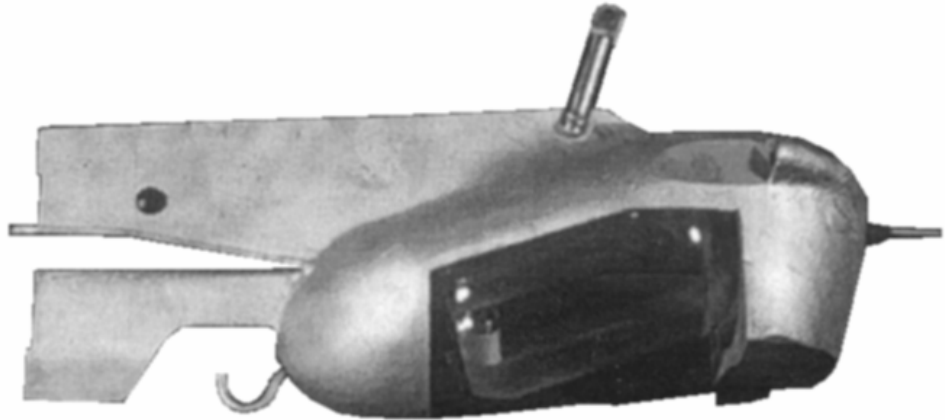
ادامه جدول ۲-۱- دستگاههای نمونه بردار بار معلق

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>متوسط وزن.</li> <li>در زمان نمونه برداری نازل کاملاً افقی قرار می گیرد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>قابلیت نمونه برداری حداکثر تا فاصله ۸/۹ سانتی متری از جریانهای کف.</li> <li>سامانه نگهداری توسط یک میله آلومینیومی به طول ۳۳ سانتی متر.</li> <li>امکان خروج هوای محبوس درون محفظه جمع آوری کننده.</li> </ul>	پلاستیک مخصوص	برنزی	۰/۶۴	۱۱/۳	۸/۱	۲۴/۴	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US DH - 48
<p>US DH - 48</p> 									

ادامه جدول ۱-۲ - دستگاههای نمونه بردار بار معلق

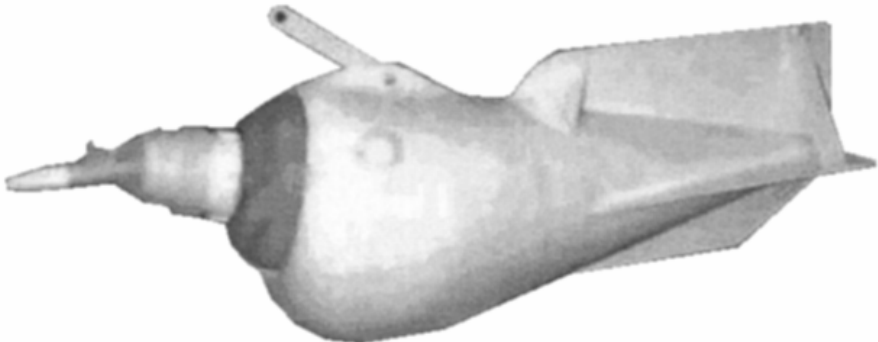
توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>نازل ورودی این نمونه گیر، قابلیت نصب روی مخزنهای جمع کننده نمونه گیرهای USD77 (با حجم مخزن ۲/۷ لیتر) و USD95<sup>TM</sup> (با حجم مخزن ۱ لیتر) را دارد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>قابلیت نمونه برداری، نمونه های کیفیت آب و فلزات ردیاب برای بررسیهای فیزیکی و شیمیایی.</li> <li>قرارگیری در آب توسط یک میله با پوشش مقاوم پلاستیکی به قطر ۱/۲۷ سانتی متر.</li> </ul>	پلاستیک	پلاستیک	۰/۴۸-۰/۶۴-۰/۷۹	۴۳	۲۲/۹	۷۴/۹	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US DH - 81
<p>US DH - 81</p> 									

ادامه جدول ۲-۱- دستگاههای نمونه بردار بار معلق

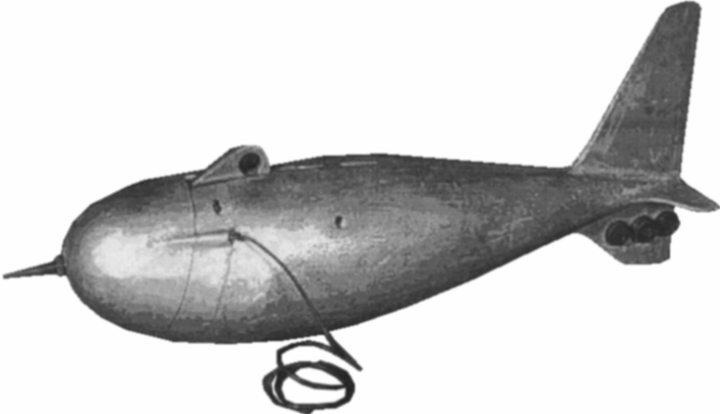
توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>متوسط وزن.</li> <li>برای قرارگیری نازل کاملاً افقی است.</li> <li>غیر قابل استفاده در نمونه برداری مسایل مربوط به کیفیت آب.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>قابلیت خروج هوای محبوس در ظرف نمونه گیر از انتهای دستگاه.</li> <li>راه اندازی سامانه دستی است.</li> </ul>	شیشه‌ای در حد ۱ لیتر	برنزی	۰/۳۲-۰/۴۸-۰/۶۳	۱۱/۳	۱۱/۴	۴۳/۲	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US DH - 76
<p>US DH - 81</p> 									



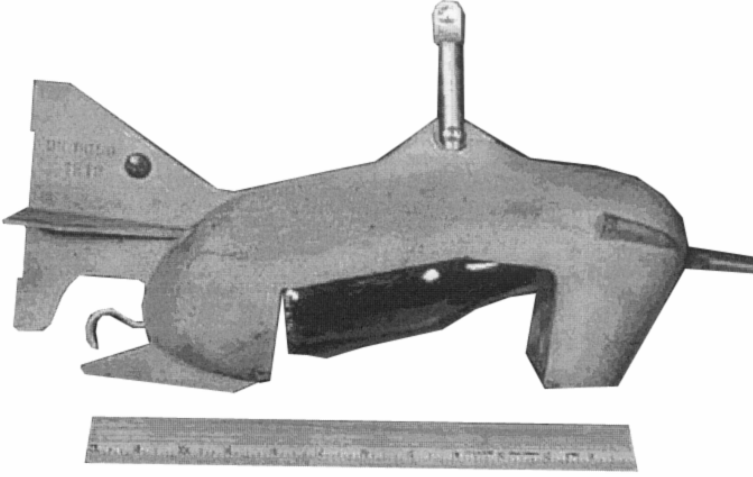
ادامه جدول ۲-۱- دستگاههای نمونه بردار بار معلق

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
• نمونه گیری با حجم زیاد انجام می گیرد.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابلیت جمع آوری نمونه های شیمیایی و بیولوژیکی رسوبات معلق.</li> <li>• نوع برنزی آن قابلیت قرارگیری نمونه برداری در جریانهای با سرعت ۰/۴۶ تا ۲/۲ متر بر ثانیه را دارد.</li> </ul>	پلاستیک مقاوم ۲/۷ لیتر	پلاستیک مقاوم	۰/۴۸-۰/۶۴-۰/۷۹	۴۳	۲۲/۹	۷۴/۹	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US-D77
<p>US - D77</p> 									

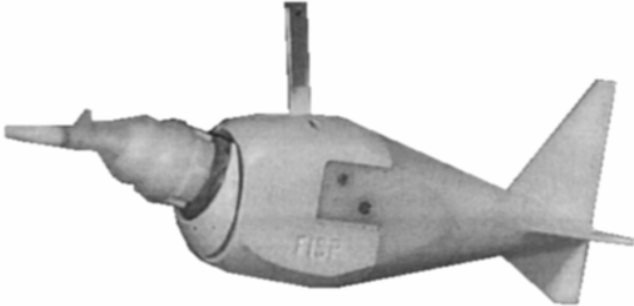
ادامه جدول ۲-۱- دستگاههای نمونه بردار بار معلق

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه				رده نمونه بردار	نوع	
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	وزن kg	عرض cm			طول cm
<ul style="list-style-type: none"> <li>پرهها طوری تعبیه شده است که نمونه گیر به دقت در برابر جریان قرار می گیرد.</li> <li>قبل از باز شدن نازل، توسط یک سیستم هشداردهنده فشار طوری تنظیم می گردد که جریان به یکباره وارد مخزن نشود.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>قابلیت برداشت نمونه به صورت پیوسته و استقرار در یک نقطه خاص از مقطع نمونه برداری.</li> <li>سامانه راه اندازی به صورت الکترونیکی با باتری قابل شارژ US RBP-95.</li> <li>قابلیت خروج هوای محبوس درون ظرف نمونه گیر.</li> <li>تنظیم و باز و بسته کردن شیر ورودی نازل در شروع و خاتمه عملیات به صورت الکترونیکی انجام می پذیرد.</li> <li>دارای سامانه هشداردهنده به منظور متعادل ساختن فشار هوای درون ظرف نمونه گیر با فشار هیدرولیکی موجود در هنگام غوطه وری.</li> </ul>	شیشه ای (در حد ۱ لیتر)	آلومینیومی	۳۷/۶	۱۸/۶	۷۱/۱	بار معلق (پیوسته - عمقی) (نقطه ای)	USP-72
		USP - 72				تصویر		
								

ادامه جدول ۱-۲ - دستگاههای نمونه بردار بار معلق

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	قطر نازل ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>متوسط وزن.</li> <li>ورود جریان به درون شیشه برای قرارگیری نازل، کاملاً افقی است.</li> <li>غیر قابل استفاده در نمونه برداری مسایل مربوط به کیفیت آب.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>قابلیت اتصال به کابل برای راه اندازی دستی.</li> <li>امکان خروج هوای محبوس درون شیشه از انتهای نمونه گیر.</li> </ul>	شیشه‌ای - مطابق حجم بطری شیر	برنزی	۰/۳۲-۰/۴۸-۰/۶۴	۱۰	۸/۸۹	۳۸/۱	بار معلق (پیوسته - عمقی)	USDH-59
<p>US DH - 59</p> 									

ادامه جدول ۲-۱- دستگاههای نمونه بردار بار معلق

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه				رده نمونه بردار	نوع
		جنس مخزن و حجم آن	نوع پوشش	وزن kg	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• محفظه جمع آوری کننده سازگار با مدل‌های USD-95<sup>TM</sup> یا USD-77 می‌باشد.</li> <li>• پره نمونه بردار از جنس پلاستیک می‌باشد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابلیت نمونه برداریهای کیفی آب.</li> </ul>	تفلون یا پلاستیکی ۱ لیتر	برنزی و پلاستیکی	۱۳/۳	۵۵/۹	بار معلق (پیوسته - عمقی)	US DH - 95 <sup>TM</sup>
		US DH - 95 <sup>TM</sup> 					

## ۳-۲ دستگاههای نمونه برداری بار کف بستر رودخانه

به طور کلی، اندازه گیری و نمونه برداری بار کف بستر به دو روش مستقیم و غیرمستقیم انجام می گردد.

### ۱-۳-۲ نمونه برداری بار کف به صورت مستقیم

در این روش به کمک دستگاه نمونه بردار، مواد رسوبی در حال حرکت در بستر رودخانه، تله اندازی و جمع آوری می گردد. سپس با انجام عملیات آزمایشگاهی و محاسبات، مقدار بار کف تعیین می شود.

### ۱-۱-۳-۲ نمونه بردار سببی و جعبه ای

در این نوع نمونه بردارها، با استفاده از کاهش دادن سرعت جریان آب، ذرات رسوب در داخل جعبه یا سبدهای توری تله اندازی می گردد. این نوع نمونه بردار بیشتر برای رودخانه های بزرگ با جریان زیاد و رسوبات بار کف درشت دانه کاربرد دارد. معروف ترین دستگاه نمونه برداری در این رده، نمونه بردار نسپر<sup>۱</sup> است که دارای ضریب نمونه برداری حدود ۴۵ درصد می باشد.

### ۲-۱-۳-۲ نمونه بردار سینی دار

این نمونه بردار شامل یک صفحه خم شده شیب دار است که ذرات بار کف ضمن عبور از روی آن به داخل محفظه تعبیه شده در قسمت عقب دستگاه سقوط می کند. معروف ترین دستگاههای نمونه برداری در این رده، نمونه بردارهای لوسین بسکی<sup>۲</sup> و پلیاکوف<sup>۳</sup> هستند. ضریب این نمونه بردارها به ترتیب ۳۸ و ۴۶ درصد است. این نمونه بردارها بیشتر برای رودخانه های بار کف و سرعت کم مناسب هستند.

### ۳-۱-۳-۲ نمونه بردار اختلاف فشاری

در این رده از نمونه بردارها، با ایجاد دیواره های انحراف جریان در قسمت عقب دهانه نمونه بردار و ایجاد اختلاف فشار، ذرات رسوبی به داخل کیسه نمونه برداری وارد می گردند. از معروف ترین دستگاههای نمونه برداری در این رده، نمونه بردارهای گونچارف<sup>۴</sup> و آرنهم<sup>۵</sup> هستند. به تدریج، نمونه بردارهای اصلاح شده به شکلی ساخته شده اند که دارای ضریب تله گیری بالا، بین ۰/۹ تا ۱/۱ گردیده اند.

نمونه بردار هلی اسمیت، در واقع نوع اصلاح شده نمونه بردار آرنهم است و یک نمونه بردار شناخته شده و معتبر در این گروه می باشد.

1 - Nespar  
2 - Losien Bsky  
3 - Polyacov  
4 - Goncharov  
5 - Arnham

## ۲-۳-۲ نمونه برداری بارکف بستر به صورت غیرمستقیم

در این روش، از دستگاههایی که بر اساس خاصیت صوت، نور و یا مواد رادیواکتیو کار می کنند، استفاده می شود. به طور کلی، کاربرد این روشها بیشتر آزمایشگاهی و تحقیقاتی است و تجربه های صحرایی آن نیز اندک می باشد. یکی دیگر از روشهای مورد استفاده مسیریابی شکل بستر می باشد. در این روش، پروفیل طولی کف در یک دوره تناوبی برداشت شده و با مقایسه مداوم پروفیلها، سرعت حرکت فرمهای بستر قابل محاسبه خواهد بود. جزییات بیشتر روش مسیریابی فرم بستر، در ادامه تشریح خواهد شد.

## ۲-۳-۳-۱ مسیریابی شکل بستر'

این روش، بر اساس محاسبه انتقال بار بستر از پروفیلهای اندازه گیری شده فرم بستر در بازه های زمانی مناسب و در شرایط جریان مشابهی بسط داده شده است. با فرض شرایط جریان ماندگار و عدم به هم خوردن فرم بستر در هنگام حرکت، نرخ انتقال بار بستر می تواند از فرمول زیر محاسبه گردد:

$$[S_b = \alpha_s \cdot (1-P) \cdot P_s \cdot \alpha \cdot \Delta] \quad (1-2)$$

که در آن:

$S_b$  = بار کف در حال انتقال (کیلوگرم بر ثانیه بر متر)،

$\alpha_s$  = ضریب شکل ( $\approx 0.5$  تا  $0.6$ )،

$P$  = ضریب تخلخل ( $\approx 0.5$ )،

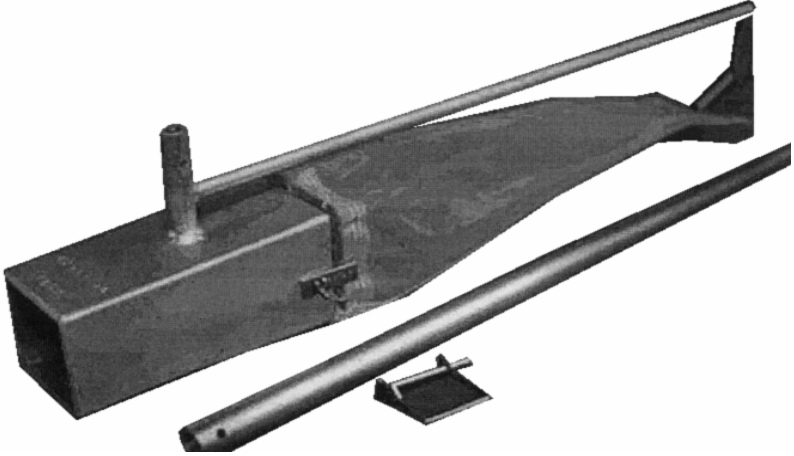
$P_s$  = وزن مخصوص رسوب ( $\approx 2650$  کیلوگرم بر مترمکعب)،

$\alpha$  = سرعت متوسط فرم بستر (متر بر ثانیه)،


$\Delta$  = ارتفاع متوسط فرم بستر (متر)

برای به کار بردن این معادله، سرعت حرکت و ارتفاع فرم بستر باید از روی پروفیلهای بستر تعیین گردد. جدول (۲-۲) حاوی طیف گسترده ای از دستگاههای نمونه برداری بار کف بستر می باشد. در این جدول، مشخصات فنی و چگونگی عملکرد و محدودیتهای هر دستگاه به تفکیک ارائه شده است.

جدول ۲-۲- دستگاههای نمونه بردار بار کف

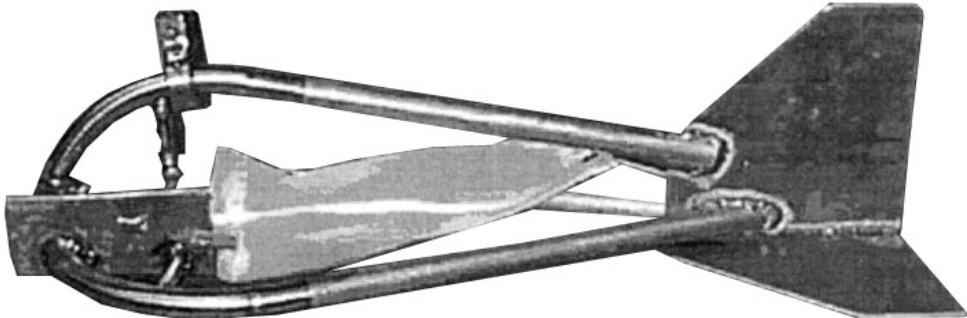
توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس محفظه نمونه بردار	جنس	دهانه ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• سبک وزن.</li> <li>• قطر منافذ کیسه جمع آوری نمونه ۲۵/ میلی متر.</li> <li>• بررسیها نشان می دهد نمونه بردار مذکور قادر به جمع آوری ذرات با قطر بزرگتر از ۳۸ میلی متر نیز می باشد.</li> <li>• بررسیها نشان می دهد در جریانهای با سرعت بالای ۲ متر بر ثانیه کارایی دستگاه کاهش می یابد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابلیت جمع آوری ذرات با قطر <math>D &lt; 38</math> میلی متر</li> <li>• برای نمونه برداری در جریانهای با سرعت حداکثر ۳ متر بر ثانیه کاربرد دارد.</li> <li>• برای نمونه برداری در رودخانه های کم عمق کاربرد دارد.</li> <li>• برای استقرار آن در رودخانه از میله آلومینیومی به طول ۷۱ سانتی متر استفاده می گردد.</li> <li>• به دلیل شکل دهانه ورودی مواد بستر بدون کاهش سرعت وارد کیسه شده و تله اندازی می گردد که در این شرایط، احتمال پارگی کیسه زیاد است.</li> </ul>	پلی استر	آلومینیومی	۷/۶۲×۷/۶۲	۴/۵	۱۴	۷۱/۱	بار بستر	US BLH-84
<p>US BLH- 84</p> 									

ادامه جدول ۲-۲- دستگاههای نمونه بردار بار کف

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس محفظه نمونه بردار	جنس	دهانه ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>مدت زمان نمونه برداری نباید به پر شدن بیش از ۴۰٪ حجم سبد نمونه بردار منجر گردد.</li> <li>نمونه بردار برای رسوبات متوسط دانه در اندازه ماسه و شن</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>قابلیت جمع آوری ذرات با قطر <math>0.3 &lt; D &lt; 50</math> میلی متر.</li> <li>زمان نمونه برداری باید بیشتر از ۲ دقیقه باشد.</li> <li>قابلیت اتصال به کشتی یا قایق.</li> </ul>	سبد فلزی	فلزی	-	-	-	-	بار کف	Arnhem (BTMA)
									



ادامه جدول ۲-۲- دستگاههای نمونه بردار بار کف

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی دستگاه						رده نمونه بردار	نوع
		جنس محافظه نمونه بردار	جنس	دهانه ورودی cm	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• قطر منافذ کیسه جمع آوری نمونه ۲۵/ میلی متر.</li> <li>• در حالت تعلیق دستگاه نمونه بردار باید کمی بطرف عقب سنگینی داشته و زاویه حدود ۱۵ درجه با محور افقی داشته باشد.</li> <li>• برای نمونه برداری در رودخانه های بزرگ و با سرعت بیشتر، از نوع سنگین آن استفاده می شود که دارای دهانه ورودی به ابعاد ۱۵/۲۴×۱۵/۲۴ سانتی متر و وزن حدود ۴۵ تا ۷۵ کیلوگرم می باشد.</li> <li>• سطح کیسه نمونه بردار حدود ۱۹۰۰ سانتی متر مربع.</li> <li>• بررسیها نشان می دهد نمونه بردار مذکور قادر به جمع آوری ذرات با قطر بزرگتر از ۳۸ میلی متر نیز می باشد.</li> <li>• بررسیها نشان می دهد در جریانهای با سرعت بالای ۲/۵ متر بر ثانیه، لازم است از نوع سنگین آن استفاده کرد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابلیت جمع آوری ذرات با قطر <math>D &lt; 38</math> میلی متر</li> <li>• برای نمونه برداری در جریانهای با سرعت حداکثر ۳ متر بر ثانیه کاربرد دارد.</li> <li>• قابلیت اتصال به کابل برای اتصال به پل تلفریک.</li> <li>• در زمان نمونه برداری، باید حداکثر ۶۰٪ حجم کیسه پر گردد.</li> </ul>	پلی استر با طول کلی ۴۶ سانتی متر	آلومینیومی - استیل	۷/۶۲×۷/۶۲	۱۴/۴	۳۸/۱	۹۲/۱	بار بستر	S BL-84 U Helly - Smith
		US BL - 84							

## ۴-۲ دستگاههای نمونه برداری از مواد بستر

برای نمونه برداری از مواد بستر، از دستگاههای نمونه برداری به شرح زیر استفاده می شود. در جدول (۲-۳) خلاصه ای از انواع هر کدام از این دستگاهها درج شده است.

### ۱-۴-۲ دستگاه نمونه برداری نوع چنگکی<sup>۱</sup>

نمونه بردار نوع چنگک برای جمع آوری رسوبات سطحی و در موقعیتی که هدف از نمونه برداری، تفسیر تغییرات مواد بستر رودخانه یا مخزن (به صورت دست خورده) در پلان مطرح است، مناسب می باشند.

این نوع دستگاه نمونه بردار، برای جمع آوری رسوبات سطحی که دارای توزیع افقی هستند (بستر مخازن سدها و دریاچهها) به کار می رود. این نمونه بردار، به دلیل سهولت کاربرد و حجم زیاد مواد نمونه برداری شده، کاربرد زیادی دارد. در نمونه بردار چنگکی، فکهای دستگاه به هنگام پایین رفتن و قرار گرفتن در سطح بستر بسته می شوند. در این نمونه بردارها، بخشی از رسوبات ریزدانه از داخل فکها شسته شده و هنگام بیرون آوردن از آب، نمونه رسوب جا به جا می گردد. به طور کلی چنگکها در نمونه برداری رسوب به صورت پیمانه، قاشق، کیف و لایروب عمل می کنند.

این نوع دستگاه نمونه بردار برای جمع آوری رسوبات در آبهای کم عمق به کار می روند. استفاده از پیمانهها با میلههای تلسکوپیی یا طناب و وزنههای سنگین، این امکان را فراهم می سازد که بتوان از آنها در جمع آوری رسوبات بستری در آبهای عمیق تر نیز استفاده کرد. باید دقت شود که وقتی چنگک را از داخل آب بیرون می آوریم، مواد خیلی ریزدانه از آن خارج نشود. با کمی تجربه، فرد نمونه بردار می تواند به کیفیت لایه های زیرین پی برده و مکانهای نمونه برداری را طبق آن تعیین و بهترین نمونهها را برداشت کند.

مزایای چنگکها به قرار زیر است:

- ارزان هستند،
- به راحتی قابل دسترس و تهیه می باشند و در بیشتر مکانها یافت می شوند
- راحت جا به جا می شوند،
- تقریباً توانایی نمونه برداری از هر نوع رسوب ریز و درشت دانه را دارند،
- استفاده از آنها آسان است و به سهولت کاربری دارند.
- اغلب، تجهیزات و وسایل گران قیمت لازم نداشته و در اندازه های مختلف نیز وجود دارند.

نمونه برداری با چنگکها با توجه به دستورالعملهای اجرایی دستگاه و نوع آن انجام می گیرد. در زمان نمونه برداری، چنگکها به صورت سقوط آزاد روی لایه های رسوب قرار نمی گیرند. بلکه باید به آرامی پایین برده شده و چند متر مانده به سطح رسوبات، حرکت آنها آرام تر شود تا از جا به جایی رسوبات ریزدانه توسط امواج ایجاد شده جلوگیری به عمل آید. پس از چرخاندن چنگک در داخل رسوبات، دستگاه باید به آهستگی از میان ستون آب بیرون کشیده شده و نمونه رسوب در یک ظرف مخصوص ریخته شود. اگر نمونه رسوب، کم یا نامناسب جمع آوری گردد، باید نمونه برداری دوباره انجام گیرد تا نمونه رسوب

1 - Grab Sampler

بیشتری به دست آید. اگر وزنه‌های اضافی در جمع‌آوری رسوبات کمکی نمی‌کنند، وسایل نمونه‌برداری و روش نمونه‌برداری با توجه به نوع رسوبات در محیط رسوبی باید ارزیابی شوند.

برخی از معایب نمونه‌بردارهای رسوبات سطحی (دست‌خورده) توسط چنگکها به قرار زیر می‌باشند:

- عمق کم نفوذ نمونه‌بردار در رسوب،
- ایجاد موج و محیط جریان متلاطم به هنگام نمونه‌برداری که سبب پراکندگی رسوبات ریزدانه می‌گردد،
- آلودگی آب بر اثر پراکندگی رسوبات،
- برای آبهای در حال جریان به کار نمی‌روند و عموماً در آبهای ساکن کاربرد دارند،
- مواد و قطعات چوبی یا سنگی، مانع بسته شدن دهانه چنگک می‌شود.

## ۲-۴-۱-۱ چنگک اکمن

اندازه چنگکهای اکمن<sup>۱</sup>، مستقیماً با اندازه قالبهای مورد نیاز متغیر بوده و از یک دستگیره بالابرنده و یک جرثقیل بالابرنده تشکیل شده‌اند. انواع قدیمی آنها از فلز برنج ساخته می‌شدند. اما امروزه برای ساخت آن، از فولاد ضد زنگ استفاده می‌شود. چنگک فولادی نسبت به نوع برنجی آن دارای مزایایی بوده که یکی از آنها مربوط به خوردگی کمتر و دیگری استقرار بهتر نمونه‌بردار روی رسوبات بستر است.

یک فنر تحت فشار روی محور فکهای ملاقه‌ای نصب شده که هنگام نمونه‌برداری، با کنترل مدار الکتریکی فعال می‌شود. نمونه‌بردار اکمن برای جمع‌آوری رسوبات دانه‌ریز در اندازه شن و لای و ذرات دانه‌درشت‌تر مانند سنگریزه مناسب می‌باشد. اگر موادی مانند قطعات چوب یا صدفهای موجودات نرم‌تن در بین فکهای نمونه‌بردار قرار بگیرد، نمونه‌گیر کاملاً بسته نشده و در نتیجه بخشی از رسوب جمع‌آوری شده از بین خواهد رفت. در اینجا، یادآوری این نکته ضروری است که اگر فکهای نمونه‌گیر بسته نشده باشند، نمونه‌برداری باید دوباره انجام شود.

## ۲-۴-۱-۲ چنگک پترسون<sup>۲</sup>

چنگک پترسون از یک جفت فک سیلندری سنگین وزن تشکیل شده که توسط یک میله گیره مانند، باز نگه داشته می‌شود. به محض فشار روی رسوب (به وسیله شل کردن طناب) در میله مذکور، کششی ایجاد شده که سبب بسته شدن فکهای نمونه‌بردار و به تله افتادن رسوب می‌گردد. وزنه‌های کمکی سنگین می‌توانند به برداشت بهتر رسوبات کمک کرده و باعث نفوذ نمونه‌بردار به داخل رسوبات سخت و متراکم شوند. نمونه حجمی بدست آمده، در داخل سینی نمونه‌بردار جمع‌آوری می‌شود. این نوع چنگک، برای نمونه‌برداری مواد رسوبی سخت‌تر مانند شن، مارن، سنگریزه و رس فشرده مناسب می‌باشد.

1 - Ekman Grab

2 - Petersen Grab

## ۲-۴-۱-۳ چنگک پونار<sup>۱</sup>

چنگک پونار از دو کفه مخروطی شکل سنگین وزن تشکیل شده که به وسیله یک بازوی متحرک باز نگه داشته می‌شود. سامانه بستن فکهای این نمونه‌بردار، شباهت زیادی با چنگک پترسون دارد. قسمت فوقانی فکها، از شبکه‌های الک مانند پوشیده شده که این شبکه‌ها حرکت جریان آب را به صورت آزاد در زمان نمونه‌برداری آسان می‌کند. چنگک پونار برای جمع‌آوری ذرات ریز رسوبی (لای و رس) مناسب است.

## ۲-۴-۲ دستگاه نمونه‌برداری مغزه‌گیری

نمونه‌برداری مغزه‌گیری برای جمع‌آوری رسوبات عمقی و در موقعیتی که هدف از نمونه‌برداری تفسیر تغییرات مواد بستر رودخانه یا مخزن (به صورت دست‌نخورده) در عمق مطرح است، مناسب می‌باشد.

انتخاب نهایی بین نمونه‌بردارهای مغزه‌گیری یا چنگکی باید بر اساس هدف پروژه و نوع نمونه دست‌خورده و یا دست‌نخورده مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. به طور مثال، در یک پروژه تعمیق آبراهه یا بررسی رسوبگذاری تاسیسات نزدیک ساحل، نمونه‌گیری توسط دستگاه مغزه‌گیری مناسب می‌باشد. در صورتی که در یک پروژه نگهداری آبراهه یا گذرگاه، معمولاً یک نمونه‌بردار چنگکی کافی به نظر می‌آید. زیرا تغییر در طبقه‌بندی لایه‌ها به‌طور نسبی جزئی است.

نمونه‌بردارهای مغزه‌ای عموماً برای نمونه‌برداری دست‌نخورده به کار می‌رود. در این نوع نمونه‌برداری، عمق نفوذ بیشتر از نمونه‌بردارهای چنگکی است. و از مقاطع عرضی لایه‌های رسوبی ته‌نشین شده بخوبی نمونه‌برداری می‌شود. با کمک نمونه‌بردارهای مغزه‌گیر، اطلاعات مربوط به لایه‌های رسوبی از قبیل وزن مخصوص، درصد رطوبت، تخلخل، تراکم و ... را می‌توان تعیین نمود.

نمونه‌بردارهای مغزه‌ای در اثر سقوط آزاد از یک ارتفاع مناسب در رسوب نفوذ کرده و عمل نمونه‌گیری را انجام می‌دهند. در خصوص رسوبات نرم آلی (مارن آلی = آهک + رس + مواد آلی) وزن خود نمونه‌بردار به تنهایی برای گرفتن نمونه مغزه کفایت می‌کند و نیازی به سقوط آزاد نمی‌باشد. در این نمونه‌بردارها، یک دریچه در قسمت بالای نمونه‌بردار قرار دارد که بوسیله کنترل الکتریکی بسته می‌شود و سبب می‌گردد که یک خلاء باز دارنده برای ممانعت از شستگی و بیرون ریختن رسوبات از لوله مغزه‌گیر ایجاد شود.

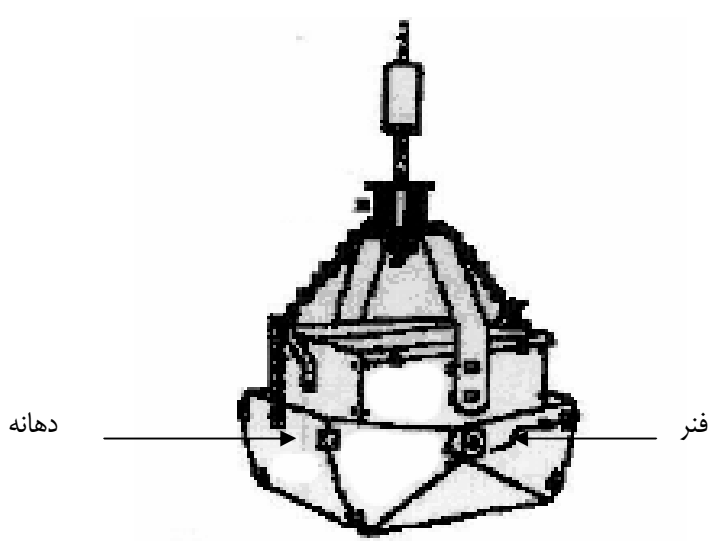
به طور کلی، برای تعیین دانه‌بندی رسوبات دست‌خورده یا دست‌نخورده نمونه‌برداری شده، می‌توان از نمونه‌بردارهای چنگکی و مغزه‌گیر استفاده کرد، ولی مناسب‌ترین نمونه‌بردار برای تعیین توزیع اندازه ذرات بستر مخازن سدها یا دریاچه‌ها، نمونه‌بردارهای مغزه‌گیر به صورت دست‌نخورده می‌باشند. هنگام نمونه‌برداری، بخشی از ذرات بسیار ریز رسوب، در نتیجه تغییرات فشاری که در مقابل دریچه نمونه‌بردار ایجاد می‌شود، از دست رفته و دچار آبشستگی می‌شوند. تخمین بهتر برای توزیع اندازه ذرات رسوبات ته‌نشین شده در بستر دریاچه‌ها یا مخازن سدها با استفاده از روش تله‌اندازی رسوب امکان پذیر می‌باشد.

یکی از روشهای تلهاندازی رسوب که به‌عنوان روش کاملاً فنی برای نمونه‌برداری مغزه‌گیری و تعیین اندازه دانه‌های رسوب دارای دقت زیاد است، روش انجماد رسوبات<sup>۱</sup> است.

این روش از دقت بالایی برخوردار، ولیکن بسیار پر زحمت و مشکل است. تله‌های رسوبی ساده‌تری وجود دارد که به صورت سطل‌های در باز با حجم معین هستند. این سطل‌های نمونه‌بردار، توسط سنگ ریزه‌های تمیز پر شده و در کف دریاچه سد یا بستر آبراه به صورت مستغرق قرار می‌گیرند. این سطل‌ها پس از مدتی جمع‌آوری شده و رسوبی که در آنها ته‌نشین شده برای تعیین اندازه ذرات رسوب تجزیه و تحلیل می‌گردد. عمده مزایای نمونه‌بردارهای مغزه‌ای به قرار زیر می‌باشد:

- نمونه‌بردارهای مغزه‌ای معمولاً ساده و ارزان بوده و توانایی نمونه‌برداری عمقی لایه‌های رسوبات ته‌نشین شده را دارند.
- مقاطع عمودی را با عمق کم و زیاد نمونه‌برداری کرده و ستون چینه‌شناسی لایه‌های رسوبی و طبقه‌بندی مربوط به رسوب را مشخص می‌کنند.
- اغتشاشات کمتری در زمان نمونه‌برداری ایجاد می‌شود و در نتیجه محیط نمونه‌برداری اغلب بدون موج و تلاطم است.

جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	نوع جریان و مواد قابل نمونه برداری	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه بردار	نوع
			وزن kg	سطح نمونه m <sup>2</sup>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• سبک وزن.</li> <li>• بعلت سبکی وزن و عدم پایداری مناسب، ممکن است در هنگام غوطه وری در محل مورد نظر به درستی قرار نگیرد.</li> <li>• هنگام خروج از آب، مقادیر متناهی ذرات ریزدانه از داخل چنگک دستگاه خارج می گردد.</li> <li>• برای نمونه برداریهای دست خورده داخل مخزن یا دریاچه (آبهای راکد).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابل استفاده در آبهای آرام (مخزن).</li> <li>• نمونه اخذ شده با این دستگاه دارای دست خوردگی کمی است.</li> <li>• بهترین نمونه چنگکی برای برش دادن کامل نمونه.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• جریان راکد تا خیلی آرام</li> <li>• رس تا سیلت</li> </ul>	۰/۰۲	۱۰	Ekman (Birge)	مواد بستر (رسوبات سطحی)	چنگکی (GRAB)
 <p>نمونه بردار چنگکی (مدل Ekman)</p>							

ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

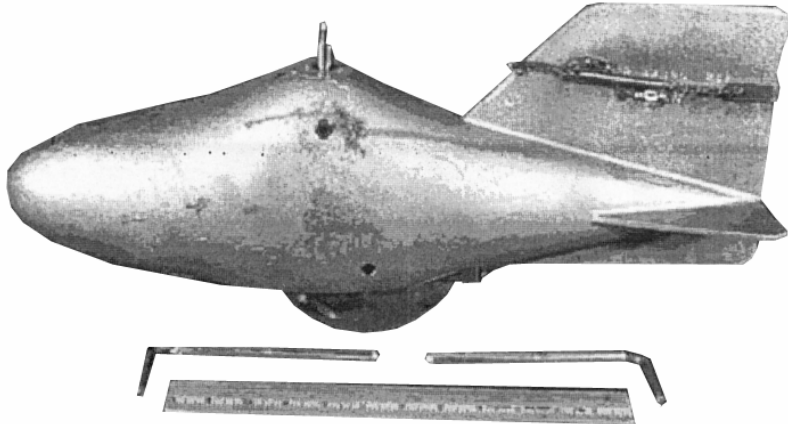
توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات محل نمونه برداری و نوع نمونه رسوب	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه بردار	نوع
			سطح نمونه m <sup>2</sup>	وزن kg			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• به دلیل سنگین بودن آن نسبت به مدل Ekman، به هنگام نمونه برداری باید از کابل قوی و محکم استفاده شود.</li> <li>• برای برداشت نمونه دست خورده در مخازن سدها کاربرد دارد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• قابل استفاده در آبهای راکد (مخزن) و دیگر احجام آبی.</li> <li>• پایداری مناسب.</li> <li>• توانایی ضعیف دستگاه در برش دادن کامل نمونه.</li> <li>• اگر از نوع سنگین آن استفاده شود، میزان از دست رفتن آب نمونه کاهش می یابد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• جریان راکد تا خیلی آرام</li> <li>• رس، لای و شن ریزدانه</li> </ul>	۰/۲-۰/۱	۳۰-۵۰	Petite Ponar Petersen	مواد بستر (رسوبات سطحی)	چنگکی (GRAB)

ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

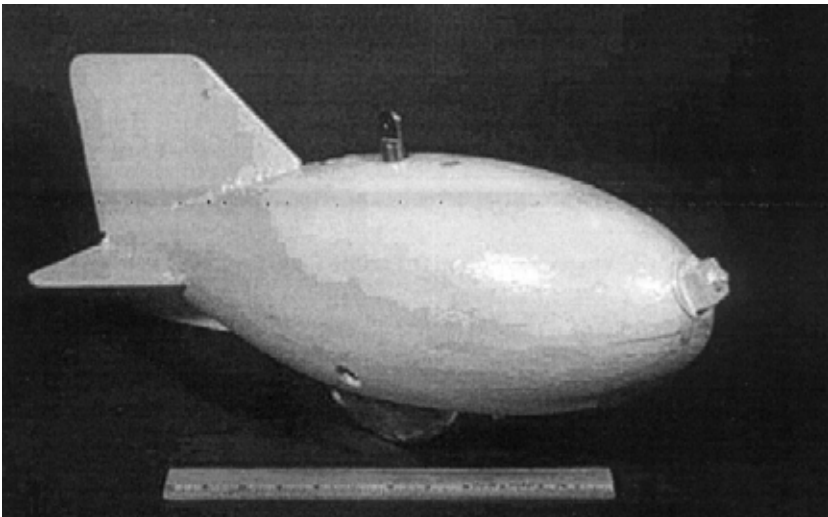
توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	نوع جریان و مواد قابل نمونه برداری	مشخصات فنی		مدل	رده نمونه بردار	نوع
			سطح نمونه m <sup>2</sup>	وزن kg			
<ul style="list-style-type: none"> <li>برای راه اندازی دستی در قایق از یک وینچ ساده می توان بهره جست.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>دستگاه مفید به برای سادگی در راه اندازی، نگهداری و جلوگیری از شستگی و هرز رفتن رسوبات.</li> <li>بهترین نمونه چنگکی برای برش دادن کامل نمونه.</li> <li>بهترین نمونه بردار از نظر حفاظت از نمونه اخذ شده.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>جریان راکد تا قوی (متلاطم)</li> <li>رس تا شن</li> </ul>	۰/۰۴	۲۰-۳۰	Shipek	مواد بستر (رسوبات سطحی)	چنگکی (GRAB)




ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی				رده نمونه بردار	نوع
		جنس	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<p>وزن نمونه بردار باعث محدودیت استفاده از آن در شرایط متفاوت شده و فقط از آن در نهرها و رودخانه‌هایی که با جریان آرام و با رسوبات کف که غالباً ریزدانه بوده و فشردگی بین دانه‌ها کم می‌باشد، قابل استفاده است.</p> <p>حجم ظرف نمونه گیر حدود ۱۷۵ سانتی‌متر مکعب است.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>مناسب برای نمونه برداری از بستر رودخانه‌ها، دریاچه و مخازن.</li> <li>میزان نفوذ این دستگاه در رسوبات کف تقریباً معادل ۴/۳ سانتی‌متر است.</li> <li>راه اندازی سامانه به صورت دستی است.</li> </ul>	آلومینیومی	۳۴/۵	۱۱/۱	۵۵/۹	مواد بستر (سطحی)	US BMH - 60
<p>US BMH - 60</p> 							

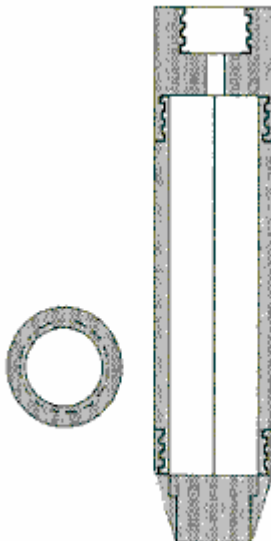
ادامه جدول ۲-۳- دستگاہهای نمونه بردار مواد بستر

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	مشخصات فنی				رده نمونه بردار	نوع
		جنس	وزن kg	عرض cm	طول cm		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• به علت جمع آوری رسوبات در یک مخزن، نمونه های برداشت شده در هنگام بالا آوردن از سطح آب به هیچ وجه شسته و یا خارج نمی گردد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مناسب برای نمونه برداری از بستر رودخانه ها، دریاچه ها و مخازن.</li> <li>• نمونه از حدود ۵ سانتی متر بالاتر از کف بستر جمع آوری می گردد.</li> </ul>	فلزی	۵۷/۶	۱۷/۵	۵۵/۹	مواد بستر (سطحی)	USBM - 54
		USBM - 54					

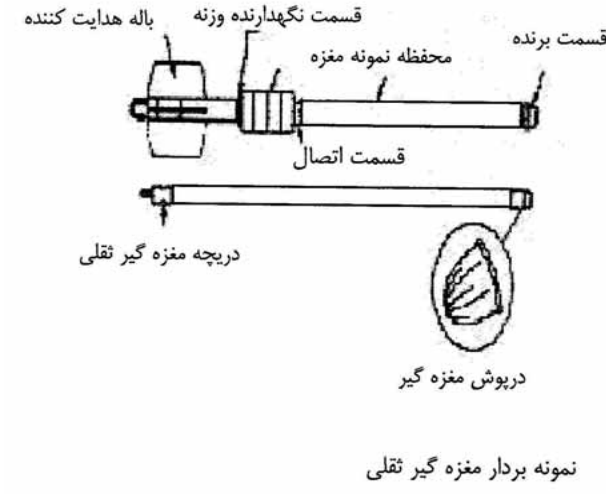
ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	جنس	مشخصات فنی	مدل	رده نمونه بردار	نوع
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کارکرد سریع و آسان.</li> <li>• برای نمونه برداری نمونه‌های دست نخورده با حجم کوچک مناسب است.</li> <li>• برای استفاده در آبهای عمیق می‌توان از دسته الحاقی استفاده کرد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• جریان راکد تا آرام</li> <li>• رس تا ماسه قطعات اضافی برای نمونه برداری در خاکهای ماسه‌ای لازم است.</li> </ul>	_____	Coring Tube	مواد بستر (رسوبات عمقی)	مغزه (CORE)
<p>لوله مغزه‌گیر (مدل مغزه)</p> 						

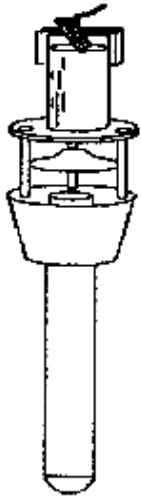
ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

نوع	رده نمونه بردار	مدل	مشخصات فنی	نوع جریان و مواد قابل نمونه برداری	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	توضیحات
مغزه (CORE)	مواد بستر (رسوبات عمقی)	Spilt Spoon	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>جریان راکد تا آرام</li> <li>رس تا ماسه قطعات اضافی برای نمونه برداری در خاکهای ماسه‌ای لازم است.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>کارکرد سریع و آسان.</li> <li>برای نمونه برداری نمونه‌های دست نخورده با حجم کوچک مناسب است.</li> <li>از دسته الحاقی برای کاربری در آبهای عمیق می‌توان استفاده نمود.</li> <li>عموماً در رودخانه‌هایی با مواد رسوبی ریز دانه و احجام آبی کم عمق و یا رسوبات حاشیه رودخانه‌ها و سدها کاربرد دارد.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>هنگام نمونه برداری با دست یا وسیله‌ای دیگر مانند چکش باید به صورت ستونی کوبیده شود.</li> <li>تجهیزات سنگین هستند.</li> <li>جمع شدن سنگها باعث مداخله در کار نمونه برداری می‌شود.</li> </ul>
 <p>نمونه بردار خردکننده قاشقی (مغزه گیر)</p>						

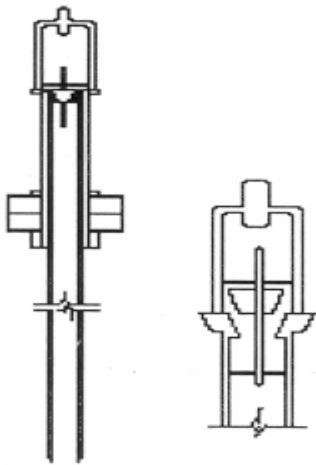
ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	نوع جریان و مواد قابل نمونه برداری	مشخصات فنی	مدل	رده نمونه بردار	نوع
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مناسب برای استفاده در رودخانه، دریاچه کم عمق و مخازن سدها.</li> <li>• برای اعماق تا ۱۰ متر.</li> <li>• مناسب برای نمونه برداری رسوبات دست نخورده ریزدانه.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• جریان راکد تا آرام</li> <li>• سیلت رس</li> </ul>	<p>—</p>	<p>Gravity</p>	<p>مواد بستر (رسوبات عمقی)</p>	<p>مغزه (CORE)</p>
 <p>قسمت نگهدارنده وزنه</p> <p>قسمت برنده</p> <p>محفظه نمونه مغزه</p> <p>قسمت اتصال</p> <p>باله هدایت کننده</p> <p>درپوش مغزه گیر</p> <p>دریچه مغزه گیر ثقلی</p> <p>نمونه بردار مغزه گیر ثقلی</p>						

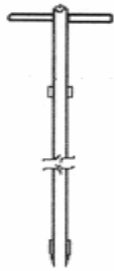
ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	نوع جریان و مواد قابل نمونه برداری	مشخصات فنی	مدل	رده نمونه بردار	نوع
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کارکرد سریع و آسان.</li> <li>• برای نمونه برداری نمونه های دست نخورده و با حجم کوچک مناسب است.</li> <li>• گاهی اوقات نمونه ها فشرده می گردند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• جریان راکد تا آرام</li> <li>• رس تا ماسه قطعات اضافی برای نمونه برداری در خاکهای ماسه ای لازم است.</li> </ul>	—	KB CORE	مواد بستر (رسوبات عمقی)	مغزه (CORE)
 <p>نمونه گیر مغزه (مدل KB)</p>						

ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	نوع جریان و مواد قابل نمونه برداری	مشخصات فنی	مدل	رده نمونه بردار	نوع
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• مناسب برای استفاده در مغزه های کوتاه در رسوبات نرم در زیر آب.</li> <li>• کارکرد سریع و آسان.</li> <li>• برای نمونه برداری نمونه های دست نخورده و با حجم کوچک مناسب است.</li> <li>• گاهی اوقات نمونه ها فشرده می گردند.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• جریان راکد تا آرام</li> <li>• سیلت</li> </ul>	—	Phleger	مواد بستر (رسوبات عمقی)	مغزه (CORE)
 <p>نمونه گیر مغزه (مدل Phleger)</p>						

ادامه جدول ۲-۳- دستگاههای نمونه بردار مواد بستر

توضیحات	تواناییها و محدوده عملکرد دستگاه	نوع جریان و مواد قابل نمونه برداری	مشخصات فنی	مدل	رده نمونه بردار	نوع
<p>• هنگام نمونه برداری با دست یا وسیله‌ای دیگر مانند چکش باید به صورت ستونی کوبیده شود.</p>	<p>• برای استفاده در آبهای کم عمق مطلوب است.</p> <p>• از دسته‌ای الحاقی برای کاربری در آبهای عمیق می‌توان استفاده نمود.</p> <p>• برای نمونه برداری دست نخورده در رودخانه‌های کم عمق، رسوبات حاشیه رودخانه پس از فروکش کردن سیلاب و مناطق کم عمق مخازن سدها مناسب می‌باشد.</p>	<p>• جریان راکد تا قوی (آشفته)</p> <p>• رس تا ماسه قطعات اضافی برای نمونه برداری در خاکهای ماسه‌ای لازم است.</p>	<p>—</p>	<p>Manual</p>	<p>مواد بستر (رسوبات عمیق)</p>	<p>مغزه (CORE)</p>
 <p>نمونه‌گیر مغزه (مدل دستی)</p>						



### ۳- نمونه برداری و اندازه گیری رسوب در رودخانه‌ها

به منظور ارائه یک روش عملی و دقیق برای عملیات نمونه برداری رسوب، باید روند کار به شکلی طراحی گردد که با وجود سادگی، از پایه‌های علمی و تجربی مستحکمی برخوردار باشد. طبعاً این گونه دستورالعملها برای شرایط متفاوت مکانی و زمانی در رودخانه‌های مختلف با اندکی تغییرات در عمل مواجه خواهد بود. عملیات نمونه برداری در رودخانه‌ها در سه محور نمونه برداری بار معلق، نمونه برداری بار کف و نمونه برداری از مواد بستر مورد بحث قرار می‌گیرد.

#### ۱-۳ نمونه برداری بار معلق

به طور کلی نمونه برداری بار معلق به دو صورت انتگرالیون عمقی و نقطه‌ای در امتداد قائم مقطع جریان، در مواضع متعددی از عرض بستر انجام می‌شود. با توجه به کاربرد دستگاهها و روشهای مختلف، دقت و صحت اندازه‌گیریها متفاوت هستند. به هر حال، هدف، برآورد بار معلق حمل شده در مقطع رودخانه است. باید این نکته را یاد آوری نمود که آگاهی از تغییرات غلظت مواد معلق در یک امتداد قائم مقطع در مطالعات رودخانه‌ای، موضوعی مهم تلقی می‌گردد.

در بخش تعیین بار معلق، اندازه‌گیری غلظت مواد معلق عبوری، به عنوان گام اساسی تلقی شده که در بخش بعدی به تفصیل مورد بحث قرار می‌گیرد.

انتخاب مقطع مناسب رودخانه برای عملیات نمونه برداری رسوب، یکی از اولویتهای مهم در نمونه برداری بوده و به طور عملی، غالباً همان محل‌هایی که برای ایستگاههای هیدرومتری در نظر گرفته می‌شود، برای نمونه برداری رسوب نیز مناسب هستند. ایستگاههای هیدرومتری از نظر اهمیت اندازه‌گیری جریانهای سیلابی و جریان پایه به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌گردند:

- ایستگاه درجه یک: ایستگاههایی که از نظر اهمیت از درجه بالایی برخوردار بوده و به خط کش اندازه‌گیری عمق آب (اشل)، پل تلفریک، قایق، و لیمینیگراف مجهز هستند. نمونه برداری رسوب در این ایستگاهها از طریق پل تلفریک و یا قایق انجام می‌شود. متصدی در این ایستگاهها حضور دائم دارد.

- ایستگاه درجه دو: ایستگاههایی که به خط کش اندازه‌گیری سطح آب، پل تلفریک یا لیمینیگراف مجهز بوده و متصدی مقیم ندارند. نمونه برداری رسوبات معلق در این ایستگاهها با استفاده از پل تلفریک انجام می‌شود.

- ایستگاه درجه سه: ایستگاههایی هستند که فقط به خط کش اندازه‌گیری سطح آب مجهز بوده و نمونه برداری رسوب در آنها از کنار رودخانه یا با رفتن داخل آب انجام می‌شود که بدون دقت است.

شایان ذکر است که در حال حاضر، در هیچیک از ایستگاههای هیدرومتری موجود در کشور، بار کف بستر نمونه برداری و اندازه‌گیری نمی‌شود.

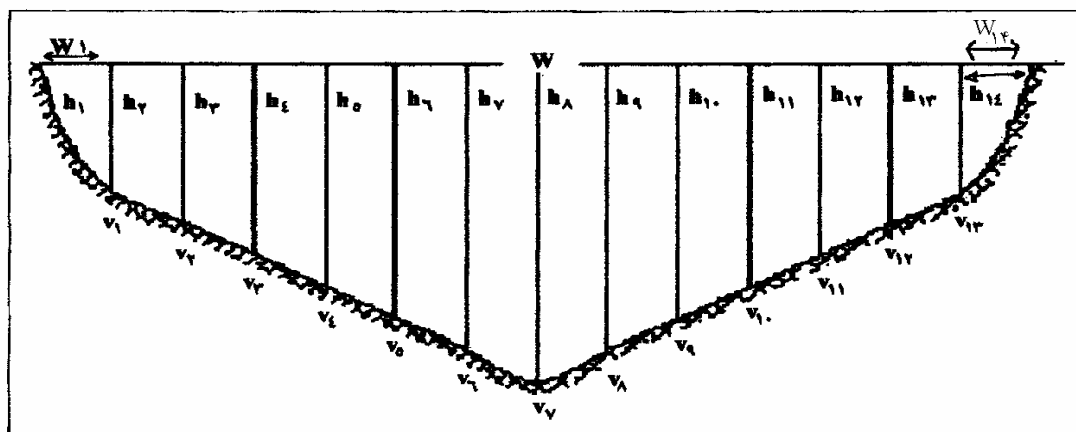
نمونه برداری بار معلق، به دو روش چند مقطعی و سه مقطعی انجام می‌شود:

### ۳-۱-۱ دستورالعمل نمونه برداری بار معلق به روش چند مقطعی

این روش، بیشتر در ایستگاههای درجه یک استفاده می‌شود. در این روش با به دست آوردن رابطه‌ای میان غلظت متوسط رسوب رودخانه و غلظت رسوب در عمیق‌ترین نقطه مقطع در یک بازه زمانی مشخص و با دوره تداوم کافی (از نظر میزان غلظت رسوبات معلق در بده‌های مختلف) غلظت متوسط رسوب رودخانه از طریق اندازه‌گیری غلظت در عمیق‌ترین نقطه مقطع برآورد می‌گردد.

مراحل انجام عملیات نمونه برداری چند مقطعی، به ترتیب زیر است:

- مقطع اندازه‌گیری عموماً همان مقطع اندازه‌گیری بده انتخاب می‌شود.
- عرض این مقطع را به فواصل تقریباً مساوی تقسیم کرده و نیمرخ عرضی آن ترسیم می‌گردد. (شکل ۳-۱). برای برآورد صحیح مساحت اجزای تقسیم شده، بهتر است پروفیل عرضی به شکل داده‌های رقومی در یک نرم افزار کامپیوتری مناسب، مانند "اتوکد" ترسیم گردد.



شکل ۳-۱- پروفیل مقطع نمونه برداری به همراه تقسیم بندی مقطع

- عمیق‌ترین نقطه مقطع را مشخص کرده و سپس در این مقطع نمونه بردار را به صورت یکنواخت از سطح آب به پایین یا کف رودخانه برده و بالا می‌آوریم (انتگراسیون عمقی). انتگراسیون عمقی از پایین به بالا (به صورت یکنواخت) انجام می‌گیرد. زمان لازم برای حرکت نمونه بردار از سطح آب به سمت بستر و برعکس باید طوری برآورد گردد که در این نمونه برداری ۸۰٪ حجم بطری نمونه بردار از مخلوط آب و رسوب پر شود. باید زمان مذکور برای انجام دادن عملیات بعدی ثبت شود.

- برای تعیین زمان لازم نمونه برداری در دیگر اجزای تقسیم شده مقطع از تناسب استفاده می‌گردد. بدین ترتیب که اگر مثلاً عمیق‌ترین نقطه ۲ متر عمق داشته و زمان لازم برای نمونه برداری با خصوصیات ذکر شده ۲۰ ثانیه باشد، زمان لازم برای نمونه برداری در عمق ۱ متری، ۱۰ ثانیه برآورد می‌گردد. زمان لازم برای نمونه برداری در دیگر اعماق نیز، به همین ترتیب محاسبه می‌شود.

- پس از تعیین زمان لازم نمونه برداری برای هر مقطع جزئی، عملیات نمونه برداری انجام می شود و نمونه ها با توجه به شماره مقطع و فاصله آنها از ساحل تفکیک و نامگذاری می گردد. نمونه های بالا، با ثبت تاریخ و زمان انجام دادن آزمایش برای تعیین غلظت متوسط مواد رسوبی، به آزمایشگاه منتقل می شود.
- در این مرحله، از قسمت عمیق رودخانه نیز باید نمونه ای تهیه شود. این برداشت بصورت نقطه ثابت ( $C_f$ ) انجام گرفته و معمولاً از نقطه ثابت در عمیق ترین نقطه مقطع، دو نمونه برداشت شده، یکی از نمونه های رسوبی برای غلظت متوسط مقطع و دیگری برای نقطه ثابت در نظر گرفته می شود.
- تذکر مهم اینکه، برداشت نقطه ثابت باید از عمیق ترین قسمت مقطع انجام شود. نمونه برداری از کناره های رودخانه به دلیل سرعت کم جریان و عدم وجود بار معلق کافی، بدون ارزش و اعتبار لازم است. همچنین در مواقع سیلابی زمان برداشت نمونه از نقاط ثابت باید هر دو ساعت یکبار انجام گیرد، تا غلظت بار رسوبی با دقت بیشتر محاسبه گردد. لازم به یاد آوری است که همزمان با نمونه برداری بار معلق، اندازه گیری بده در هر بخش از مقطع نیز انجام می گیرد.
- در آزمایشگاه، غلظت نمونه های رسوبی اندازه گیری شده و پس از آن غلظت متوسط مقطع با توجه به بده اندازه گیری شده در هر قسمت، به صورت میانگین وزنی به روش زیر محاسبه می شود:

$$C_m = \frac{C_1Q_1 + C_2Q_2 + C_3Q_3 + C_4Q_4 + \dots}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \dots} \quad (1-3)$$

در این رابطه:

$C_4, C_3, C_2, C_1$  ... غلظت مواد معلق به میلی گرم در لیتر،

$Q_4, Q_3, Q_2, Q_1$  ... : بده جریان در هر قسمت از مقطع رودخانه به متر مکعب در ثانیه، که مجموع آنها برابر با بده

اندازه گیری کل مقطع است.

$C_m$ : غلظت متوسط در مقطع به میلی گرم در لیتر.

در مرحله بعد، برای هر نمونه برداشت شده نسبت،  $\frac{C_m}{C_f}$  را محاسبه نموده و آنرا با  $K$  نشان می دهیم. پس از آن تغییرات

$K$  بر حسب بده رودخانه ( $Q$ ) رسم می گردد. (نمودار ۱-۳)

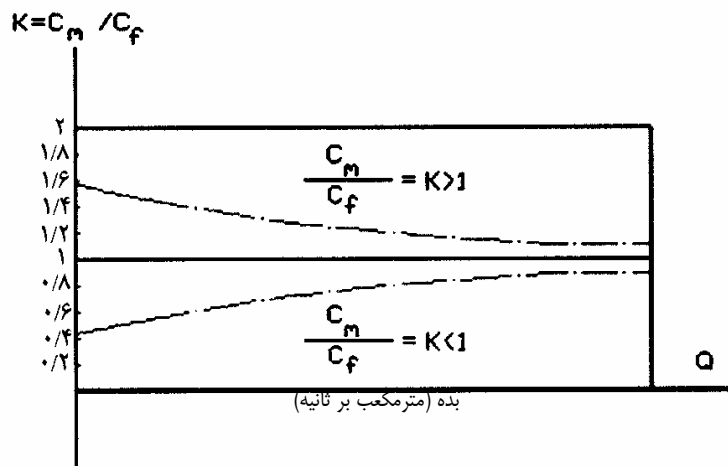
در نمودار ۱-۳ کافی است که نمونه برداری فقط در عمیق ترین نقطه مقطع ( $C_f$ ) انجام و تعیین شود. سپس برای مقدار بده

عبوری مقطع، نسبت  $\frac{C_m}{C_f}$  از نمودار (۱-۳) محاسبه و از آنجا مقدار  $C_m$  به دست می آید.

- مقدار بده رسوب ( $Q_s$ ) بر حسب تن در روز مربوط به هر روز به صورت زیر محاسبه و در فرمهای مربوط یادداشت می گردد.

$$Q_s = 0.0864 Q_w \times C_m \quad (2-3)$$

غلظت متوسط (میلیگرم بر لیتر)  $\times$  بده آب (متر مکعب بر ثانیه)  $\times 0.0864 =$  بده رسوب (تن در روز)



نمودار (۱-۳): تغییرات K در برابر بده عبوری Q

با توجه به آبنگار هر سیل می‌توان بده رسوب مربوط به هر سیل را محاسبه کرد.

تعداد دفعات نمونه‌برداری حداقل باید ۲۰ بار در سال باشد. لازم به یادآوری است که از این تعداد نمونه‌برداری، باید حداقل ۱۲ تا ۱۵ نمونه در فصول پر آبی و در مقیاس‌های مختلف برداشت شود. نمونه‌های ثابت ( $C_f$ ) در فصل سیلابی، باید با توجه به رژیم رودخانه برداشت گردد. در سیلاب‌های حاصل از ذوب برف عملیات نمونه‌برداری در سه مقیاس حداقل، متوسط و حداکثر مثلاً در ساعت‌های ۶، ۱۲ و ۱۸ مورد نظر است و در سیلاب‌های اتفاقی (رگبارها) لازم است هر ۲ ساعت یک نمونه از مقطع ثابت قائم (نقطه ثابت) برداشت شود. در فصل‌های کم آبی نیز، برداشت ۵ تا ۸ نمونه چند مقطعی ضرورت دارد.

### ۳-۱-۲ دستورالعمل نمونه‌برداری بار معلق به روش سه مقطعی

زمانی که در ایستگاه‌های آبسنجی و رسوب سنجی رودخانه، نمونه‌برداری با روش چند مقطعی میسر نباشد، از روش سه مقطعی استفاده می‌شود.

به طور کلی، از روش سه مقطعی زمانی استفاده می‌شود که در مواقع سیلابی، بتوان مستقیماً از روی پل تلفریک از مواد رسوبی نمونه‌برداری نمود. از طرف دیگر روش چند مقطعی اغلب فقط در ایستگاه‌های درجه یک انجام می‌شود، در صورتی که از روش سه مقطعی در ایستگاه‌های درجه ۲ و ۳ نیز می‌توان استفاده کرد. مراحل عملیاتی نمونه‌برداری این روش به صورت زیر می‌باشد:

- مقطع مشخصی از رودخانه که در آن بده نیز اندازه‌گیری می‌شود، انتخاب می‌شود.
- مقطع رودخانه به ۳ قسمت که دارای بده تقریباً مساوی است، تقسیم‌بندی می‌شود.

از بخش وسط هر مقطع به طریق انتگرالیون عمقی، نمونه‌برداری تدریجی از سطح آب تا کف بستر رودخانه در امتداد قائم به عمل می‌آید. البته چون برداشت نمونه همزمان با اندازه‌گیری بده میسر نیست، باید پس از آنکه نمونه‌برداری رسوب به پایان رسید، با توجه به محل دقیق امتداد قائم نمونه‌برداریها که روی نقشه مقطع یادداشت شده، بده جزئی هر یک از مقاطع سه‌گانه نیز اندازه‌گیری شود.

در زمان نمونه‌برداری از هر مقطع، باید یک نمونه نیز به عنوان نقطه ثابت برداشت گردد.

در زمان اندازه‌گیری از روی پل تلفریک، باید یک نقطه مکانی با رنگ روی سیم یا کابل پل مشخص گردد، تا عامل اندازه‌گیری (متصدی) بتواند از آن نقطه نمونه‌برداری برای نقطه ثابت ( $C_f$ ) را انجام دهد. در صورتی که از پل تلفریک استفاده نمی‌گردد و رودخانه در حالت عادی یا سیلاب کم باشد، باید فاصله نقطه ثابت انتخابی نسبت به نقطه نشانه ساحلی (رپر) که در نزدیکی رودخانه تعیین گردیده، مشخص شود.

- براساس نمونه‌های برداشت شده از رودخانه، مقدار غلظت نمونه‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شود.

- غلظت متوسط مقطع ( $C_m$ ) با استفاده از رابطه (۱-۳) محاسبه می‌شود.

- غلظت نمونه در نقطه ثابت ( $C_f$ ) نیز در آزمایشگاه اندازه‌گیری می‌شود.

- نسبت  $\frac{C_m}{C_f}$  و به عبارتی دیگر، مقدار  $K$  محاسبه شده و نمودار تغییرات  $K$  بر حسب بده هر مقطع ترسیم می‌گردد.

- با استفاده از نمودار تغییرات  $K$  بر حسب  $Q$ ، کافی است که نمونه‌برداری فقط در عمیق‌ترین نقطه هر مقطع انجام شده و بدین ترتیب مقدار  $C_m$  برآورد گردد.

با توجه به اینکه مقدار  $K$  نقش مهمی در تعیین  $C_m$  و در نتیجه در  $Q_s$  (بده رسوب) دارد، موارد زیر لازم است در نظر گرفته شود:

- در رژیم عادی جریان رودخانه که مقدار تغییرات غلظت در عمیق‌ترین نقطه نسبت به غلظت متوسط محسوس نمی‌باشد، باید از متوسط غلظت استفاده کرد. بدین معنی که از میزان غلظت‌های مربوط به نمونه‌های برداشت شده، میانگین گرفته و برای محاسبه  $K$  در همان روزها از آن استفاده نمود.

- در مواقعی که رژیم رودخانه سیلابی است، تغییرات غلظت در عمیق‌ترین نقطه مقطع نسبت به غلظت متوسط مقطع محسوس خواهد بود. در این مواقع باید تعیین ضریب  $K$  بصورت پی در پی و به تناوب انجام گیرد و از آنجایی که تغییرات ضریب  $K$  متناسب با تغییرات میزان بار رسوبی است، می‌توان این تغییرات را در کل روز سرشکن نمود.

- پس از ترسیم نمودار تغییرات ضریب  $K$  نسبت به بده آب که معمولاً به صورت نمودار (۱-۳) می‌باشد، می‌توان با اندازه‌گیری غلظت در عمیق‌ترین نقطه مقطع، متوسط غلظت رسوب رودخانه را محاسبه کرد. از آنجایی که متصدی، هر روز یک نمونه از نقطه ثابت بر می‌دارد، برای هر روز یک بده متوسط (از روی پرونده بده اشل) و یک غلظت نقطه ثابت خواهیم داشت که با استفاده از نمودار مذکور،  $K$  متوسط برای هر روز محاسبه می‌گردد؛ با توجه به

$$\text{فرمول } K = \frac{C_m}{C_f} \text{ غلظت متوسط روزانه برآورد می‌شود.}$$

- با داشتن غلظت متوسط رسوبات مقطع، و با استفاده از رابطه (۲-۳)، بده بار رسوبی قابل محاسبه می‌باشد. جدول (۱-۳) جدول خلاصه اندازه‌گیری بار معلق را نشان می‌دهد.

### جدول ۳-۱ - جدول خلاصه اندازه‌گیری بار معلق

<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px;">جدول خلاصه اندازه‌گیری بار معلق</div>																	
سازمان آب منطقه‌ای ..... استان ..... کد سازمانی .....																	
نام حوضه آبریز : نام ایستگاه : طول جغرافیایی : عرض جغرافیایی : نام رودخانه: کد ایستگاه: ارتفاع: U.T.M نقطه‌ای:																	
ملاحظات	نام نمونه‌بردار	جریان سیلابی F برف‌آبی S عادی B	بده رسوب (تن در روز)	ضریب K $K = \frac{CM}{CF}$	غلظت به میلی‌گرم بر لیتر				بده به متر مکعب بر ثانیه			شیفت اشل (سانتی‌متر)	اشل (سانتی‌متر)	درجه حرارت آب رودخانه	شماره نمونه‌برداری	تاریخ نمونه‌برداری	ردیف
					نقطه ثابت CF	مقطع			متوسط روزانه	مانند اشل از روی منحنی تاراژ	لحظه‌ای اندازه‌گیری شده						
					متوسط CM	(۳۶،۹،۱۲)	(۲،۵،۸،۱۱)	(۱۰،۷،۴،۱)									

تاریخ کنترل :

نام کنترل کننده :

نام تهیه کننده :

امضاء:

امضاء :

### ۲-۳ نمونه برداری بار کف بستر

اندازه گیری بار کف بستر توسط نمونه بردار، یکی از روشهای مستقیم اندازه گیری بوده که با تعیین میزان رسوبات عبوری در واحد زمان در یک بخش از بستر رودخانه و گسترش آن برای کل عرض رودخانه محاسبه می گردد. از نظر تئوری، با استفاده از نمونه بردار به سادگی می توان میزان بار بستر را محاسبه کرد. ولی به دلیل وجود عوامل محدود کننده از قبیل شکل، نوع و ترکیب مواد بستر، ضریب نمونه برداری، تغییرات زیاد بار بستر در زمان، ماهیت دوره های بودن پدیده، زمان نمونه برداری، تغییرات محسوس مقدار نمونه، ابهامات و پیچیدگیهای زیادی در محاسبه بار بستر وجود دارد. به طوری که عملاً یک الگو و دستورالعمل خاص برای انتخاب موقعیت ایستگاهها، زمان نمونه برداری و چگونگی محاسبه بار بستر ارائه نشده است.

مقدار رسوبات عبوری در بستر رودخانهها، معمولاً هم از نظر زمانی و هم از نظر مکانی بسیار متغیر است. حتی در جریانهای دائمی و ثابت نیز، تغییرات این مقدار در طول زمان قابل توجه می باشد. میزان انتقال بار بستر در محدوده بالای پستی و بلندیهای بستر، حداکثر و در پایین پستی و بلندیهای بستر، حداقل می باشد. بررسیهای آزمایشگاهی و صحرایی مشخص کرده است که میزان حداکثر بار بستر لحظه ای در یک مقطع می تواند تا  $2/2$  برابر میزان متوسط بار بستر مقطع باشد. تغییرات زیاد در مقدار نمونه، بیانگر این موضوع است که اندازه گیری بار بستر در مدت زمان کوتاه نمی تواند بیانگر مقدار متوسط بار بستر مقطع باشد. بنابراین نمونه برداری باید در مدت زمان کافی و بطور مکرر در نقاط زیادی از مقطع انجام و تکرار شود، به طوری که ممکن است اندازه گیری در مقطعی از رودخانه به یک روز کامل کاری نیاز داشته باشد. موقعیت ایستگاه نمونه برداری رسوب و خصوصیات فیزیکی و هیدرودینامیکی محل نمونه برداری نقش شاخصی در دقت نمونه برداری و کاربرد نمونه های بار کف دارد. در انتخاب محل نمونه برداری بار کف باید بررسیهای اولیه و ارزیابی از نقاط قوت و ضعف آن محل، در مقایسه با ایستگاههای دیگر صورت پذیرد. به طور مثال، انتخاب محلی که در پایین دست آن سد یا تأسیسات آبی دیگری احداث شده و یا در دست احداث باشد، برتر است. به طور خلاصه، اقدامات زیر در ایستگاه انتخابی، بررسی و یا انجام می شود:

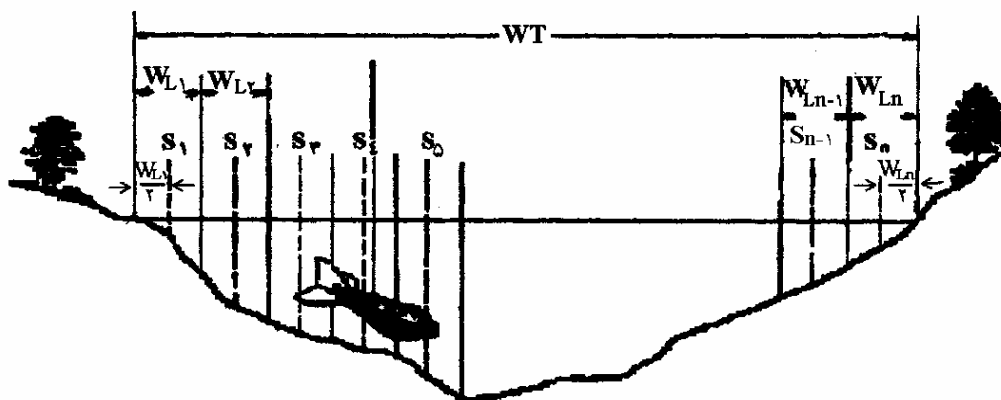
- ایستگاه دارای پل تلفریک و تجهیزات مناسب برای نمونه برداری باشد.
  - پروفیل عرضی رودخانه در محل ایستگاه تهیه گردد.
  - مشخصات بستر از قبیل: اندازه مواد بستر، شکل بستر، ترکیب و نوع مواد رسوبی موجود در بخشهای قابل نمونه برداری همچنین ثبات بستر و وضعیت هیدرولیکی آن بررسی شود.
  - در سواحل چپ و راست رودخانه، شاخصی برای تعیین فاصله نقاط نمونه برداری موجود باشد.
- نمونه برداری بار کف به سه روش که در ادامه توضیح داده خواهد شد انجام می گیرد.

### ۱-۲-۳ دستورالعمل نمونه برداری بار کف به روش *SEWI*<sup>1</sup>

- در این روش مقطع به اجزای مساوی تقسیم و با یک بار نمونه برداری رفت و برگشتی از مقطع به ترتیب زیر انجام می گیرد.
- مقطع عرضی رودخانه به چند قسمت مساوی (۱۰ الی ۳۰ قسمت) تقسیم شود. (شکل ۲-۳)
  - نمونه برداری از یک طرف ساحل شروع و پس از اتمام عملیات، نمونه برداری، دوباره از ساحل اولیه تکرار گردد. نمونه برداری از وسط هر جزء تقسیم انجام شود.

1- Single equal-width-increment bedload - sampling method

- زمان نمونه‌برداری (زمان ماند دستگاه نمونه‌بردار در بستر) باید برای همه اندازه‌گیرها در یک مقطع عرضی یکسان باشد. اما لازم نیست در مقطع عرضی دیگری نیز همین زمان در نظر گرفته شود.
- نمونه‌های برداشت شده از محورهای عمودی می‌توانند با یکدیگر مخلوط شوند ولی به منظور شناخت تغییرات بار رسوبی در عرض، بهتر است نمونه‌ها هر کدام به صورت جداگانه آنالیز شوند.
- زمان نمونه‌برداری، تاریخ، محل، نام متصدی، شماره، عرض مقطع، عرض هر مقطع جزئی، تعداد کل نمونه‌ها و دیگر مشخصات لازم برای محاسبات بار کف در یک فرم معین ثبت گردد.



$$WL_1 = WL_2 = WL_n = \frac{WL}{n} \quad \text{عرض فواصل بین مقاطع}$$

$$n = 10 - 30 \quad \text{تعداد محورهای قائم}$$

$$t_1 = t_2 = \dots = t_n \quad \text{زمان نمونه‌برداری از کف}$$

$$S_1 \quad \text{محل ایستگاه نمونه‌برداری در هر محور قائم}$$

### شکل ۳-۲- الگوی عملیات نمونه‌برداری بار کف به روش SEWI

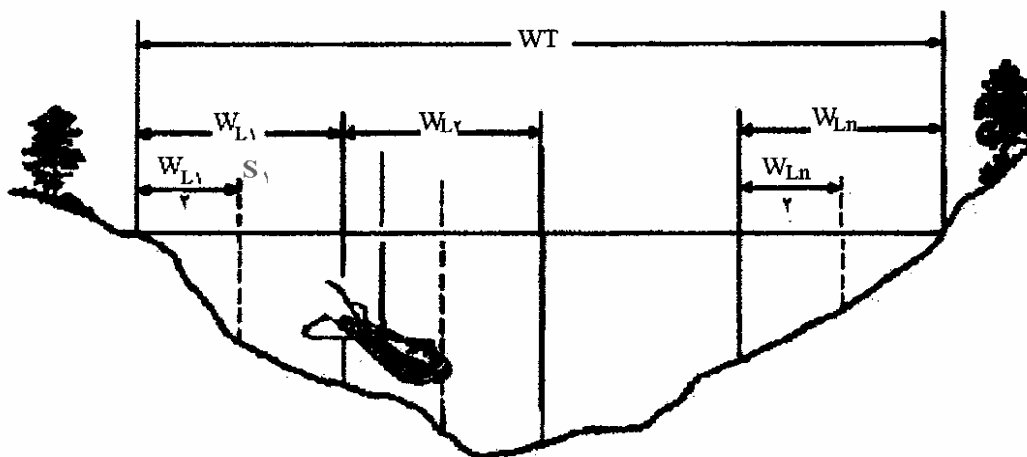
#### ۳-۲-۳ دستورالعمل نمونه‌برداری بار کف به روش MEWI<sup>۱</sup>

- در این روش مقطع به اجزای مساوی تقسیم و با چندین بار نمونه‌برداری رفت و برگشتی از مقطع به ترتیب زیر انجام می‌گیرد:
- مقطع عرضی رودخانه به ۴ تا ۵ قسمت مساوی تقسیم شود.
  - نمونه‌برداری از یک طرف ساحل شروع و پس از اتمام عملیات، دوباره از ساحل اولیه نمونه‌برداری تکرار گردد. این عمل بین ۸ تا ۱۰ بار تکرار شده تا در مجموع ۳۰ تا ۵۰ نمونه برداشت گردد.
  - نمونه‌برداری از وسط مقطع جزئی تقسیم شده انجام شود.

1 - Multiple equal - width increment bedload - sampling method



- در این روش، چنانچه از نمونه‌های اختلاطی استفاده شود، لازم است زمان نمونه‌برداری در هر محور عمودی با هم برابر باشد. ولی اگر نمونه‌های برداشت شده در هر محور به طور جداگانه ثبت و وزن گردند، لازم نیست زمان نمونه‌برداری یکسان باشد.
- زمان نمونه‌برداری، تاریخ، محل، نام متصدی، شماره، عرض مقطع، عرض هر مقطع جزئی، تعداد کل نمونه‌ها و دیگر مشخصات لازم برای محاسبات بار کف در یک جدول ثبت گردد.



$$WL_1 = WL_2 = WL_n = \frac{WL}{n} \quad \text{عرض فواصل بین مقاطع}$$

$$n = 4 - 5 \quad \text{تعداد محورهای قائم}$$

$$t_1 = t_2 = \dots = t_n \quad \text{زمان نمونه‌برداری از کف}$$

$$S_1 \quad \text{محل ایستگاه نمونه‌برداری در هر محور قائم}$$

### شکل ۳-۳- الگوی عملیات نمونه‌برداری به روش MEWI

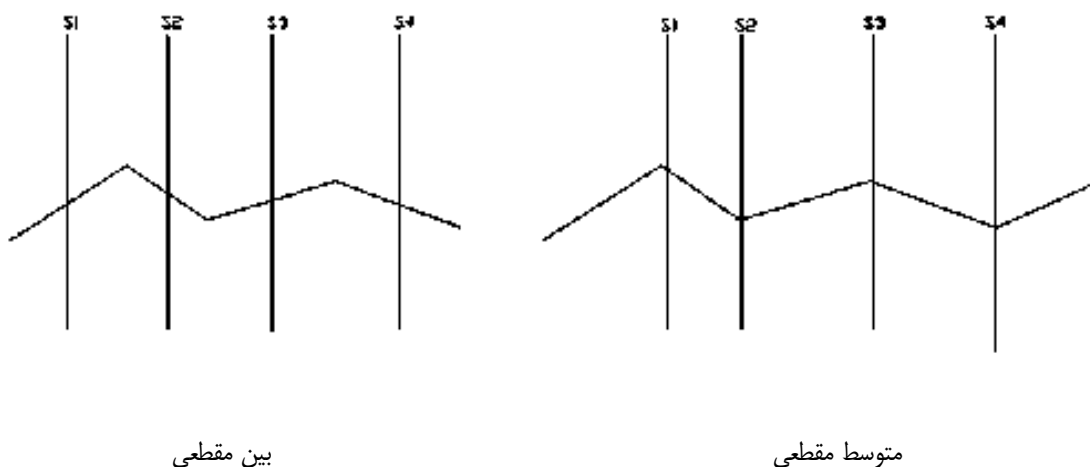
#### ۳-۲-۳ دستورالعمل نمونه‌برداری بار کف به روش UWI<sup>۱</sup>

در روش SEWI، نمونه‌برداری از تعداد زیادی محور در عرض رودخانه صورت می‌گیرد. از این رو در این روش چگونگی تغییرات بار کف بستر در عرض رودخانه بخوبی نمایان است. در روش MEWI از هر مقطع جزئی بین ۸ تا ۱۰ مرتبه نمونه‌برداری صورت می‌گیرد. بنابراین تغییرات زمانی بار کف بستر در این روش در نظر گرفته می‌شود. روش سوم با عنوان UWI به شرح زیر تعریف شده است:

در این روش، سعی می‌شود با توجه به شناخت اولیه از تغییرات پروفیل عرضی بستر و سرعت جریان که نشان دهنده تغییرات بار کف بستر در عرض رودخانه می‌باشد، محل محورهای نمونه‌برداری تعیین گردد.

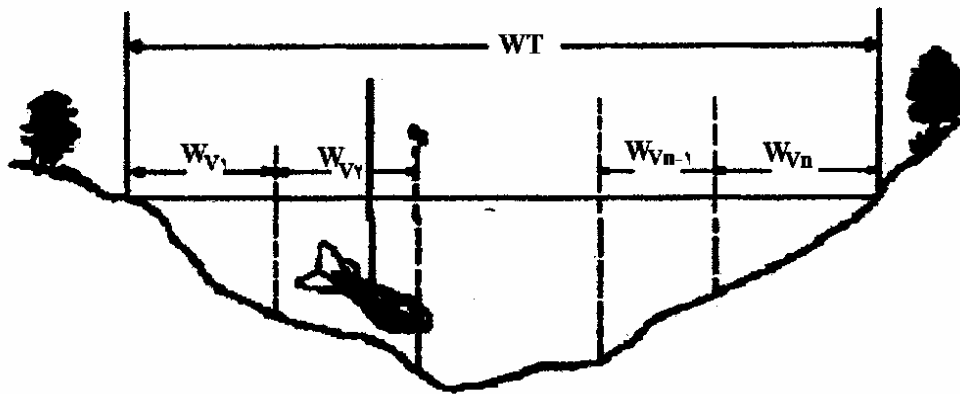
1 - Unequal - width - increment bedload - sampling method

- مقطع عرضی رودخانه حداقل به ۴ تا ۵ قسمت به گونه‌ای تقسیم شود که هر قسمت دارای بار رسوبی (در حال انتقال) تقریباً یکسانی باشد.
- نمونه‌برداری از یک طرف ساحل شروع و پس از پایان عملیات، مجدداً از ساحل اولیه نمونه‌برداری تکرار می‌گردد. این عمل آنقدر تکرار می‌شود تا در مجموع، حداقل ۳۰ تا ۵۰ نمونه برداشت گردد.
- انتخاب محل محور نمونه‌برداری به روش محاسباتی مورد استفاده بستگی دارد. در مورد روشهای محاسباتی، در بخش بعدی به تفصیل توضیح داده خواهد شد. چنانچه از روش محاسباتی متوسط مقطعی<sup>۱</sup> استفاده شود، محورهای عمودی نمونه‌برداری باید در محل تغییرات پروفیل عرضی بستر (شکستگیها) واقع گردند و اگر از روش بین مقطعی<sup>۲</sup> استفاده شود، محورهای عمودی نمونه‌برداری باید در وسط دو شکستگی مجاور در پروفیل عرضی بستر قرار گیرد.
- در این روش، چنانچه از نمونه‌های اختلاطی استفاده شود، باید زمان نمونه‌برداری در محور عمودی با هم برابر باشد ولی اگر نمونه‌های برداشت شده در هر محور، به طور جداگانه ثبت و وزن گردند، لازم نیست زمان نمونه‌برداری یکسان باشد.
- زمان نمونه‌برداری، تاریخ، محل، نام متصدی، شماره عرض مقطع، عرض هر مقطع جزئی، تعداد کل نمونه‌ها و دیگر مشخصات لازم برای محاسبات بار کف بستر، در یک جدول معین ثبت گردد.



شکل ۳-۴ - انتخاب محل محور نمونه‌برداری بار کف

1 - Meansection  
2 - Midsection



عرض بین محورهای قائم نمونه برداری بار کف  $WV_1 \neq WV_2 \neq WV_n$   
 تعداد محورهای قائم اندازه گیری  $n = 4 - 10$   
 زمان نمونه برداری از کف  $t_1 = t_2 = \dots = t_n$   
 محل ایستگاه نمونه برداری در هر محور قائم  $S_1$

### شکل ۳-۵- الگوی عملیات نمونه برداری بار کف به روش UWI

#### ۳-۲-۴ توصیه های اجرایی

همان طور که قبلاً اشاره شد، روش SEWI تغییرات بار بستر در عرض رودخانه را نشان می دهد. در حالی که روش MEWI و UWI تغییرات زمانی بار کف بستر را لحاظ می کنند. استفاده ترکیبی از هر سه روش، مطمئن ترین و دقیق ترین روش در محاسبه بار رسوبی بستر به حساب می آید، اما عملاً به علت محدودیتها و هزینه های سنگین، تحقق چنین امری ممکن نیست. توصیه های اجرایی که در زیر ارائه می گردد، حداقل کاری است که باید در شروع هر عملیات نمونه برداری بار کف بستر صورت گیرد.

- با استفاده از روش SEWI باید حداقل ۲۰ نمونه در عرض مقطع رودخانه برداشت گردد. در مقاطع عریض که تغییرات شدیدی در بار بستر وجود دارد، فاصله ایستگاهها نباید از ۱۵ متر بیشتر باشد و در مقاطع تنگ تر، فاصله ایستگاههای نمونه برداری نیازی نیست از ۳۰ سانتی متر کمتر باشد.
- زمان نمونه برداری، از چند ثانیه تا چند ساعت می تواند متفاوت باشد. اما پیشنهاد می شود این زمان از ۶۰ ثانیه تجاوز نکند. به علت تغییرات زمانی بار کف بستر، تعیین زمان نمونه برداری مناسب چندان آسان نیست. زمان نمونه برداری نباید آن قدر طولانی باشد که بیش از ۴۰ درصد کیسه نمونه بردار پر گردد. زیرا باعث کاهش راندمان هیدرولیکی نمونه بردار خواهد شد. اگر تا ۴۰ درصد کیسه نمونه بردار از رسوباتی با اندازه بزرگتر از اندازه شبکه نمونه بردار پر شود،

راندمان هیدرولیکی دستگاه تغییری نخواهد کرد<sup>۱</sup>. رسوباتی که اندازه آنها تقریباً برابر اندازه شبکه نمونه‌بردار هستند، باعث مسدود شدن چشمه سبب نمونه شده و راندمان هیدرولیکی دستگاه را کاهش می‌دهد.

– نمونه‌برداری از محورهای عمودی در یک مقطع عرضی، می‌تواند از یک‌طرف ساحل شروع و به طرف ساحل مقابل ختم شود. اما بهتر است که حداقل در یک مقطع عرضی با استفاده از روش رفت و برگشتی SEWI نمونه‌برداری صورت گیرد. چنانچه نمونه‌های برداشت شده در هر محور عمودی به طور جداگانه مورد آنالیز قرار گیرند، اطلاعات خوبی از چگونگی تغییرات بار کف بستر در عرض مقطع به دست می‌آید.

– یک نمونه، باید با یکی از روشهای MEWI و UWI برداشت گردد. در این روش، ۴ تا ۵ محور عمودی انتخاب و در هر محور ۴ تا ۵ مرتبه نمونه‌برداری انجام می‌شود به طوری که حداقل ۳۰ تا ۵۰ نمونه در مقطع برداشت شود.

• داده‌هایی که باید هنگام نمونه‌برداری برای هر مقطع ثبت شوند عبارتند از:

• محل ایستگاه اندازه‌گیری و شماره آن،

• تاریخ زمان شروع و پایان نمونه‌برداری،

• فاصله عرضی مقطع،

• فاصله بین دو محور عمودی نمونه‌برداری (روش SEWI)،

• تعداد کل نمونه‌ها (روش SEWI)،

• محل محورهای عمودی که در آنها نمونه‌برداری انجام شده است (روش UWI یا MEWI)،

• مدت زمانی که نمونه‌بردار در بستر قرار داشته است،

• نوع نمونه‌بردار مورد استفاده،

– نام شخص نمونه‌بردار.

– روی هر یک از نمونه‌های برداشت شده، اطلاعات زیر درج گردد:

• نام ایستگاه،

• شماره نمونه و محور قائم نمونه‌برداری،

• تاریخ زمانی که هر نمونه‌بردار در بستر قرار داشته است،

• چنانچه از نمونه‌های اختلاطی استفاده شود، زمان شروع و پایان عملیات نمونه‌برداری درج گردد.

با توجه به اطلاعات به دست آمده در این مرحله، می‌توان در مورد چگونگی نمونه‌برداری در کل مسیر پروژه مربوط اظهار

نظر نمود و یک دستور العمل تنظیم کرد. جدول (۳-۲) جدول اندازه‌گیری و نمونه‌برداری بار کف را نشان می‌دهد.

### جدول ۳-۲- خلاصه اندازه‌گیری بار کف بستر

سازمان آب منطقه‌ای .....

استان .....

کد سازمانی

**جدول ثبت نمونه‌برداری بار کف بستر**

نام حوضه آبریز : نام ایستگاه : طول جغرافیایی : عرض جغرافیایی : X : Y :	نام ایستگاه : ارتفاع : در شروع اندازه‌گیری : در پایان اندازه‌گیری : U.T.M نقطه‌ای	تاریخ نمونه‌برداری : ساعت : عرض بستر ( متر ) : شروع : پایان : در شروع اندازه‌گیری : درجه حرارت : (c) آب :	اشل (cm) هوا :					
ردیف	شماره مقطع	شماره نمونه	فاصله از مبدا (متر)	مدت نمونه‌برداری (ثانیه)	عمق آب (متر)	زمان نمونه‌برداری (ساعت)	وزن نمونه (گرم)	ملاحظات

نحوه نمونه‌برداری: دستی  پل تلفریک

آیا اندازه‌گیری همزمان با آبدهی انجام شده است؟ بلی  خیر

آیا اندازه‌گیری همزمان با بار معلق انجام شده است؟ بلی  خیر

تهیه کننده : نام کنترل کننده : تاریخ کنترل :

امضاء : امضاء :

### ۳-۲-۵ روش محاسبه بار کف بستر

پس از عملیات نمونه برداری بار کف مقدار آن محاسبه و برآورد می‌گردد. برای برآورد بار کف بستر سه روش پیشنهاد شده که در ادامه، به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت. به طور کلی، نرخ بار کف بستر در هر محور نمونه برداری از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$R_i = \frac{KM_i}{t_i} \quad (۳-۳)$$

در این رابطه:

$R_i$  = نرخ بار کف بستر در هر محور عمودی  $i$  (تن بر روز در متر)،

$M_i$  = وزن نمونه (کیلوگرم)،

$t_i$  = زمان نمونه برداری (ثانیه)،

$K$  = ضریب ثابت که برای نازل‌های با دهانه ۳ و ۶ اینچ در دستگاه بین المللی SI به ترتیب برابر ۱/۱۳۴ و ۰/۵۶۷ می‌باشد.

$$K = (86400 \frac{\text{ثانیه}}{\text{روز}}) \left( \frac{1}{1000000} \times \frac{\text{متر}}{\text{دهانه نازل ورودی}} \right) \quad (۴-۳)$$

بر حسب متر

$$N_W = \begin{cases} ۳ \text{ اینچ} = ۰/۰۷۶۲ \Rightarrow K = ۱/۱۳۴ \\ ۶ \text{ اینچ} = ۰/۱۵۲۴ \Rightarrow K = ۰/۵۶۷ \end{cases}$$

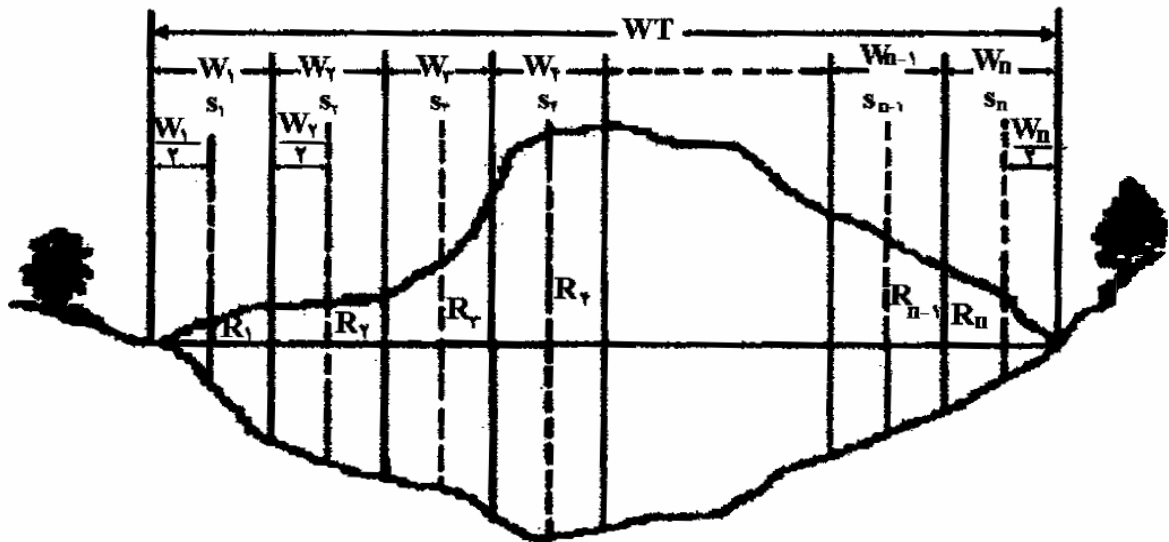
$N_W$  = اندازه دهانه نازل ورودی

برای محاسبه بار کف سه روش پیشنهاد شده که در ادامه تشریح خواهند شد.

### ۳-۲-۵-۱ روش تمام مقطعی

ساده‌ترین روش برای محاسبه بار کف بستر در صورت استفاده از دستگاه هلی اسمیت روش تمام مقطعی است. برای استفاده از این روش سه شرط زیر باید برقرار باشد:

- زمان نمونه برداری در محل محورهای قائم نمونه برداری برابر باشد.
- محورهای قائم نمونه برداری در وسط هر مقطع قرار گرفته باشند.
- اولین نمونه در نیمه اول جزء تقسیم از ساحل برداشت شده باشد (شکل ۳-۶).



$Q_S$  = بده رسوب،  $S_i$  = ایستگاه نمونه برداری در هر محور قائم،  $K$  = ضریب ثابت،  $M_i$  = جرم نمونه بار کف در ایستگاه  $S_i$ ،  $t_i$  = زمان نمونه برداری رسوب کف در ایستگاه  $S_i$ ،  $W_i$  = عرض مقطع عرضی،  $n$  = تعداد محورهای قائم،  $R_i$  = نرخ انتقال رسوب در ایستگاه  $S_i$ .

### شکل ۳-۶- الگوی محاسباتی روش تمام مقطعی

با توجه به شرایط فوق بده کل بار کف بستر از رابطه زیر به دست می آید:

$$Q_B = K \frac{W_T}{T_t} M_T \quad (۵-۳)$$

که در آن :

$Q_B$  = بده کل بار کف مقطع (تن در روز)

$W_T$  = عرض کل مقطع (متر)،  $W_T = \sum_{i=1}^n W_i$

$T_t$  = کل زمان نمونه برداری برای تمام اجزای مقطع عرضی (ثانیه)،  $T_t = \sum_{i=1}^n t_i = nt$

$M_T$  = وزن کل نمونه های جمع آوری شده (کیلوگرم)،  $M_T = \sum_{i=1}^n M_i$

$K$  = ضریب ثابت.

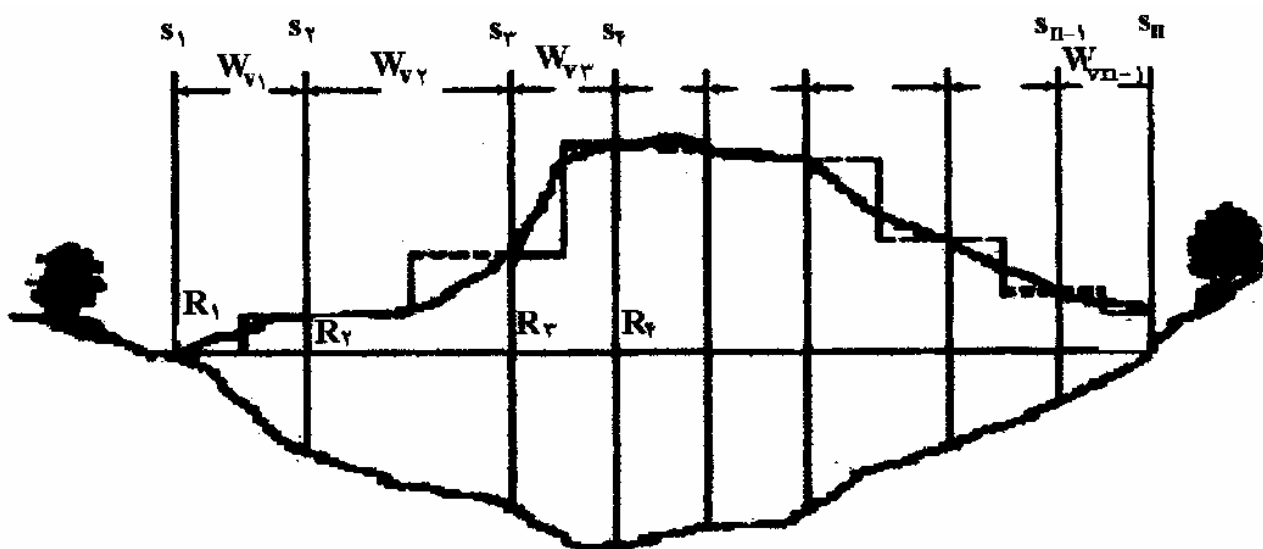
روش بالا عمدتاً برای محاسبه بار کف مبتنی بر روشهای SEWI و MEWI کاربرد دارد.

چنانچه یکی از سه شرط اشاره شده (در روش محاسباتی تمام مقطعی) برقرار نباشد، باید از دو روش محاسباتی میان مقطعی و متوسط مقطعی استفاده نمود. از نظر ریاضی، هر دو روش بالا به جوابهای یکسان منتهی می شود. اما همان طور که

در روش نمونه برداری UWI توضیح داده شد، انتخاب محل قرارگیری محورهای عمودی نمونه برداری، در واقع تعیین کننده استفاده از نوع روش محاسباتی میان مقطعی یا متوسط مقطعی است.

### ۲-۵-۳ روش بین مقطعی<sup>۱</sup>

از مزایای استفاده از روش میان مقطعی، می توان به این موضوع اشاره نمود که لازم نیست طول  $W_i$  حتماً با سایر فاصله ها بین محورهای عمودی برابر باشد. در بعضی موارد، وجود پایه های پل، قلوه سنگها یا تغییرات شدید در سرعت یا توپوگرافی کف، مانع از نمونه برداری در وسط مقطع جزئی  $W_i$  می گردد. در روش بین مقطعی، این امکان وجود دارد که محل  $S_i$  با توجه به شرایط موجود تعیین گردد.



$Q_S$  = بده بار کف،  $S_i$  = ایستگاه نمونه برداری در هر محور قائم،  $R_i$  = نرخ انتقال رسوب در ایستگاه  $S_i$ ،  $K$  = ضریب ثابت،  
 $M_i$  = جرم نمونه رسوب جمع آوری شده در ایستگاه  $S_i$ ،  $t_i$  = زمان نمونه برداری رسوب در ایستگاه  $S_i$ ،  $n$  = تعداد محورهای قائم، و  $W_i$  = عرض بین محورهای قائم جزئی.

### شکل ۳-۷- الگوی محاسباتی روش بین مقطعی

با توجه به شرایط بالا، بده کل بار کف از رابطه زیر به دست می آید:

$$Q_B = \frac{R_1 W_{v1}}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} R_i \left[ \frac{(S_i - S_{i-1})}{2} + \frac{S_{i+1} - S_i}{2} \right] + \frac{R_n W_{vn-1}}{2} \quad (۶-۳)$$

1 - Mid section



و یا به عبارتی دیگر:

$$Q_B = \frac{K}{2} \left[ \frac{M_1}{t_1} W_{v1} + \frac{M_n}{t_n} W_{vn-1} + \sum_{i=2}^{n-1} \frac{M_i}{t_i} (S_{i+1} - S_{i-1}) \right] \quad (7-3)$$

در این رابطه:

$Q_B$  = بده کل بار کف بستر مقطع (تن در روز)،

$W_{vi}$  = عرض مقطع جزئی (متر)،

$S_i$  = محل محورهای نمونه برداری،

$R_i$  = بده بار رسوبی در هر مقطع جزئی در واحد عرض (تن در روز در متر)،

$K$  = ضریب ثابت،

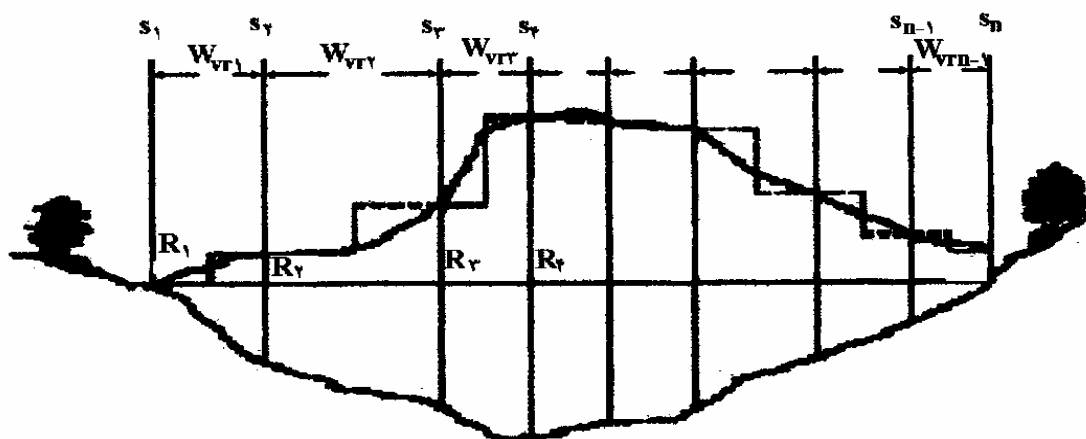
$t_i$  = زمان نمونه برداری هر مقطع جزئی (ثانیه)،

$n$  = تعداد محورهای قائم،

$M_i$  = جرم هر نمونه مقطع جزئی (کیلوگرم).

### ۳-۲-۵-۳ روش متوسط مقطعی<sup>۱</sup>

در این روش، از نرخ بار رسوبی بین دو محور مجاور متوسط گرفته می شود و لازم به یاد آوری است که این مقدار، در طول بین دو محور نیز ثابت در نظر گرفته می شود. بنابراین قرار داشتن محور نمونه برداری در جایی که نرخ بار رسوبی بستر در عرض تغییر می کند، بسیار مهم است، اما در اغلب شرایط تعیین آن مشکل است.



شکل ۳-۸- الگوی محاسباتی روش متوسط مقطعی

با توجه به شرایط گفته شده در بالا، بده کل بار کف بستر از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q_B = \sum_{i=1}^{n-1} W_{vr} \frac{R_i + R_{i+1}}{2} = \frac{K}{2} \sum_{i=1}^{n-1} W_{vi} \left( \frac{M_i}{t_i} + \frac{M_{i+1}}{t_{i+1}} \right) \quad (۸-۳)$$

کلیه عوامل قبلاً تعریف شده است.

پیشنهاد می‌شود در جایی که نمی‌توان از روش تمام‌مقطعی استفاده کرد، باید از روش بین مقطعی استفاده شود. چراکه این روش محاسباتی، شبیه روش اندازه‌گیری بده جریان بوده و اکثر کاربرها با این روش آشنا هستند و در ضمن انعطاف‌پذیری خوبی در استفاده از مفهوم عرض مؤثر  $W_i$  دارد.

### ۳-۳ نمونه‌برداری از مواد بستر

مواد بستر را می‌توان به دو روش نمونه‌برداری از روی سطح<sup>۱</sup> و نمونه‌برداری حجمی<sup>۲</sup> نمونه‌برداری کرد:

#### ۱-۳-۳ نمونه‌برداری از روی سطح

در این روش، از تعدادی از دانه‌های سطحی که روی یک سطح مشخص تعریف شده قرار دارند، نمونه‌برداری می‌شود. مواد بستر از روی سطح بستر رودخانه در وضعیت خشک و در وضعیت مستغرق جمع‌آوری می‌گردد. عمق عمودی رسوب سطحی، برابر با قطر یک دانه بوده و به عبارت دیگر، این عمق برابر با قطر دانه‌ای است که روی سطح بستر در یک نقطه معلوم قرار دارد.

بدون در نظر گرفتن بُعد قائم، رسوب سطحی فقط به وسیله روشهای نمونه‌برداری سطحی و نه به وسیله روشهای جمع‌آوری حجم رسوب، نمونه‌برداری می‌شود. اگر چه اندازه غالب دانه‌ها به راحتی قابل تشخیص است، ولی زمانی مشکل ایجاد می‌شود که دانه‌ها به وسیله دانه‌های بزرگ محاصره شده و همچنین هنگامی که فقط قسمتی از دانه‌ها روی سطح نمایان باشد. گاهی مواقع، این سؤال مطرح است که چه مقدار از دانه‌ها، باید واقعاً در سطح دیده شوند تا بتوان آنها را مواد سطحی دانست.

رسوبات سطح بستر معمولاً به سه روش شمارش خطی، شمارش شبکه‌ای و نمونه‌برداری سطحی نمونه‌برداری می‌شوند. این سه روش در چند مورد با هم اختلاف دارند که عبارتند از: فضای بین دانه‌های نمونه در سطح تحت پوشش، مناسب بودن برای اندازه دانه‌های بزرگ و کوچک و زمان عملیات صحرائی در مقابل زمان عملیات آزمایشگاهی. این عوامل در زمان انتخاب روش نمونه‌برداری باید در نظر گرفته شوند. اختلافهای بین سه روش نمونه‌برداری از روی سطح در جدول ۳-۳ خلاصه شده است.

1 - Surface sampling  
2 - Volumetric sampling

جدول ۳-۳- مقایسه بین شمارش خطی، شبکه‌ای و نمونه‌های سطحی

شمارش سطحی	شمارش شبکه‌ای	شمارش خطی
از تمام دانه‌ها واقع در یک سطح تعریف شده نمونه‌برداری می‌شود.	از تعدادی از دانه‌ها واقع در یک شبکه، به اندازه $D_{max}$ نمونه‌برداری می‌شود.	از تعدادی از دانه‌های در فاصله‌های تقریباً مساوی به میزان حداقل اندازه $D_{max}$ نمونه‌برداری می‌شود.
تمرکز روی مکانهای نقطه‌ای است و به چندین نمونه در ناحیه نمونه‌برداری نیاز می‌باشد.	از چندین سطح کوچک در داخل یک بازه نمونه‌برداری می‌شود یا سطوحی کوچک که رسوب همگن را پوشش می‌دهد.	یک سطح بزرگ نمونه‌برداری را پوشش می‌دهد.
مناسب برای ماسه تا شن متوسط و نه برای شن درشت تا قلوه سنگ.	مناسب برای شن و نه برای ماسه.	مناسب برای شن و قلوه سنگ و نه برای ماسه.
نیاز همزمان برای عملیات صحرائی و آزمایشگاهی.	در صورت برداشت نمونه‌ها با دست، به زمان آزمایشگاهی نیاز می‌باشد. در صورت عکسبرداری، زمان عملیات صحرائی کوتاه و عدم نیاز به زمان آزمایشگاهی طولانی.	زمان عملیات صحرائی طولانی، و نیازی به زمان آزمایشگاهی نیست.
اندازه دانه‌های نمونه‌برداری شده مستقیماً قابل مقایسه و ترکیب با اندازه دانه‌های نمونه‌برداری شده از شمارش خطی، شبکه‌ای و نمونه‌های حجمی نمی‌باشد.	اندازه دانه‌های نمونه‌برداری شده قابل مقایسه و ترکیب با اندازه‌های دانه‌های نمونه‌برداری شده از شمارش خطی و نمونه‌های حجمی است.	اندازه دانه‌های نمونه‌برداری شده قابل مقایسه و ترکیب با اندازه ذرات نمونه‌برداری شده از شمارش شبکه‌ای و نمونه‌های حجمی است.

تمرکز روش شمارش خطی، روی دانه‌های بزرگ و با اندازه متوسط و با صرف‌نظر از ریز دانه‌ها می‌باشد و برای پوشش سطوح نمونه‌برداری بزرگ به وسیله خطوط موازی مناسب است. این روش، برای هر نمونه بسته به تعداد دانه‌های جمع‌آوری شده و مشکلات مربوط به کندن و جدا کردن سنگها از بستر رودخانه بین ۰/۵ تا ۲ ساعت طول می‌کشد و به صرف زمان آزمایشگاهی نیازی نیست.

شمارش شبکه‌ای در صحرا انجام می‌شود. شبکه ممکن است شامل نوارهای لاستیکی قرار داده شده روی یک قالب صُلب باشد. عکسبرداری از سطح رسوبات برای هر نمونه، زمان بسیار کوتاهی را نیاز دارد ولی آنالیز تصاویر، نیاز به صرف زمان آزمایشگاهی زیادی دارد.

جمع‌آوری نمونه‌های سطحی، هم برای عملیات صحرائی و هم برای آنالیز دانه‌بندی آنها در آزمایشگاه به زمان نیاز دارد. نمونه‌های سطحی برای رسوبات شنی که محتوی مقدار زیادی ماسه و شن ریز می‌باشند، مناسب هستند. زیرا نمونه‌های سطحی به علت تمرکز روی یک سطح کوچک، شامل مواد ریزدانه نیز می‌گردند. در صورتی که روش شمارش خطی و شبکه‌ای تمایل به حذف آنها دارند.

توزیع دانه‌بندی دانه‌ها که از روش خطی و شبکه‌ای به دست می‌آید، متقابلاً قابل مقایسه و قابل ترکیب هستند. هر دو توزیع همچنین قابل مقایسه و ترکیب با توزیعهای به دست آمده از نمونه‌های حجمی می‌باشند. توزیعهای دانه‌بندی نمونه‌های سطحی نیاز به انتقال به توزیع دانه‌بندی از روش خطی یا نمونه‌های حجمی دارند. در ادامه، برای هر یک از سه روش پیشنهادی در بالا، دستورالعملهایی ارائه می‌گردد. به منظور تفصیل بیشتر موضوع، هر بخش بطور مجزا مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

### ۳-۱-۱-۱ شمارش خطی

در این روش، تعدادی از دانه‌های رسوبی سطحی در امتداد خطوطی موازی و با فواصل مساوی که در یک سطح بزرگ (تقریباً ۱۰۰ متر مربع) قرار دارند، نمونه‌برداری می‌شود.

شمارش خطی برای تعیین مشخصه‌های اندازه سنگهای شنی و ماسه‌ای رسوبات سطحی به کار می‌رود و روی بستر خشک و مستغرق رودخانه کاربرد دارد. توزیع فراوانی تجمعی مواد و درصد ریزدانه برای موارد متعددی مانند محاسبات حرکت آغازین بار بستر، زبری کف بستر، مطالعات ریخت‌شناسی رودخانه و ارزیابی زیست‌محیطی رودخانه کاربرد دارد.

شمارش خطی، از تعدادی دانه‌های در فواصل مساوی و در امتداد یک خط، نمونه‌برداری می‌کند. دو روش برای تعیین امتدادها، فاصله بین دانه‌های انتخاب شده و مشخص نمودن دانه‌هایی که قرار است انتخاب شوند، وجود دارد: یکی قدم‌زنی پاشنه تا پنجه و دیگری نمونه‌برداری در فاصله‌های مساوی در امتداد یک نوار اندازه‌گیری. مزیتها و تفاوت‌های اصلی این دو روش، در جدول ۳-۴ خلاصه شده است.

#### – روش قدم زدن پاشنه تا پنجه<sup>۱</sup>

این روش، توسط ولمن<sup>۲</sup> پیشنهاد شده است. در این روش، فرد نمونه‌بردار یک سطح بستر را در امتداد یک الگوی شبکه‌بندی طی می‌کند. شبکه به وسیله قدم‌زنی یا خطوط و نوارهایی به وجود می‌آید. یک دانه در مجاورت هر نقطه شبکه جمع‌آوری می‌شود. "ولمن" تأکید کرده است که دانه‌های جمع‌آوری شده در نمونه، باید به صورت تصادفی انتخاب شوند. برای تحقق این امر، او پیشنهاد می‌کند که دانه‌ها از زیر نوک کفش بدون مشاهده آن برداشت گردند. فاصله بین دانه‌های انتخابی به اندازه شبکه مورد نیاز برای پوشش سطح نمونه‌برداری بستگی دارد. این روش، مشهورترین روش است زیرا به هیچ گونه ابزار صحرائی خاص نیازی نمی‌باشد.

#### – روش سیستماتیک نمونه‌برداری در فواصل مساوی در طی یک نوار اندازه‌گیری

در این روش، نوارهای اندازه‌گیری به صورت متقاطع طراحی شده و نمونه‌برداری ذرات، از محل تقاطع نوارها صورت می‌گیرد. برای مثال، در نشانه‌های به فواصل ۰/۵ متر که دقیقاً زیر نقاط شبکه ایجاد شده، نمونه‌برداری انجام می‌گیرد. نتایج

1 - Heel – to - toe

2 - Wolman, 1954

شمارش خطی ممکن است، از دو روش اختلافات زیادی داشته باشند. روش قدم‌زنی پاشنه تا پنجه با تماس کور، در امتداد خطوط فرضی، باعث ایجاد خطاهای متعددی در انتخاب دانه‌ها، فاصله بین دانه‌ها و مسیر نمونه‌برداری می‌شود و نسبت به روش نمونه‌برداری در مسیر، یک نوار اندازه‌گیری در فواصل معین، اعوجاج بیشتری خواهد داشت.

### جدول ۳-۴- مزیتها و تفاوت‌های دو روش پاشنه تا پنجه و نمونه‌برداری سیستماتیک

ردیف	مواد مقایسه	روش پاشنه تا پنجه	روش نمونه‌گیری سیستماتیک در امتداد یک نوار خطی
۱	فاصله‌ها	یک تا دو قدم (بین ۰/۳ تا ۰/۶ متر) بدون توجه به اندازه مواد بستر	۱ تا ۲ برابر بزرگ‌ترین اندازه دانه‌ها، منطبق بر اندازه مواد بستر
۲	انتخاب دانه‌ها در سطوح خشک	تماس اتفاقی به نوک کفش	مطابقت مرئی بانسانه‌های با فواصل مساوی روی نوار اندازه‌گیری
۳	بهبودهای ممکن	انگشت را مستقیم نگه‌داشتن به منظور پرهیز از تماس با ذرات مجاور	استفاده از میخ یا درفش برای دقت بیشتر در تشخیص ذرات انتخابی
۴	انتخاب دانه‌ها در زیر آب	تماس اتفاقی با نوک کفش	مطابقت مرئی با نشانه‌های با فواصل مساوی روی نوار اندازه‌گیری به بهترین شکل ممکن؛ در غیر این صورت تماس اتفاقی
۵	مسیر نمونه‌برداری	در امتداد خط فرضی بنا به صلاحدید نمونه‌گیر	در امتداد یک نوار قبلاً تعیین شده
۶	امکان خطا و انحراف نمونه‌گیر در مقابل ریز دانه‌ها	بیشتر	کمتر
۷	امکان خطا و انحراف نمونه‌بردار در مقابل قلوه سنگها و لاشه سنگها	بیشتر	کمتر
۸	تغییر بین نمونه‌ها	بیشتر	کمتر
۹	تغییر بین نمونه‌بردارها	بیشتر	کمتر

### ۳-۳-۱-۲ شمارش شبکه‌ای

در این روش، تعدادی از دانه‌های واقع در روی نقاط شبکه انتخاب و برداشته می‌شود و یا توسط عکسبرداری، از دانه‌ها تصویر تهیه می‌گردد. سطح اندازه‌گیری در این روش، نسبتاً کوچک می‌باشد (تقریباً ۱ تا ۱۰ متر مربع).

در این روش، دانه‌ها از زیر یک شبکه تنظیم و تهیه شده برداشته می‌شوند. دانه‌ها می‌توانند به صورت فیزیکی از زیر برداشته شوند و در این حالت شماره شبکه‌ای در واقع همان شمارش خطی است. شکل دیگر شمارش شبکه‌ای، تهیه تصاویر عمودی از سطح رسوب و اندازه‌گیری اندازه دانه‌ها با استفاده از تصاویر می‌باشد.

### - اندازه‌های شبکه و مقیاس فضایی<sup>۱</sup>

چنانچه شبکه به‌طور مساوی تقسیم‌بندی شده باشد، شمارش شبکه‌ای می‌تواند همه‌گونه سطوح نمونه‌گیری را پوشش دهد. مقیاس فضایی شمارش شبکه‌ای، دارای انعطاف مناسبی می‌باشد. کوچک‌ترین واحد شبکه توسط درشت‌ترین دانه رسوب سطحی تعیین خواهد شد. فضای شبکه باید حداقل به بزرگی اندازه حداکثر درشتی دانه‌ها و یا به صورت بهتر، دو برابر اندازه درشت‌ترین دانه‌ها باشد تا از شمارش مضاعف اجتناب شود. شکل ۳-۹ شمارش شبکه‌ای را نشان می‌دهد.

یک سطح شنی با اندازه دانه رسوبی حداکثر ۱۰۰ میلی‌متر، به حداقل شبکه ۰/۱ متری نیاز دارد و حداقل سطح اندازه‌گیری برای یک حجم نمونه با ۴۰۰ دانه، ۴ متر مربع می‌باشد. یک شبکه با این اندازه توسط نوارهای پلاستیکی قابل اجرا است. یک سطح قله سنگی با اندازه دانه‌های حداکثر ۲۵۶ میلی‌متر، حداقل به شبکه ۰/۲۵ متری نیاز دارد و حداقل سطح برای نمونه‌برداری ۴۰۰ دانه، ۱۰ متر مربع می‌باشد.

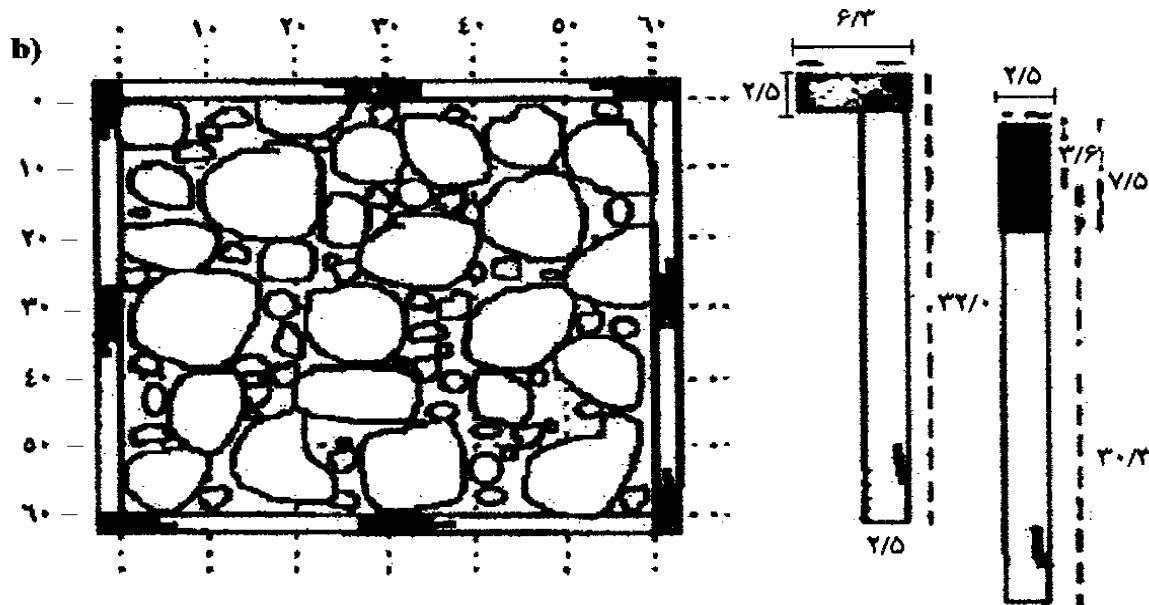
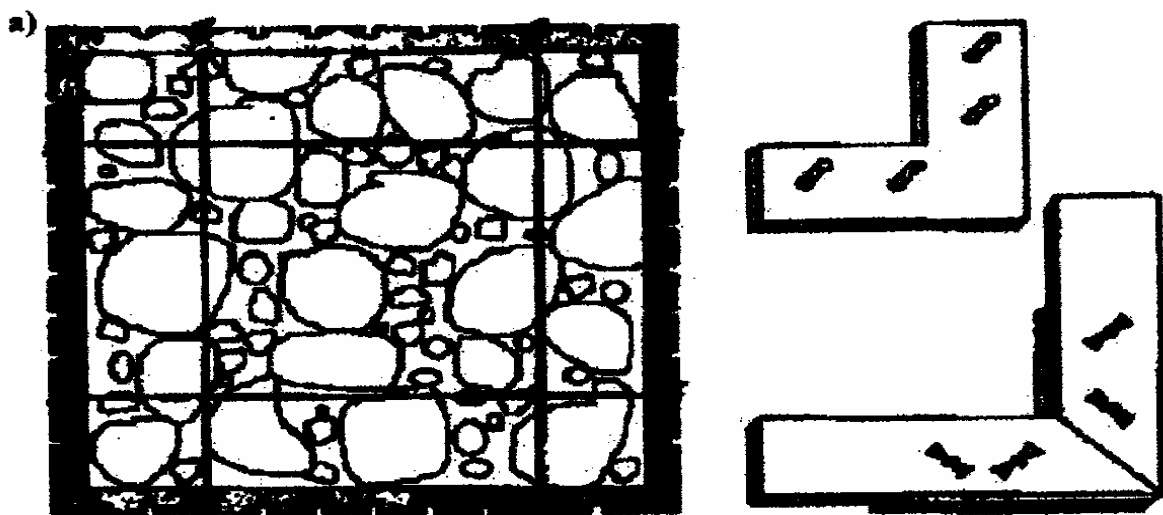
در این فضا، نقاط شبکه توسط خطوط موازی در امتداد نوارهای اندازه‌گیری علامت‌گذاری می‌شوند. بزرگ‌ترین سطحی که روش شمارش شبکه‌ای سطحی می‌تواند پوشش دهد، در حدود چند صد مترمربع می‌باشد.

### - روش شبکه‌ای تصویری

شمارش شبکه‌ای می‌تواند توسط تصاویری که به صورت عمودی از سطح رسوبات تهیه می‌گردد، انجام شود. طول دانه‌های موجود در گروه‌های شبکه با استفاده از خط‌کش، اندازه‌گیری شده و این اندازه‌گیریها به مقیاس طبیعی دانه‌ها منتقل می‌شوند. با استفاده از ضریب مقیاس مناسب، قبل از آنالیز اندازه دانه‌ها، مقیاسهای تصاویر بر حسب دقت تصویر، پوشش هر تصویر و درشتی دانه‌های بستر تغییر می‌کند. هر مقیاسی، آنالیز گروه معینی از اندازه دانه‌ها را آسان می‌کند. چنانچه آنالیز طیف وسیعی از اندازه دانه‌ها لازم باشد، تصاویر باید در مقیاسهای مختلفی تهیه گردند.

### ۳-۱-۳-۳ نمونه‌برداری سطحی

در این روش، از تمامی دانه‌های سطحی موجود در یک سطح کوچک (۰/۱ تا ۱ متر مربع) نمونه‌برداری انجام می‌گردد. دانه‌های ریز به صورت معرف در نمونه موجود است.



۴ قطعه نمونه شاخص و برابر از هر قسمت (همه اندازه‌ها بر حسب سانتی‌متر)

شکل ۳-۹- شمارش شبکه‌ای

برای نمونه‌های سطحی، نمونه‌بردار تمامی دانه‌های قرار گرفته روی سطح را در یک سطح از قبل تعریف شده جمع‌آوری می‌کند. معمولاً مساحت سطح در حدود ۰/۱ تا ۱ متر مربع می‌باشد. نمونه‌برداری از کل دانه‌های سطح بدون در نظر گرفتن دانه‌های زیر سطح ممکن است مشکلاتی را ایجاد کند. روشهای زیر برای جمع‌آوری دانه‌ها در نمونه‌های سطحی پیشنهاد شده است:

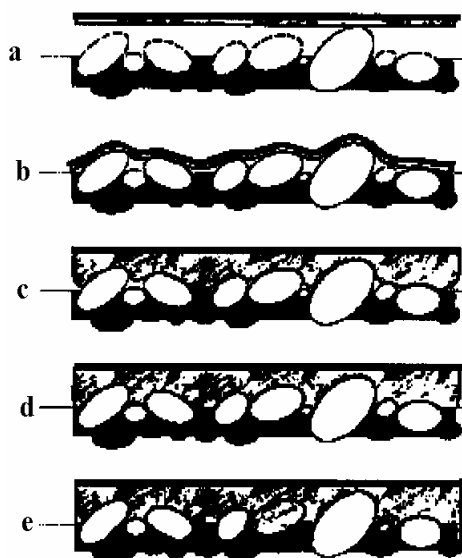
## - برداشت با دست

برداشت با دست، روشی برای نمونه‌برداری از روی بستر شن درشت می‌باشد. نمونه‌بردار با استفاده از یک قالب مانند توری کتان، سطح نمونه‌برداری را مشخص نموده و همه دانه‌های سطح را جمع‌آوری می‌کند. در این روش به دلیل عدم دید مناسب ذرات کوچک و به سبب اینکه این گونه دانه‌ها در وسط دانه‌های درشت‌تر قرار دارند، جمع‌آوری آنها به راحتی امکان‌پذیر نیست.

## - روش نمونه‌برداری چسبناکی

روش نمونه‌برداری چسبناکی برای سطوحی که شامل دانه‌های نسبتاً درشت ماسه و شن ریز می‌باشند، توصیه شده است. روش عمومی برای نمونه‌برداری چسبناکی، بدین صورت است که یک روکش با سطح چسبنده روی سطح تر چسبانده می‌شود. سطح چسبنده به سطح رسوبات نفوذ نموده و تمام دانه‌های سطح بستر، هم کوچک و هم بزرگ به روکش می‌چسبند. زمانی که روکش از روی سطح برداشته می‌شود، تمام دانه‌ها برداشته شده‌اند. برای آنالیز دانه‌ها، دانه‌های نمونه‌برداری شده، از سطح چسبناک با روشهای مختلف مانند انحلال مواد چسبنده یا برس زدن کنده می‌شوند.

در این روش، برای نمونه‌برداری از کلیه دانه‌های سطحی، مشکلاتی نیز وجود دارد. چنانچه میزان چسبندگی کم باشد و به سختی در سطح نفوذ نماید، ممکن است از دانه‌های ریز، نمونه‌برداری صورت نگیرد (شکل ۳-۱۰، a, b, c). و اگر میزان چسبندگی آن قدر زیاد باشد که عمیقاً در سطح نفوذ نماید، ممکن است علاوه بردانه‌های سطح، دانه‌های زیرسطح نیز در نمونه وارد شوند (شکل ۳-۱۰، e) که یک نمونه نیمه حجمی می‌باشد. برای تهیه نمونه‌های سطحی دقیق، لازم است که ماده چسبنده در سطح، با عمق مناسب نفوذ نماید (شکل ۳-۱۰، d).



شکل ۳-۱۰- نمونه‌برداری چسبناکی



## – روش نمونه‌برداری سطحی به صورت تصویری

در این روش، تصویری از سطح رسوبات برداشته شده و اندازه دانه‌ها در تصویر توسط خط‌کش یا به کمک پلانیمتر اندازه‌گیری می‌شوند. مانند روشهای نمونه‌برداری دستی یا به صورت چسبندگی، توزیع اندازه دانه‌های به دست آمده از تصویر برداری، قبل از مقایسه با دیگر نمونه‌ها نیاز به انتقال دارند. در این حالت، سه روش مختلف آنالیز اندازه دانه‌ها وجود دارد:

### • اندازه‌گیری طولی همه دانه‌ها

اندازه‌گیری طولی دانه‌ها با استفاده از خط‌کش یا تجزیه کننده نوری انجام می‌شود. در این روش، اندازه طولی همه دانه‌های مشاهده شده را تعیین می‌کنند. این روش برخلاف نمونه‌برداری شبکه‌ای است که اندازه طولی دانه‌ها را فقط در زیرگره‌های شبکه تعیین می‌کنند.

### • اندازه‌گیری پلانیمتریک دانه‌ها و آنالیز

اندازه‌گیری طولی دانه‌ها روی تصاویر با خط‌کش یا تجزیه کننده نوری، از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد. "ایبکن و شلیپر" در سال ۱۹۸۶ روش آنالیز اندازه دانه‌های تصویری را ارائه کرده‌اند که در آن سعی می‌شود بُعد سوم دانه‌ها نیز در نظر گرفته شود. در این روش، فرض می‌شود که شکل دانه‌ها عموماً بیضوی است. این روش، تعیین اندازه دانه‌های تقریباً مخفی را توسعه و بهبود می‌دهد. حجم دانه‌های محاسبه شده از این روش، به وزن تبدیل می‌شوند.

### • رابطه تجربی بین تعداد دانه‌های در تصویر و اندازه $D_{50}$

یک روش ساده و سریع برای کسب اطلاعاتی از اندازه دانه‌های مواد بستر از روی تصویر، شمارش تعداد دانه‌های تصویر می‌باشد. هر چه تعداد دانه‌های تصویر بیشتر باشد، اندازه دانه‌ها کوچک‌تر خواهد بود. برای یک آنالیز کمی تعداد دانه‌های روی تصویر باید توسط چند عامل صحرائی مانند  $D_{50}$  واریسی شوند.

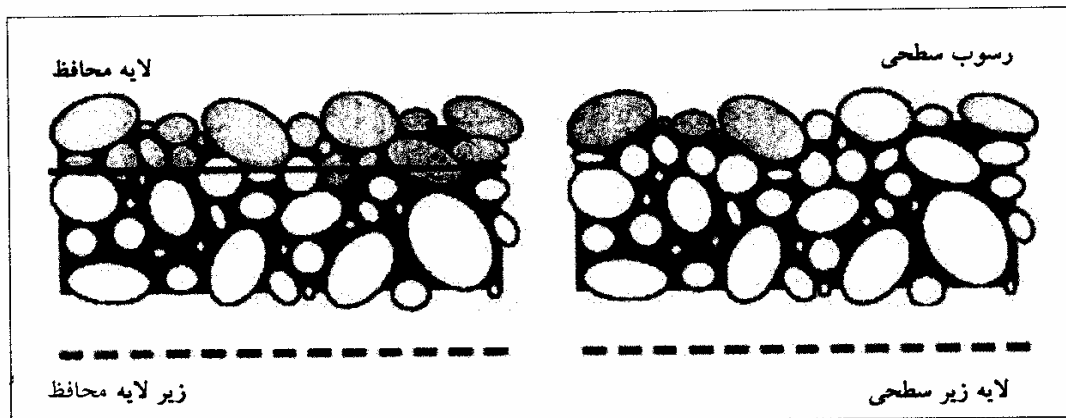
سپس تابع واریسی برای پیش‌بینی  $D_{50}$  از روی تعداد دانه‌های شمارش شده از تصویر تعیین می‌گردد. "رایس"<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۵، این روش را برای آنالیز تغییر در اندازه دانه‌ها در پایین دست و در مسافتی طولانی به کار برده است. [1995]

### ۳-۳-۲ نمونه‌برداری حجمی

در این روش، حجم مشخصی رسوب از یک لایه رسوبی تعریف شده برداشت می‌شود. شکل ۳-۱۱ نشان‌دهنده چهار واحد لایه‌بندی معمول در رودخانه‌های با لایه محافظ می‌باشد.

1 - Ibbeken & Schleyer, 1986

2 - Rice, et.al 1995



شکل ۳-۱۱- لایه‌بندی یک بستر جوشنی شده شامل: لایه محافظ، زیر لایه محافظ، رسوب سطحی و لایه زیر سطحی

مصالح سطحی رودخانه‌ها تنها با استفاده از تکنیک‌های نمونه‌برداری سطحی، نمونه‌برداری می‌شوند. لایه‌های مواد کف، مانند لایه محافظ، زیر لایه محافظ و لایه زیر سطحی که دارای ضخامت مشخص می‌باشند، از روش تکنیک‌های نمونه‌برداری حجمی، نمونه‌برداری می‌شوند. انتخاب روش نمونه‌برداری به عوامل طبیعی رودخانه مانند ریخت‌شناسی رودخانه، شرایط جریان و توزیع اندازه دانه‌های مواد بستر بستگی دارد. برای مثال، ابزار و روش‌های نمونه‌برداری باید متناسب با اندازه مواد بستر باشد. دسترسی کم و محدود به جاده دسترسی در رودخانه‌ها، دیکته می‌نماید که ابزار نیز باید قابل حمل باشند. نمونه‌برداری عمدتاً در شرایط مستغرق و در وضعیت دید کم از بستر رودخانه صورت می‌گیرد.

عوامل انسانی نیز نقش مهمی را در انتخاب روش‌های نمونه‌برداری ایفا می‌کند. یک پروژه، ممکن است به حجم زیادی از عملیات صحرایی نیاز نداشته باشد. ولی برای عملیات آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل تصاویر آن، زمانی طولانی صرف گردد. اهداف مطالعه یا شرایط بستر رودخانه ممکن است نیاز به استفاده از چند روش مختلف نمونه‌برداری را تعیین نماید که در این صورت باید نتیجه‌های بدست آمده از روش‌های متفاوت با یکدیگر تلفیق گردد. مثلاً بودجه محدود، مدیر پروژه را مجبور به کاهش حجم مطالعه یا استفاده از روش‌های صحرایی ساده و سریع می‌کند.

کاربران همچنین باید این نکته را مورد توجه قرار دهند که روش‌های نمونه‌برداری مختلف، توزیع‌های مختلف اندازه مواد بستر را نتیجه می‌دهد. شمارش قلوه‌سنگ‌های یک نمونه و نمونه‌برداری سطحی جمع‌آوری شده از یک سطح مشترک، نتایج مختلفی را در خصوص توزیع دانه‌های مصالح مواد بستر نشان می‌دهد. حتی زمانی که از یک روش تجزیه و تحلیل اندازه رسوب، برای نمونه‌ها استفاده شود.

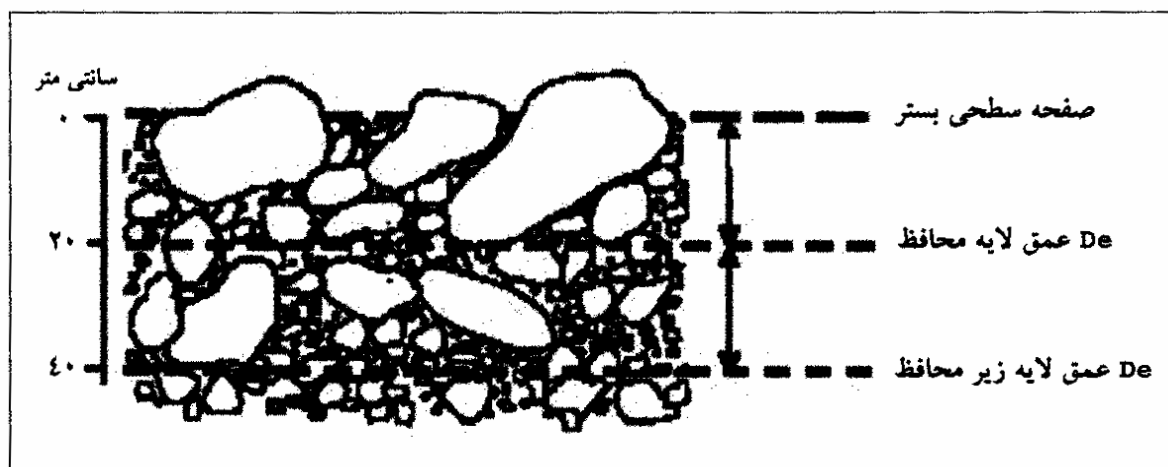
در نمونه‌برداری حجمی، از یک حجم یا جرم از پیش تعریف شده از بستر رودخانه نمونه‌برداری می‌شود. نمونه‌های حجمی سه بُعدی بوده و ممکن است از لایه‌های مختلف ستون رسوبی برداشت شوند. این لایه‌ها عبارتند از: رسوب لایه محافظ، رسوب زیر لایه محافظ، رسوب سطحی و رسوب حجمی غیر لایه‌بندی شده.

برای تعیین عمق نمونه‌برداری در هر یک از لایه‌ها، پیشنهادهایی برای کاربران به منظور ارائه یک راهنما، عملیاتی شده است که در زیر به آن اشاره می‌گردد.

### - ضخامت و عمق نمونه‌برداری لایه محافظ

لایه‌های محافظ به ندرت در رودخانه‌هایی با بار رسوبی زیاد و یا در رسوبات خوب دانه‌بندی شده توسعه پیدا می‌کنند. نمونه‌های لایه محافظ برای اهداف زیادی مانند آنالیز حمل رسوب کاربرد دارند. درجه مسلح شدن یا محافظ شدن لایه سطحی با مقایسه توزیع اندازه دانه‌ها یا  $D_{50}$  مربوط به لایه محافظ نسبت به  $D_{50}$  دانه‌های رسوبات زیر لایه محافظ قابل تعیین بوده و هرچه این نسبت بزرگ‌تر باشد، درجه مسلح شدن لایه سطحی بیشتر است. تغییر در درجه مسلح شدن، معرف تغییر در بار رسوبی یا رژیم جریان می‌باشد.

لایه محافظ سه بعدی است، پس فقط به صورت حجمی باید نمونه‌برداری شود. غالباً ضخامت لایه محافظ به صورت ضخامتی از سطح بستر تا عمقی به اندازه بزرگ‌ترین ذرات  $D_{max}$  یا اندازه ذرات غالب  $D_{dom}$  تعریف می‌شود. (شکل ۳-۱۲)



شکل ۳-۱۲ - عمق نمونه لایه محافظ و لایه زیر محافظ

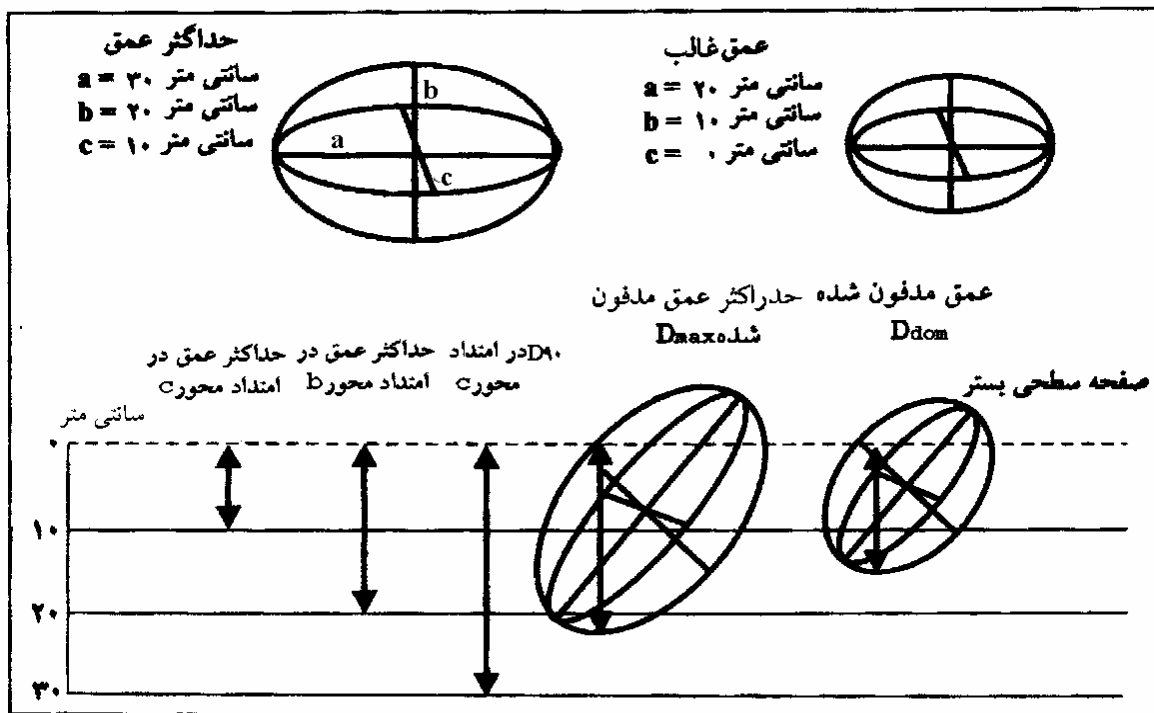
(این دو عمق، بر اساس عمق حداکثر و عمق تعریف می‌شوند)

پیشنهاد‌های زیر برای پیش‌بینی لایه محافظ توسط مراجع ارائه شده است: (شکل ۳-۱۳)

- $D_{max}$  در امتداد محور C<sup>۱</sup>

- $D_{max}$  در امتداد محور  $b^1$
- دو برابر  $D_{90}$  در امتداد  $b^2$
- عمق مدفون شده اندازه غالب دانه‌ها  $D_{dom}$
- عمق مدفون شده  $D_{max}$  موضعی دانه‌ها.

پنج معیار مذکور، زمانی که برای یک سطح رسوبی معین به کار برده می‌شوند، در رابطه با عمق لایه محافظ نتایج مختلفی می‌دهد. این موضوع در شکل مذکور نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۳ - تفاوتها در تعیین ضخامت لایه محافظ برای یک رسوب

معین با استفاده از معیارهای پیش‌بینی مختلف

- ضخامت و عمق نمونه‌برداری لایه زیر سطحی، لایه زیر محافظ و مواد بستر غیر لایه بندی شده رسوب زیر سطحی به رسوب زیر سطح بستر رودخانه، و لایه زیر محافظ به رسوب زیر لایه محافظ اطلاق می‌گردد. رسوبات زیر سطحی و زیر محافظ معمولاً ریزتر از رسوبات سطح و لایه محافظ می‌باشند. توزیع اندازه دانه‌های رسوبات زیر سطحی و

1 - Diplas, 1992

2 - Simons & Senturk, 1992

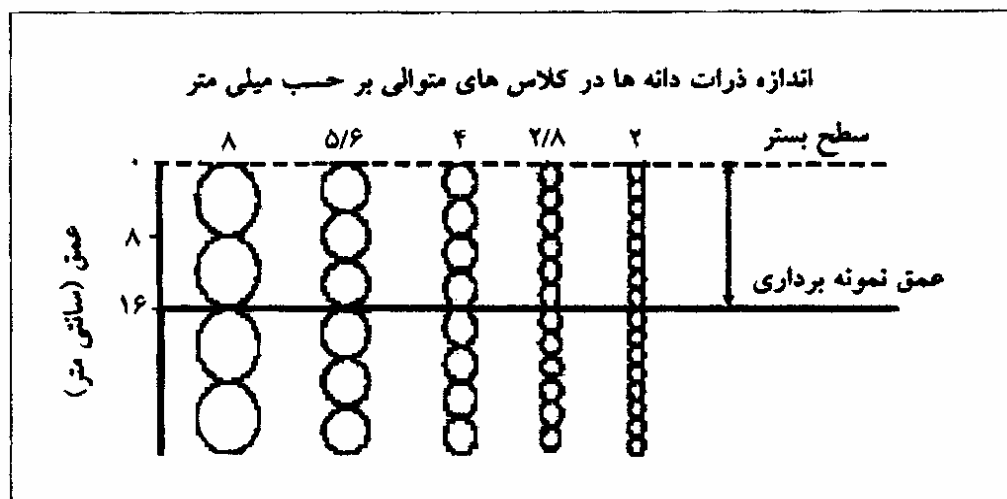
زیر محافظ اساساً یکسان بوده بنابراین واژه زیر سطحی اغلب، هم برای رسوبات لایه محافظ و هم زیر سطح به کار می‌رود. اندازه رسوبات زیر سطحی توسط منبع تغذیه رسوبات ریزدانه به رودخانه کنترل می‌شود. برای نمونه برداری از رسوبات زیر سطحی و یا زیر لایه محافظ، ابتدا باید رسوبات سطحی یا لایه محافظ برداشته شوند. این موضوع، توسط برداشت نمونه سطحی که دانه‌های زیر سطحی را شامل می‌شوند و یا توسط نمونه لایه محافظ حجمی که لایه زیر محافظ را نیز در بر می‌گیرد، قابل انجام است. رسوبات رویی باید کاملاً برداشته شده تا بتوان از مخلوط شدن رسوبات با رسوبات زیر سطحی و زیر لایه محافظ جلوگیری کرد.

در این رابطه، چرچ<sup>۱</sup> ۱۹۸۷ پیشنهاد می‌کند که لایه محافظ تا کف که مربوط به بزرگ‌ترین دانه در ناحیه نمونه برداری است، برداشته شود.

نمونه‌های مواد بستر غیر لایه‌بندی شده حجمی، شامل لایه محافظ و زیر محافظ یا رسوبات سطحی و زیر سطحی می‌شوند. نمونه‌های مواد بستر غیر لایه‌بندی شده، فقط زمانی که مواد بستر غیر لایه‌بندی شده باشند، مفید است.

عمق نمونه برداری رسوبات غیر لایه‌بندی شده معمولاً حد پایین ندارد. بنابراین این امکان وجود دارد که عمق نمونه برداری نمونه به اندازه کافی برای جلوگیری از ورود نمونه‌های درشت و عمیق در نظر گرفته شود. معیارهای زیر برای محاسبه عمق نمونه ارائه شده است.

برای سطوح بستر درشت با  $D_{max}$  در حد قلوه سنگ، دیپلاس و فریپ<sup>۲</sup> و سیمونز و سنتورک پیشنهاد می‌نمایند که عمق نمونه‌گیری رسوبات لایه‌بندی شده، حداقل ۲ برابر  $D_{max}$  باشد (شکل ۳-۱۴).



شکل ۳-۱۴ - ته‌نشست ایده‌آل رسوبات یه منظور حداقل عمق نمونه برداری

1 - Church, 1987

2 - Diplas - Fripp, et al 1992

برای رسوبات ریزدانه ضریب ۲ باید افزایش یابد. به عنوان مثال، ضرایب ۲، ۳، ۴ و ۵ می‌توانند برای دانه‌های ۲۵۶، ۶۴، ۱۶ و ۴ میلی‌متر به ترتیب انتخاب شوند. تابع همبستگی زیر این معیار را نشان می‌دهد:

$$d_{s \min} = 0.71 D_{\max}^{0.78} \quad (10-3)$$

تابع همبستگی دیگری نیز بر اساس کوچک‌ترین حاصلضرب مشترک قطر دانه‌ها پیشنهاد شده که توصیه می‌گردد برای شن درشت و متوسط از آن استفاده نشود.

$$d_{s \min} = 0.48 D_{\max}^{2/1} \quad (11-3)$$

نمودار ۳-۲ این روابط را نشان می‌دهد.

### ۳-۴ تناوب زمانی نمونه‌برداری رسوب

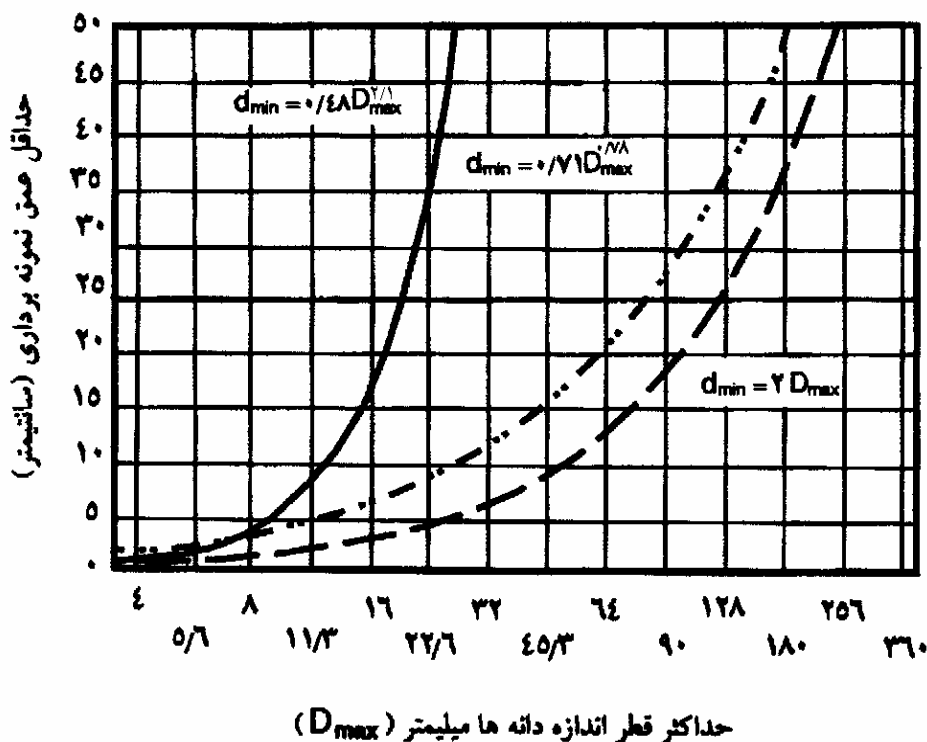
چه زمانی باید به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری در رودخانه اقدام نمود؟ حداکثر فاصله زمانی اندازه‌گیری و نمونه‌برداری از رسوبات با حفظ معنی‌دار بودن آن چگونه می‌باشد؟ فواصل زمانی اندازه‌گیری و نمونه‌برداری طی دوره وقوع سیلاب چقدر باید باشد؟ پاسخ به چنین سؤالاتی که اهمیت آنها کمتر از ارزش روش اندازه‌گیری و نمونه‌برداری نمی‌باشد، برای متصدیان که جمع‌آوری داده‌های یک رودخانه را برای یک دوره طولانی به عهده داشته‌اند، ساده و به طور نسبی دقیق می‌باشد، زیرا آنها مشخصه‌های آبی و رسوبی رودخانه را کاملاً شناخته و دید تجربی کافی از رودخانه مورد مطالعه را کسب کرده‌اند و به سهولت می‌توانند نیازها را تشخیص دهند. لیکن اغلب افراد، چنین اطلاعات و تجاربی را در دسترس نداشته و شرایط رودخانه را به درستی نمی‌توانند درک نمایند. بنابراین در شروع کار، باید جدول اطلاعات ایستگاهها و آبنگاههای سیلابهای رودخانه مورد بررسی را در اختیار متصدیان تازه کار قرار داد.

تغییر در بار رسوبی رودخانه غالباً به دلیل تغییر در عوامل زیر به وجود می‌آید:

- مشخصه‌های رگبار،
  - اندازه، شکل و وضعیت توپوگرافیکی حوضه آبریز، مشخصه‌های هندسی رودخانه.
- با توجه به این عوامل، تعیین فواصل زمانی اندازه‌گیری و نمونه‌برداری از نظر دقت مورد نیاز اطلاعات، کار چندان ساده‌ای نیست.

در اغلب رودخانه‌ها، حدود ۷۰ تا ۹۰ درصد بار رسوبی سالانه در هنگام فصل بهار حادث شده و برای بعضی از رودخانه‌ها، مهم‌ترین قسمت بار رسوبی سالانه، طی دوره رگبارهای تابستانه یا زمستانه اتفاق می‌افتد. بنابراین تواتر اندازه‌گیری و نمونه‌برداری رسوبات طی این دوره‌ها، باید بیشتر از مواقع عادی باشد. در بعضی از بازه‌های زمانی این دوره‌های بحرانی، برای تعریف دقیق تغییرات غلظت رسوبات، نمونه‌برداری ساعتی مورد نیاز می‌باشد. در سایر بازه‌های زمانی سال، تواتر اندازه‌گیری و

نمونه‌برداری می‌تواند به صورت روزانه یا حتی هفتگی برای شناخت دقیق غلظت در نظر گرفته شود. طوفانها و رگبارهای شدید تابستانه، به نمونه‌برداری متناوب در بازه‌های زمانی کوتاه نیاز دارند. رودخانه‌های با دوره‌های طولانی جریان کم یا متوسط در طی هر رگبار باید مرتباً اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شوند، زیرا غالب رسوبات سالانه در طی این حوادث اتفاق می‌افتد.



### نمودار ۳-۲- روابط و نمودارهای مربوط به حداقل عمق نمونه‌برداری در مواد غیر لایه‌بندی شده

در طی یک دوره طولانی جریان ثابت یا با تغییرات اندک، تغییر غلظت و بار رسوبی نیز اندک می‌باشد بنابراین نمونه‌برداری، هر دو سه روز، یک بار کفایت می‌نماید. در بعضی از رودخانه‌ها، هفته‌ای یک بار نیز کافی به نظر می‌رسد. چند بار نمونه‌برداری در روز، ممکن است به منظور تعریف نوسانات روزانه غلظت که در اثر نوسانات تراز سطح آب به وجود می‌آید، مورد نیاز باشد.

در زمان وقوع سیلاب، شکل آبنگار، شاخص مناسبی برای تعیین بازه‌های زمانی اندازه‌گیری و نمونه‌برداری رسوب رودخانه می‌باشد. برای شاخه بالارونده آبنگار، فاصله زمانی نمونه‌برداری ۳۰ دقیقه تا ۱۲ ساعت توصیه شده است. چنانچه دوره وقوع اوج یک روز یا بیشتر به طول انجامد، نمونه‌برداری هر چند ساعت یک بار مورد نیاز خواهد بود.

برای شاخه پایین‌رونده، فاصله زمانی نمونه‌برداری ۲ تا ۲۴ ساعت توصیه شده است. به طور کلی پوشش کافی، زمانی حاصل می‌شود که نمونه‌گیری مربوط به شاخه صعودی، چهار برابر تعداد نمونه‌برداری در بخش نزولی باشد. برای مثال اگر در

طول دوره نزول سطح آب، هر ۲ ساعت یک بار نمونه‌برداری شود، در قسمت صعودی باید هر ۵/۰ ساعت یک بار نمونه‌برداری انجام گردد.

در بعضی از رودخانه‌های بزرگ، به دلیل اینکه رسوبات رودخانه‌ای دارای منشأ موضعی و محلی می‌باشند، حداکثر غلظت رسوبات یک روز یا بیشتر قبل از بده حداکثر جریان اتفاق می‌افتد، در این مواقع، تناوب نمونه‌برداری و اندازه‌گیری، به طور منطقی باید قبل از وقوع بده حداکثر سیلاب بیشتر باشد.

رودخانه‌های بی دوام<sup>۱</sup> و متوسط<sup>۲</sup> معمولاً به گونه‌ای می‌باشند که در آنها تراز سطح آب به طور ناگهانی و در عرض چند دقیقه یا چند ساعت، از صفر به حداکثر افزایش پیدا می‌کند و فرد متصدی برای نمونه‌برداری غالباً از زمان وقوع چنین حادثه‌ای اطلاع ندارد. همچنین در رودخانه‌های با حوضه متنوع از دیدگاه خاک‌شناسی و زمین‌شناسی و با بارندگیهای با توزیعهای مختلف، برنامه‌های زمانی از پیش تعیین شده و صلبی را نمی‌توان برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صحرائی تهیه و تدوین کرد.

### ۵-۳ توزیع مکانی نمونه‌برداری رسوب

کیفیت کلی مطالعات رسوبی، مشروط به اطلاعات به دست آمده از نمونه‌برداریها و اندازه‌گیریها می‌باشد. خطاها در نمونه‌گیری، باعث کاهش دقت در مطالعات می‌شود. هدف از عملیات صحرائی، به دست آوردن نمونه‌هایی از محدوده مورد مطالعه با هدف پوشش کل منطقه می‌باشد. حجم نمونه باید به اندازه‌ای کوچک باشد تا به راحتی قابل حمل بوده و از سوی دیگر جوابگوی دقت مورد نیاز نیز باشد. کیفیت فرآیند نمونه‌گیری رسوب و آنالیز آن به موارد زیر بستگی دارد:

- انتخاب مکانهای مناسب برای نمونه‌برداری در محدوده طرح،
- جمع‌آوری نمونه‌های کافی در هر مکان نمونه‌برداری،
- استفاده از روشهای نمونه‌برداری مناسب،
- حفاظت از نمونه‌ها در طی دوره ذخیره سازی، و
- انعطاف پذیری برنامه نمونه‌برداری.

مکانهای انتخابی در سطح محدوده طرح باید خوب توزیع شده باشند و معرف شرایط متوسط سالانه حاکم هیدرولیکی و ریخت‌شناسی باشند. بعضی از ملاحظات در این رابطه عبارتند از:

- مکان نمونه‌برداری در یک بازه مستقیم قرار داشته باشد،
- مکان نمونه‌برداری در یک مقطع پایدار (بدون فرسایش و بدون رسوبگذاری) قرار داشته باشد،
- توپوگرافی بستر یکنواخت باشد،
- توزیع سرعت در محل نمونه‌برداری منظم باشد (خطوط جریان واگرا و همگرا و گردابه‌های جریان در آن محل وجود نداشته باشد)،
- در مکانی عمود بر جهت اصلی جریان قرار داشته باشد،

---

1 - Ephemeral River  
2 - Intermittent River



- مشخصه‌های موج یکنواخت در مکان غالب باشد،
- محل نمونه‌برداری به قدر کافی به نسبت ابعاد ابزار نمونه‌برداری عمیق باشد،
- محل نمونه‌برداری قابل دسترسی و بدون موانع مصنوعی یا طبیعی باشد (درختها، پلها، پایه‌ها)،
- محل نمونه‌برداری دارای ابعاد هندسی خوب تعریف شده باشد (عمق موضعی، عرض و موقعیت)،
- محل نمونه‌برداری رسوب باید در بازه‌ای انتخاب شود که ایستگاه آب‌سنجی درجه ۱، ۲ و یا تا حد امکان درجه ۳ وجود داشته باشد تا بتوان از آمار ثبت شده گذشته و جدید، استفاده لازم را به عمل آورد.

### ۳-۵-۱ توزیع مکانی نمونه‌برداری رسوب بار معلق

بار کل رسوبی شامل بار مواد بستر و بار شسته است، و مواد بستر، قابل تقسیم به بار کف و بار معلق می‌باشند. بارشسته شامل ذرات رسوبی کمتر از ۶۲ میکرون است، ذرات خیلی ریز، معمولاً در تمام مقطع عرضی به صورت یکنواخت توزیع می‌شوند. بده رسوب بار شسته به سادگی با حاصل ضرب بده جریان و غلظت قابل تعیین می‌باشد. از آنجایی که غلظت تقریباً در مقطع عرضی ثابت می‌باشد، تعداد نمونه‌ها را می‌توان به چند نمونه محدود نمود. معمولاً نمونه‌برداری از نقاط مرجعی که برای کل مقطع به صورت معرف می‌باشند، انجام می‌شود. این نمونه‌برداریها به طور منظم کنترل می‌شوند (فصل خشک و تر، بده کم و زیاد).

بده رسوبی دانه‌های معلق بزرگ‌تر از ۶۲ میکرون، معمولاً با نمونه‌برداری در عمق و عرض رودخانه اندازه‌گیری می‌شود. دقت اندازه‌گیری بار رسوبی معلق به موارد زیر بستگی بستگی دارد:

### ۳-۵-۱-۱ توزیع مکانی نقاط در عمق

میزان حمل بار رسوب معلق تجمعی در واحد عرض، در صورت استفاده از روش نمونه‌برداری نقطه ای، به صورت معادله زیر قابل تعیین است:

$$S = \sum_{i=1}^K (U_i C_i \Delta z_i) + \varepsilon \quad (3-12)$$

در این رابطه:

$$S = \text{بار رسوبی معلق}$$

$$U_i = \text{سرعت در ارتفاع } Z \text{ (نقطه } i \text{ بالای بستر،}$$

$$C_i = \text{غلظت در ارتفاع } Z \text{ (نقطه } i \text{ بالای بستر،}$$

$$\Delta Z_i = \text{افزایش ارتفاع در امتداد محور قائم } i \text{ (} \Delta = Z_i - Z_{i-1} \text{)}$$

$$\varepsilon = \text{خطای درون‌یابی،}$$

$$K = \text{تعداد نقاط اندازه‌گیری در عمق.}$$

از دیدگاه ریاضی، خطای درون‌یابی مربوط، با افزایش نقاط نمونه‌برداری در عمق کاهش می‌یابد.

$$(\varepsilon \rightarrow 0 \quad K \rightarrow \infty)$$

مقدار این خطا به تعداد و توزیع این نقاط در عمق بستگی دارد. از آنجایی که غلظت رسوب در نزدیکی بستر، بیشتر از سایر قسمتها می باشد، خطای درون یابی را می توان با افزایش تعداد نقاط اندازه گیری در نزدیک بستر، کاهش داد. با فرض اینکه متغیرهای  $U$ ,  $C$  و  $\Delta Z$  متغیرهای تصادفی مستقل با یک توزیع گوس هستند، خطای نسبی حمل رسوبات جمعی معلق را می توان به صورت زیر برآورد کرد:

$$\left(\frac{\sigma_S}{S}\right)^2 = \frac{1}{k} \left[ \left(\frac{\sigma_U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_C}{C}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta Z}}{\Delta Z}\right)^2 \right] + (\varepsilon_{rel})^2 \quad (13-3)$$

که در آن:  $\sigma =$  معرف انحراف معیار، و  $\varepsilon_{rel} = \frac{\varepsilon}{S}$  می باشد.

با فرض دوره متوسط زمانی ۲ تا ۳ دقیقه، انحراف معیار نسبی<sup>۱</sup> سرعتهای موضعی جریان در حدود  $\frac{\sigma_U}{U} = 0/1$  می باشد.

انحراف معیار نسبی غلظت رسوبات مخصوصاً در نزدیکی بستر، نسبتاً بزرگ خواهد بود. این مقادیر برابرند با  $\frac{\sigma_C}{C} = 0/3$  به

$$\text{طور مشابه } \frac{\sigma_{\Delta Z}}{\Delta Z} = 0/3.$$

خطای درون یابی نسبی<sup>۲</sup>  $\varepsilon_{rel} = \frac{\varepsilon}{S}$  از نتایج اندازه گیری صحرایی و فلوم آزمایشگاهی تعیین شده است. با استفاده از فلوم

بارتون و لین<sup>۳</sup>، و در یکی از این آزمایشها با مشخصات عمومی عمق (متر)  $h = 0/19$ ، سرعت متوسط (متر بر ثانیه)  $u = 0/91$  و

اندازه متوسط رسوبات (میکرومتر)  $d_{50} = 180$ ، سرعتهای جریان و غلظتهای رسوبی در ۱۴ نقطه در امتداد عمق بین  $0/01h$  تا

$0/9h$  اندازه گیری شده اند. بر اساس این مقادیر، حمل رسوب معلق عمقی، جمعی محاسبه شده است. غلظتهای رسوبی در

نواحی اندازه گیری نشده نزدیک بستر، با برازش یک منحنی تئوریک بر اساس مقادیر پایین ترین<sup>۳</sup> نقطه اندازه گیری شده،

محاسبه می گردد. حمل رسوب محاسبه شده (بر اساس ۱۴ نقطه) با حمل رسوب واقعی تطبیق داده می شود. خطای درون یابی

نسبی برای ۱۴ نقطه، صفر فرض شده و این محاسبات، با استفاده از دو الگوی A و B برای توزیع نقاط در عمق و برای

$K = 4, 5, 7, 9, 11$  نقطه به صورت زیر تکرار شده اند:

$$A \text{ الگوی } Z = 0/01 h, 0/05 h, 0/1 h, \dots, 0/9 h$$

$$B \text{ الگوی } Z = 0/05 h, 0/1 h, 0/25 h, \dots, 0/9 h$$

حمل رسوب برای  $K = 4, 5, 7, 9, 11$  نقطه محاسبه و با حمل واقعی رسوب  $K = 14$  نقطه برای تعیین خطای نسبی

( $\varepsilon_{rel}$ ) مقایسه شده اند. جدول ۳-۵ این مقایسه را نشان می دهد (بارتون و لین).

1 - Relative Standard deviation  
2 - Relative Interpolation Error  
3 - Barton and Lin 1955

جدول ۳-۵- خطای درون‌یابی نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق

( + = برآورد دست بالا و - = برآورد دست پایین )

خطای درون‌یابی نسبی ( $\epsilon_{rel}$ )		تعداد نقاط ارتفاعی K
الگوی A	الگوی B	
%۰	%۰	۱۴
%+ ۰/۵	%- ۸/۳	۱۱
%+ ۱/۱	%- ۷/۹	۹
%+ ۱/۲	%- ۸/۴	۷
%+ ۴/۰	%- ۹/۰	۵
%+ ۱۱	%- ۱۰	۴

آنالیز مشابهی برای شرایط صحرایی (عمق آب معادل ۱۶ متر) انجام شده است. با استفاده از اندازه‌گیری در محدوده  $z=0/03h-0/9h$  و بر اساس الگوهای  $K=۲$  تا  $K=۱۰$  نقطه‌ای (حمل واقعی رسوب بر مبنای  $K=۱۰$  نقطه فرض و محاسبه می‌گردد) حمل رسوب، محاسبه و خطای درون‌یابی نسبی تعیین می‌شود. جدول ۳-۶ این مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۶- خطای درون‌یابی نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق [Rijkswaterstaat, 1980]

خطای درون‌یابی نسبی ( $\epsilon_{rel}$ )	تعداد نقاط
%۰	۱۰
%۴/۱	۹
%۵/۲	۸
%۶/۵	۷
%۶/۳	۶
%۱۴/۷	۵
%۱۵/۱	۴
%۱۶/۱	۳
%۲۶/۱	۲

خطای نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق، از معادله (۳-۱۳) تعیین می‌شود. با فرض:

$$\varepsilon_{rel} \geq 0/1, \varepsilon_{rel} \leq 0/15, \frac{\sigma_{\Delta z}}{\Delta z} = 0/3, \frac{\sigma_C}{C} = 0/3, \frac{\sigma_U}{U} = 0/1 \quad (۳-۱۴)$$

برای  $K = 4$  تا  $K = 10$  نقطه مقدار  $\frac{\sigma_S}{S}$  محاسبه و نتایج در جدول ۳-۷ نشان داده شده است.

این نتایج در نمودار (۳-۳) نیز نشان داده شده است. بر پایه این نتایج، حداکثر خطای نسبی برای حمل رسوب تجمعی در

عمق برای ۶ نقطه اندازه‌گیری ۲۰٪ می‌باشد. توزیع زیر، برای نقاط اندازه‌گیری در عمق پیشنهاد می‌شود:

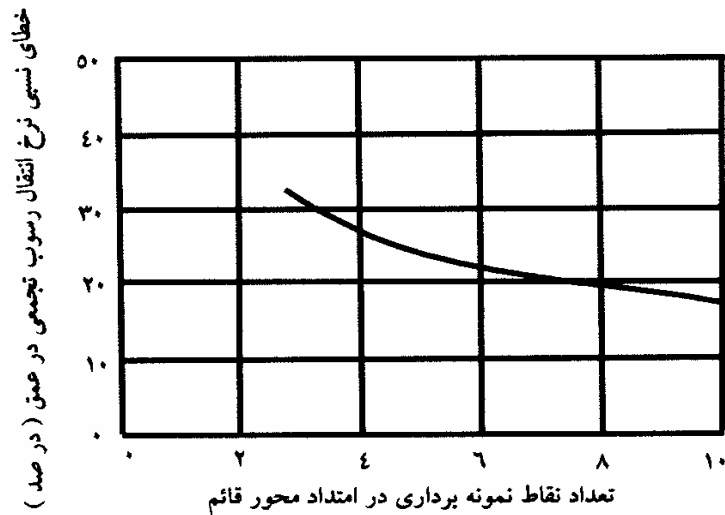
$$Z = 0/01 h, 0/05 h, 0/1 h, 0/25 h, 0/5 h, 0/9 h$$

### جدول ۳-۷ - خطای نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق [Rijkswaterstaat, 1980]

خطای نسبی حمل رسوب تجمعی $\frac{\sigma_S}{S}$	تعداد نقاط در عمق
٪۱۷	۱۰
٪۱۸	۹
٪۱۹	۸
٪۲۱	۷
٪۲۲	۶
٪۲۴	۵
٪۲۷	۴

### ۳-۵-۱-۲ توزیع مکانی محورهای قائم اندازه‌گیری در طول شکل بستر

زمانی که عوارض بستر بزرگ مقیاس مانند تلماسه‌های ماسه‌ای با  $\lambda = 7h$  ( $\lambda$  طول موج تلماسه و  $h$  ارتفاع تلماسه) در کف بستر موجود باشند، خطای حمل رسوب تجمعی در عمق، به موقعیت ایستگاه اندازه‌گیری با در نظر گرفتن تاج تلماسه‌ها بستگی دارد. برای کاهش خطای مرتبط با این اثر، اندازه‌گیریها باید در حداقل ۵ محور قائم با فواصل مساوی در طول شکل بستر انجام شود. اطلاعات کافی از خطای مرتبط با حمل رسوب معلق، در حال حاضر وجود ندارد.



نمودار ۳-۳- تعداد نقاط نمونه برداری در امتداد محور قائم (عمق)

۳-۱-۵-۳ توزیع مکانی محورهای قائم در امتداد عرض (سطح مقطع)

حمل رسوب معلق تجمعی در امتداد عرض و عمق  $S$ ، به صورت معادله زیر می باشد:

$$S = \sum_{i=1}^m (s_i \Delta b_i) + \delta \quad (15-3)$$

که در آن:

$s_i$  = حمل رسوب تجمعی در عمق در جز مقطع،

$\Delta b_i$  = عرض جز مقطع  $i$ ،

$m$  = تعداد جز مقاطع در جهت جانبی،

$\delta$  = خطای درون یابی ( $m \rightarrow \infty$  برای  $\delta \rightarrow 0$ )

خطای درون یابی نسبی، به تعداد محورهای قائم و همچنین توزیع محورهای قائم در امتداد مقطع عرضی بستگی دارد. در این تحلیل فواصل مساوی بین محورهای قائم فرض شده اند. در روشهای دیگر، مساحت‌های مساوی یا بدهای برابر برای هر مقطع جزئی در نظر گرفته می شوند. روش اخیر، کاربرد کمتری دارد زیرا در این روش توزیع سرعت جانبی باید مشخص باشد. زمانی که فقط چند محور قائم در یک مقطع عرضی نامنظم عریض انتخاب می شوند، بهتر است مکانهای شاخص در عمیق ترین معابر، جاهایی که سرعتها حداکثر می باشند، انتخاب گردند.

با فرض اینکه متغیرهای  $s$  و  $\Delta b$  متغیرهای تصادفی با توزیع نرمال گوس باشند، خطای نسبی حمل رسوب معلق (S) توسط رابطه زیر قابل تخمین است:

$$\left(\frac{\sigma_s}{s}\right)^2 = \frac{1}{m} \left[ \left(\frac{\sigma_s}{s}\right)^2 + \left(\frac{\sigma \Delta b}{\Delta b}\right)^2 \right] + (\delta_{rel})^2 \quad (3-16)$$

براساس نتایج ارائه شده در نمودار (3-3)، خطای نسبی حمل رسوب تجمعی در عمق و در واحد عرض برای الگوی ۶ نقطه در امتداد عمق در حدود  $\frac{\sigma_s}{s} = 0/2$  می‌باشد، خطای نسبی عرض هر مقطع جانبی، در حدود  $\frac{\sigma \Delta b}{\Delta b} = 0/05$  تخمین زده می‌شود. یک تخمین از خطای درون‌یابی نسبی ( $\delta_{rel} = \frac{\delta}{s}$ ) با استفاده از یک فرمول برای محاسبه حمل رسوب در محورهای قائم مختلف در یک مقطع عریض نامنظم شامل ۲ معبر اصلی با عمق ۴ متر (که توسط یک قسمت باریک‌تر که به عمق ۲ متر جدا شده) صورت گرفته است. عرض کل مقطع ۵۰۰ متر و (میکرومتر)  $d_{50} = 400$ ، (متر بر ثانیه)  $\bar{U} = 1$  جمع کل تعداد محورهای قائم از ۴ تا ۲۰ (با فواصل مساوی بین محورهای قائم) متغیر است. فرض می‌شود که حمل واقعی برای ۲۰ محور قائم در کل مقطع حاصل می‌گردد. جدول ۳-۸ مقادیر این تخمین را نشان می‌دهد.

### جدول ۳-۸ - خطای درون‌یابی نسبی مقطع در حمل تجمعی رسوب (سطح مقطع)

(+ = برآورد دست بالا و - = برآورد دست پایین)

خطای درون‌یابی نسبی مقطع در حمل تجمعی رسوب $\delta_{rel}$	تعداد محورهای قائم m
۰	۲۰
٪-۱	۱۸
٪-۲	۱۶
٪+ ۵	۱۴
٪-۵	۱۲
٪+ ۱۱	۱۰
٪-۱۰	۸
٪+۱۷	۶
٪-۲۰	۴

خطای نسبی حمل رسوب تجمعی را می‌توان از معادله (۳-۱۶) با توجه به مقادیر  $\frac{\sigma_s}{s} = 0/2$  ،  $\frac{\sigma_{\Delta b}}{\Delta b} = 0/05$  ،  $\delta_{rel} = 0/02$  تا  $\delta_{rel} = 0/05$  و برای تعداد محورهای قائم بین ۴ تا ۲۰ برآورد نمود. نتایج در جدول ۳-۹ و نمودار ۳-۴ نشان داده شده‌اند. بوناچی<sup>۱</sup> یک مدل شبیه‌سازی عددی را برای تعیین خطای نسبی  $\frac{\sigma_s}{s}$  در رابطه با تعداد محورهای قائم به کار برده است. نتایج این تحقیق در نمودار (۳-۵) نشان داده شده است.

روش ارائه شده توسط (USGS (1988 در نمودار (۳-۶) نشان داده شده است. در این روش، محاسبه خطای استاندارد نسبی بر اساس دو عامل محورهای قائم نمونه‌برداری و شاخص  $(V = \frac{V^2}{D})$  متوسط سرعت عمقی برحسب (فوت بر ثانیه) و D عمق آب بر حسب (فوت) صورت می‌پذیرد. مثلاً بر اساس شاخص  $\frac{V^2}{D} = 2$  با تعداد ۷ محور قائم برای یک نمونه مواد بستر ۱۰۰٪ ماسه‌ای، خطای نسبی استاندارد قابل قبول ۱۵٪ می‌باشد.

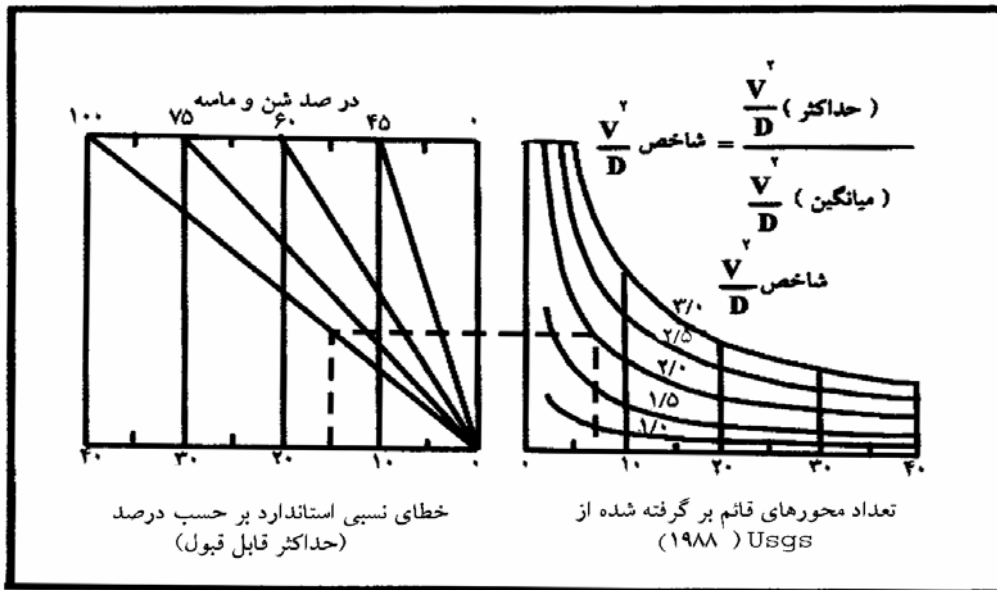
جدول (۳-۹) و نمودار (۳-۴) خطای نسبی حمل رسوب تجمعی و تعداد محورهای قائم در مقطع را برای این مثال نشان می‌دهد.

جدول ۳-۹ - خطای نسبی حمل رسوب تجمعی در مقطع

تعداد محورهای قائم m	خطای نسبی حمل رسوب تجمعی $\frac{\sigma_s}{s}$
۲۰	۵٪
۱۸	۷٪
۱۶	۸٪
۱۴	۸٪
۱۲	۹٪
۱۰	۱۲٪
۸	۱۳٪
۶	۱۷٪
۴	۲۳٪

جمع کل تعداد محورهای قائم انتخاب شده، باید به گونه‌ای باشد که جمع کل زمان مورد نیاز اندازه‌گیری در مقایسه با دوره سیلاب رودخانه نسبتاً کوچک باشد (ولی باید تقریباً ثابت باشد). در شرایط سیلاب تند، ممکن است مشکلاتی در اندازه‌گیری پیش آید، بنابراین بین دقت و زمان اندازه‌گیری باید یک سازگاری در نظر گرفته شود.

1 - Bonacci 1981  
2 - Flash Flood



### نمودار ۳-۴- محاسبه خطای نسبی تعداد محورهای قائم در مقطع بر اساس روش USGS

#### ۳-۵-۲ توزیع مکانی اندازه‌گیری برای حمل رسوب بار کف

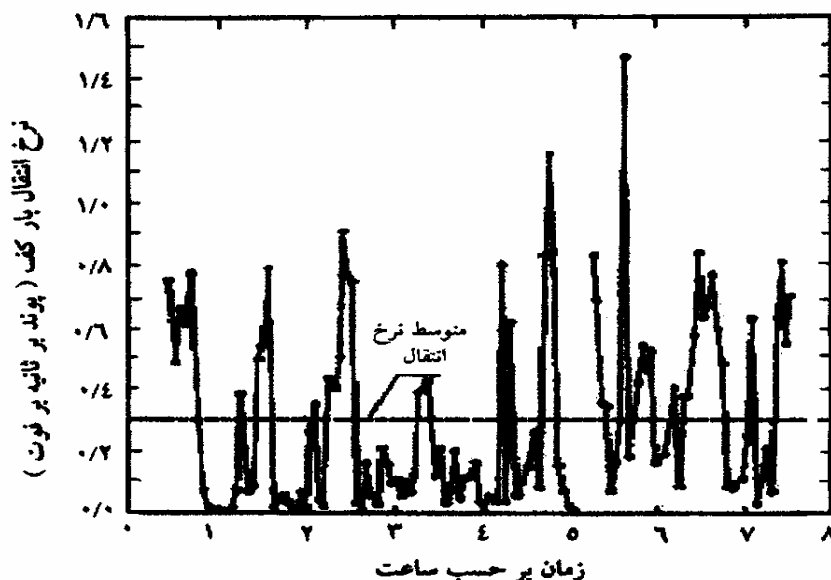
مسایل نمونه‌گیری مربوط به تغییرات فرآیندهای فیزیکی، در مبحث بار کف عبارتند از:

- زمان نمونه‌برداری از هر مقطع اندازه‌گیری،
- توزیع مکانی اندازه‌گیری در طول شکل بستر،
- تعداد اندازه‌گیریها در هر مکان،
- توزیع مکانی اندازه‌گیری در عرض مقطع.

همان طور که از نمودار (۳-۵) مشخص است، تغییرات نرخ حمل رسوبات در کف در یک مکان و با یک شکل بستر، نسبت به متوسط نرخ حمل رسوبات بارکف بسیار زیاد می‌باشد (بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد). باید با توجه به عوارض بستر، مکانهای مختلف و متعددی با فاصله‌های تقریباً مساوی انتخاب کرده و نمونه‌های زیادی در هر مکان برداشته شود. لازم به یاد آوری است که قبل از اندازه‌گیری، باید با استفاده از اکوساندینگ<sup>۲</sup> به طور دوره‌ای، از تغییرات عوارض بستر شناخت حاصل گردد. اغلب، مکان نمونه‌برداری به دلیل اینکه نمونه‌بردار از روی یک پل یا قایق غیرمتحرک مورد استفاده قرار می‌گیرد، ثابت می‌باشد. در این حالت، تعیین دقیق حمل رسوب متوسط، به نمونه‌گیری متوالی در طی یک دوره زمانی مناسب نیاز داشته و بدین ترتیب، تغییرات شکل و عوارض بستر از مکان نمونه‌برداری (مهاجرت یا تغییر شکل بستر) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

1 - Bed form  
2 - Echosounding





نمودار ۳-۵- تغییرات حمل رسوب کف رو در یک مکان (Carey 1985)

از مقادیر اندازه‌گیری شده در طول یک دوره مهاجرت تلماسه‌های بستر (تغییر شکل عوارض) جهت نیل به حداقل خطا باید متوسط‌گیری شود. توسط آزمایشگاه هیدرولیک دلفت در خلال سالهای ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۲ اندازه‌گیریهای بار کف در رودخانه وال<sup>۱</sup> در هلند را انجام شده است؛ در این تحقیق با در نظر گرفتن عوارض بستر، تعداد نمونه مورد نیاز برای دستیابی به حداقل خطا در برآورد نرخ حمل متوسط رسوب پیشنهاد شده است. جدول (۳-۱۰) نشان‌دهنده ضریب تغییرات، در رابطه با تعداد نمونه‌ها می‌باشد.

جدول ۳-۱۰- ضریب تغییرات حمل متوسط رسوبات کف رو [Delft Hydraulics, 1992]

تعداد نمونه‌ها N	ضریب تغییرات حمل متوسط رسوبات VC
۱۰	۰/۳۰
۲۰	۰/۲۵
۳۰	۰/۲
۴۰	۰/۱۵
۵۰	۰/۱

ضریب تغییرات به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$vc = \frac{\sigma}{\mu\sqrt{N}} \quad (۳-۱۷)$$

که در آن:

$\sigma$  = انحراف معیار حمل رسوب اندازه‌گیری شده (N نمونه)،

$\mu$  = مقدار متوسط حمل رسوب اندازه‌گیری شده (N نمونه).

توصیه می‌شود که حداقل ۵ نقطه به فاصله‌های مساوی در امتداد شکل بستر و ۱۰ نمونه در هر مکان جمعاً به میزان ۵۰ نمونه انتخاب گردد. همه اندازه‌گیریها باید به منظور حمل رسوب متوسط، متوسط‌گیری شوند.

خطای حمل رسوب متوسط در حدود ۱۰٪ خواهد بود (جدول ۳-۸) و حمل رسوب متوسط بر مبنای ۵۰ نمونه در حدود مابین ۱۰٪  $\pm$  از مقدار متوسط واقعی می‌باشد. در هر مکان، پروفیل سرعت باید اندازه‌گیری شود تا بتوان سرعت عمق متوسط ( $\bar{u}$ ) سرعت برشی بستر \* u و ارتفاع زبری کف ( $k_s$ ) را تعیین کرد.

تعداد مکانهای اندازه‌گیری (فاصله مساوی) در یک سطح مقطع به طور عمده به خطای درون‌یابی بستگی دارد. با توجه به نمودارهای (۳-۳) و (۳-۴) و با پذیرش خطای درون‌یابی نسبی معادل ۱۵٪، حداقل ۷ مکان در مقطع مورد نیاز است. در هر مکان نیز، تقریباً ۵۰ نمونه باید گرفته شود تا خطای نسبی ۱۰٪ در حمل رسوبات به دست آید (جدول ۳-۱۰). بنابراین، در حدود  $350 = 7 \times 50$  نمونه برای بدست آوردن خطای نسبی کلی  $\approx 20\% = (15^2 + 10^2)^{0/5}$  به منظور تعیین نرخ حمل رسوب کف لازم است.

تعداد نمونه‌ها (شامل تغییر دادن موقعیت قایق و غیره)، که قابل جمع‌آوری در طول یک روز می‌باشد، در حدود ۵۰ نمونه است. بنابراین برای تکمیل یک مقطع، مدت ۷ روز نیاز است.

کاهش حجم اندازه‌گیری، باعث کاهش دقت در نتایج اندازه‌گیری خواهد شد. برای مثال، با در نظر گرفتن ۳ مکان در طول شکل بستر با ۵ نمونه در هر مکان و ۷ مکان در امتداد عرض مقطع  $105 = 3 \times 5 \times 7$  نمونه را نتیجه می‌دهد که قابل جمع‌آوری در طول ۲ روز است. عدم دقت نسبی نرخ حمل رسوب موضعی (بر اساس نمونه  $15 = 3 \times 5$ ) در حدود ۳۰٪ خواهد بود (جدول ۳-۱۰). خطای نسبی کلی حمل رسوب کف رو تجمعی در مقطع، در حدود  $\approx 35\% = (30^2 + 15^2)^{0/5}$  برآورد می‌گردد (۱۵٪ مربوط به خطای درون‌یابی نسبی حداقل ۷ مکان در مقطع می‌باشد).

## ۴- نمونه برداری و اندازه گیری رسوب در مخزن سد

### ۱-۴ کلیات

رسوبات مخازن سدها و دریاچه‌ها، حاصل تخریب و فرسایش سازندهای آذرین، دگرگونی و رسوبی حوضه‌های آبریز و مسیر رودخانه‌ها است.

تخریب و فرسایش در حوضه‌های آبریز، بر اثر فعالیتهای هوازدگی فیزیکی و شیمیایی سنگها و تشکیلات موجود در آنها ایجاد می‌گردد. بارندگیهای با شدت زیاد و مدت زمان کوتاه عامل اصلی تولید سیلاب در حوضه‌های آبریز و مسیر رودخانه‌ها بوده و بر اثر ایجاد سیلاب مقادیر زیادی از مواد و مصالح رسوبی درشت و ریزدانه از قبیل قطعه سنگ، قلوه سنگ، شن، ماسه، سیلت و رس از حوضه جدا شده و به همراه جریان آب در مسیر رودخانه منتقل می‌شوند. بر اثر احداث سدهای مخزنی، بخش اعظم این رسوبات به دریاچه پشت سد وارد شده و با توجه به قوانین هیدرودینامیکی حاکم در مخزن و فعالیت دریاچه‌های بدنه سد در آن ته‌نشین می‌شود. رسوبات دانه‌درشت در اندازه قلوه سنگ و شن، عموماً در مدخل ورودی رودخانه به مخزن ترسیب می‌گردند. به دلیل آنکه با ورود رودخانه به مخزن سرعت جریان آن کاهش می‌یابد، بار معلق نیز به صورت جریان غلیظ در طول دریاچه مخزن سد حرکت کرده و به مرور ته‌نشین می‌شود.

به منظور شناخت خواص فیزیکی و شیمیایی رسوبات ته‌نشین شده در مخزن، به انجام مطالعات رسوب‌شناسی نیاز می‌باشد. بنابراین برداشت نمونه‌های رسوبی دست‌خورده و دست‌نخورده و بررسی آزمایشگاهی آنها در مطالعات وضعیت ته‌نشست رسوبات و همچنین تخلیه رسوبات از مخزن به روشهای مختلف، دارای اهمیت به‌سزایی خواهد بود.

مواد رسوبی، در محیطهای مختلف ته‌نشین می‌شوند و در نتیجه برای تجزیه و تحلیل این مواد رسوبی، اهداف متفاوتی مد نظر قرار می‌گیرد. رسوبات در محیطهای مختلف بر اساس اهدافی مانند بررسیهای فیزیکی، شیمیایی، زیست‌محیطی یا شناخت و اندازه‌گیری سموم و عناصر غیر مفید، نمونه‌برداری و جمع‌آوری می‌شوند.

با توجه به خصوصیات ذاتی رسوبات در نمونه‌های مختلف، روشهای متفاوتی برای جمع‌آوری آنها پیشنهاد، ارزیابی و در نهایت انتخاب می‌شود. این انتخاب روش، براساس منطقه یا محل نمونه‌برداری و اهداف نمونه‌برداری، برنامه‌ریزی می‌شود.

به طور کلی، انتخاب بهترین روش نمونه‌برداری و به کارگیری دستگاه مناسب برای انجام عملیات نمونه‌برداری رسوب، به موارد زیر وابسته است:

- هدف از نمونه‌برداری،

- محل یا موقعیت تکوین رسوبات،

- خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیست‌محیطی رسوبات.

پس از تعیین محل نمونه‌برداری و روش آن، برداشت نمونه‌های رسوب به دنبال آن انجام می‌گردد.

در این راهنما، حداقل موارد مورد نیاز برای ارتقای کیفیت و چگونگی نمونه‌برداری رسوب کف مخازن سدها بررسی و پیشنهاد می‌گردد. با توجه به اینکه نمونه‌برداری عموماً در صحرا انجام گرفته و تهیه راهنما و دستورالعمل منطبق با خصوصیات جغرافیایی، اقلیمی و ریخت‌شناسی هر منطقه تا حدودی متفاوت می‌باشد. بنابراین تهیه یک دستورالعمل عمومی که دربرگیرنده

تمامی موارد باشد، کاری بسیار دشوار است. با این وجود، سعی شده است که موارد عمومی و مهمی که در کشورهای پیشرفته نیز رعایت می‌گردد و منطبق بر وضعیت اقلیمی کشور است، در این راهنما ارائه شود.

#### ۲-۴ برنامه‌ریزی و تهیه نقشه‌های عملیاتی نمونه‌برداری رسوبات

نمونه‌برداری مواد و مصالح رسوبی نسبت به نمونه‌برداری آب، نیازمند صرف هزینه بیشتر و بکارگیری نیروی انسانی و تجهیزات فنی پیشرفته‌تری می‌باشد. برنامه نمونه‌برداری رسوبات در محیط‌های مختلف رسوبی مانند مخازن سدها، دریاچه‌ها، مناطق فاضلابی، حوضه‌های آبریز، رودخانه‌ها، دشتهای سیلابی، مردابها و ... قبل از انجام عملیات باید تعیین شده و مورد تصویب مدیریت پروژه قرار گیرد. به منظور برنامه‌ریزی در عملیات نمونه‌برداری، باید موارد زیر در نظر گرفته شود.

#### ۱-۲-۴ توصیف پروژه

در برنامه نمونه‌برداری، شرح مختصری از توصیف پروژه شامل موارد زیر درج می‌شود:

- اهداف نمونه‌برداری رسوب،
- مرور کلی بر اطلاعات، مدارک و گزارشهای مطالعات قبلی رسوبی منطقه و ارزیابی آنها تا حد زیادی در برنامه‌ریزی مطالعات جدید مفید می‌باشد. شرح مختصری از اطلاعات و نتایج مربوط به مطالعات گذشته باید در برنامه جدید نمونه‌برداریها آورده شود. با توجه به نمونه‌برداریهای گذشته و نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی حاصل از آنها، روشهای مختلف نمونه‌برداری، برنامه زمانبندی تحلیلی و کارهای آزمایشگاهی تعیین می‌گردند.
- برنامه نمونه‌برداری به صورت کوتاه مدت یا توسعه دوره‌ای آن،
- مطالعات برنامه‌ریزی شده،
- چگونگی استفاده از اطلاعات نمونه‌های رسوب و نوع کاربرد آن.
- چگونگی استفاده از اطلاعات نمونه‌های رسوبی،
- نتیجه گیری از نمونه‌برداری رسوب،
- شناسایی و تحلیل‌های آزمایشگاهی نمونه‌های رسوب،
- تعیین عوامل مورد استفاده در تحلیل داده‌های رسوبی،
- تعیین تعداد و نوع نمونه‌های رسوبی
- تعیین ایستگاههای مرجع در نمونه‌برداری برای تأمین اهداف پروژه،
- تحلیل‌های آماری در نمونه‌برداری و معیارهای موجود در خطاهای مجاز،
- استانداردها و معیارهای قبلی (زمینه) برای مقایسه نتایج تحلیل داده‌ها،
- تهیه گزارش اطلاعات رسوبی،
- تهیه پرونده اطلاعات رایانه‌ای و نقشه موقعیت محل نمونه‌ها با توجه به اهداف خاص پروژه.

- مواقعی از سال که عملیات نمونه برداری امکان پذیر است، باید در طول فعالیتهای مورد نظر در برنامه، نمونه برداریها مورد توجه و بررسی قرار گیرند. فصلهای کم آبی که جریان رودخانه کاهش یافته و ارتفاع و حجم آب در داخل مخازن سدها به حداقل می رسد، بهترین زمان برای نمونه برداریها است. شرایط مذکور عموماً در فصول تابستان و پاییز ایجاد می گردد و اکثر نمونه برداریها و عملیات صحرایی در این فصلها به انجام می رسد. در فصل زمستان به دلیل برودت و سرمای هوا انجام عملیات در برخی مناطق سردسیر امکان پذیر نبوده ولی در مناطق گرمسیر، این فصل برای عملیات نمونه برداری مناسب می باشد. تغییرات فصلی نشست رسوبات در مخازن سدها و دریاچهها و همچنین کیفیت آنها معمولاً به نوسانات بده ورودی به مخزن و چگونگی فرسایش و تخریب در حوضه آبریز و مسیر رودخانه (بستر و دیواره) وابسته است.

- انتخاب محل، موقعیتهای نمونه برداری یکی از مهم ترین بخشهای برنامه ریزی فرآیند نمونه برداری به حساب می آید. انتخاب محل نمونه برداری باید براساس کیفیت داده ها، اهداف مطالعات و منابع قابل دسترسی انجام گیرد. به منظور انتخاب محل نمونه برداری در آغاز نقشه محدوده مورد مطالعه تعیین گردیده و محل نمونه برداریها روی آن پیاده می شود. براساس این نقشه و با توجه به خصوصیات فیزیکی و یا شیمیایی رسوبات نمونه برداری شده، نقشه های تخصصی بعدی تهیه و ترسیم می گردد.

روش شبکه بندی مخازن سدها برای انجام مطالعات رسوب سنجی و رسوب شناسی و به منظور اندازه گیریهای عمقیابی و نمونه برداری رسوبات بستر انجام می شود. در تعیین نقاط شاخص ساحلی و طراحی شبکه مقاطع عرضی و طولی در مخزن سد، مراحل مختلفی از عملیات نشانه گذاری و نقشه برداری انجام می شود. که در زیر درخصوص آنها توضیحاتی داده می شود.

#### ۴-۲-۲ تعیین محل، تعداد و فواصل پروفیلها (مقاطع) و نمونه های رسوبی

#### ۴-۲-۲-۱ تعیین محل نمونه برداریها

در سامانه شبکه بندی دریاچه مخزن سد، برای انجام عملیات عمقیابی و نمونه برداری رسوبات ته نشین شده در بستر مخزن، با توجه به وضعیت ریخت شناسی بستر و موقعیت شکل محدوده آبرگیر (از نظر ورودی یک یا چند رودخانه به مخزن) سطح دریاچه سد به وسیله خطوط موازی مقطع بندی می شود.

شبکه مقاطع یا پروفیلهای نمونه برداری رسوب باید طوری انتخاب شود که تا حد امکان ریخت شناسی کف مخزن را به خوبی در برگیرد. از این رو، مقاطع موازی را که همچنین عمود بر جریان اصلی می باشند، باید طوری علامت گذاری کرد که از کلیه پستی و بلندیهای کف مخزن عبور کند (در این بخش، بررسی نقشه های توپوگرافی و آبنگار تهیه شده در گذشته نیز کمک مؤثری می کند).

در صورتی که مخزن دارای پیچ و خمهای زیادی باشد، باید آنرا به قطعات کوچک تر تقسیم کرد و مقاطع نمونه برداری محصور در هر قطعه را به طور موازی علامت گذاری کرد. در مورد مخازن کوچک می توان محوری را که عمود بر تاج سد است به عنوان محور مبنا انتخاب و کلیه مقاطع نمونه برداری را عمود بر آن انتخاب کرد.

#### ۴-۲-۲-۲ فواصل و تعداد مقاطع نمونه برداری

فاصله بین مقاطع موازی در طول دریاچه سد، به دقت نمونه برداریهای رسوب وابسته می‌باشد. در مخازنی که مرحله اول نمونه برداری و مطالعات رسوب‌شناسی در آنها انجام می‌شود، باید تعداد بیشتری از نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده برداشت شود. علاوه بر این، هر چه مقیاس نقشه محدوده دریاچه بزرگ‌تر باشد، فواصل مقاطع موازی کمتر و در نتیجه تعداد آنها بیشتر می‌شود (مقیاس ۱: ۱۰۰۰ و ۱: ۲۰۰۰) و برعکس هر چه وسعت دریاچه مخزن سد بزرگ‌تر و در نتیجه مقیاس نقشه کوچک‌تر شود، فاصله خطوط نمونه برداری از یکدیگر بیشتر و تعداد آنها کمتر خواهد شد (مقیاس ۱: ۵۰۰۰).

برای جلوگیری از خطاهای ناشی از نمونه برداری، باید تعداد مقاطع نمونه برداری را در مخازن کوچک (مخازنی که طول آنها از ۱ کیلومتر بیشتر نباشد) افزایش داده و به تعداد ۲۵ مقطع در هر کیلومتر رساند. تعداد مقاطع نمونه برداری در مخازن بزرگ، به شکل مخزن و سواحل آن بستگی دارد. مخازنی که حالت دره‌ای داشته و شیب دیواره‌ها و سواحل آن تند باشند، فاصله مقاطع نمونه برداری در آنها بیشتر (۲ عدد در هر کیلومتر) است.

مخازنی که از ریخت شناسی باز و غیر دره‌ای برخوردار بوده و شیب سواحل آن ملایم باشند، فواصل مقاطع نمونه برداری در آنها کمتر و تعداد آنها بیشتر می‌شود (۵ مقطع در هر کیلومتر).

همچنین می‌توان برای افزایش دقت نمونه برداریها، تعداد مقاطع موازی را در مناطق ورودی شاخه اصلی و شاخه‌های فرعی به مخزن سد یعنی در محلی که وضعیت بستر به علت شستشو یا ته‌نشینی رسوبات دائماً در حال تغییر است، افزایش داد. مقطع بندی شاخه‌های فرعی، بدین صورت انجام می‌گیرد که ابتدا اولین پروفیل در دهانه شاخه فرعی علامت‌گذاری و سپس محل مقطع بعدی به روش شاخه اصلی مشخص می‌گردد.

#### ۴-۲-۲-۳ تعداد نمونه‌های رسوبی دست‌خورده و دست‌نخورده در هر مقطع

در مقاطع باز و غیر دره‌ای، به دلیل ته‌نشست رسوبات در یک گستره وسیع، دو نمونه رسوبی دست‌خورده در سمت چپ و راست مقطع و نزدیک به دیواره‌های ساحلی، یک نمونه رسوبی دست‌خورده در قسمت عمیق مقطع (جایی که بیشترین میزان ارتفاع رسوب ته‌نشین شده) برداشت می‌شود.

روی هر مقطع نمونه برداری، یک نمونه دست‌نخورده از عمیق‌ترین قسمت مقطع و محلی که بیشترین رسوب در آن محل ته‌نشین شده برداشت می‌شود. علاوه بر این، در محل تجمع رسوبات ریزدانه در مقابل دیواره سد و در مدخل ورودی شاخه‌های فرعی به مسیر اصلی دریاچه سد تعداد بیشتری از نمونه‌های دست‌نخورده نمونه برداری می‌شود.

نظر به اینکه عملیات نمونه برداری دست‌نخورده خصوصاً در آبهای عمیق و در سدهایی که دارای رسوبات متراکم و سخت می‌باشند با مشکلاتی مواجه است در نتیجه تعداد نمونه‌های رسوبی دست‌نخورده در مخزن سد، به مراتب کمتر از نمونه‌های دست‌خورده می‌باشد. در مخازنی که ضخامت رسوب ته‌نشین شده ناچیز باشد، امکان برداشت نمونه‌های دست‌نخورده میسر نیست.

### ۳-۴ مراحل عملیاتی نمونه برداری از رسوبات بستر مخازن

در این بخش، مراحل مختلف نمونه برداری از رسوبات ترسیب شده در مخزن سد، بررسی و برای نمونه برداری از رسوبات راهنمایی تدوین شده است.

مرحله آماده سازی امکانات و تجهیزات نمونه برداری و تهیه وسایل لازم برای عزیمت به محل نمونه برداری بسیار با اهمیت است. اشتباه ها و عدم تهیه ملزومات لازم که بطور سهوی اتفاق می افتد قبل از رسیدن کارکنان به محل نمونه برداری مشخص نمی گردد.

بهترین روش موثر آماده سازی امکانات برای ماموریت های نمونه برداری، تهیه یک لیست از نیازها و کنترل آن برای بررسی و آماده سازی کلیه امکانات مورد نیاز یک پروژه نمونه برداری رسوب می باشد.

#### ۱-۳-۴ تجهیزات و وسایل مورد نیاز

فهرستی از تجهیزات و وسایل نمونه برداری رسوب در زیر آورده شده است:

- انواع بطریها و یا کیسه های نمونه گیری رسوب به انضمام تعدادی مازاد بر نیاز برای اطمینان،
- امکانات شناوری در سطح دریاچه مخزن سد به منظور استقرار در ایستگاه نمونه برداری،
- موتور قایق با قدرت کافی به انضمام یک موتور اضافی برای اطمینان،
- محفظه برای تأمین سوخت قایق به انضمام محفظه اضافی به عنوان محفظه یدک،
- لنگرهای سنگین برای استقرار و ثابت کردن قایق در سطح دریاچه خصوصاً به هنگام متلاطم بودن سطح آب دریاچه سد،
- جرثقیل برای برداشت نمونه های دست نخورده به روش ثقیلی و یا چنگک های دو کفه ای برای نمونه های دست خورده،
- دستگاه عمق یاب و متعلقات آن برای تعیین موقعیت عمق در ایستگاه نمونه برداری،
- دستگاه فاصله یاب و متعلقات آن برای تعیین موقعیت مکانی (فاصله) محل استقرار قایق در ایستگاه نمونه برداری رسوب،
- دستگاه GPS و متعلقات آن برای تعیین موقعیت نقاط ساحلی،
- باطری اتومبیل و باطری قابل شارژ و قابل حمل سبک به تعداد کافی،
- شارژ باطری اتومبیل،
- جریان سنج برای اندازه گیری سرعت در صورت لزوم،
- دوربین نقشه برداری (تئودولیت) برای مسیریابی در سطح دریاچه و تعیین زوایا نسبت به موقعیتهای شاخص،
- ژالون و منشور منعکس کننده به تعداد کافی،
- ابزار نمونه برداری شامل نمونه بردارهای چنگکی و مغزه گیر،
- کندانسیومتر و کدورت سنج،
- یخدان و سردکننده های نمونه،

- دفاتر یادداشت و ثبت اطلاعات اندازه‌گیریها،
  - نقشه‌های توپوگرافی با علائم مشخص از محل نمونه‌برداریها،
  - جلیقه نجات، بادگیر و بارانی به تعداد کافی (با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه)،
  - چکمه‌های بلند و طناب به میزان کافی،
  - جعبه ابزار برای انجام برخی تعمیرات مکانیکی قایق،
  - جعبه ابزار برای انجام برخی تعمیرات الکترونیکی دستگاههای اندازه‌گیری،
  - پمپهای باد برای استفاده در بادکردن قایقهای لاستیکی (بادی)،
  - پرچم و علائم نشانه‌گذاری،
  - بطریهای حاوی آب مقطر برای استفاده صحرائی،
  - پارچه و حوله برای پاک کردن تجهیزات به مقدار کافی،
  - برچسبها و نشانه‌گذارها،
  - دستکشهای پلاستیکی و چرمی برای انجام نمونه‌برداری رسوب،
  - تعدادی سطل، پمپ آب و لوله،
  - کلیه تجهیزات و ظروف جمع‌آوری و نمونه‌برداری رسوب از قبیل لایروپها<sup>۱</sup>، مغزه گیرها<sup>۲</sup>، قاشقها<sup>۳</sup>، پیمانها<sup>۴</sup> و سینیها یا تشتهای ترکیب<sup>۵</sup> مواد رسوبی که قصد استفاده از آن می‌باشد، باید قبل از استفاده با مواد پاک کننده با روشهای زیر تمیز شوند:
  - شستشو با آب و مایع صابون،
  - شستشو با آب معمولی،
  - شستشو با آب مقطر،
  - شستشو با الکل متیلیک (متانول)،
  - خشک کردن وسایل،
  - تجهیزات خشک و غیرآلوده را باید در ورق آلومینیومی پیچیده و یا در کیفهای پلاستیکی در بسته قرار داد.
- علاوه بر این کلیه دستگاهها و تجهیزات نمونه‌برداری از قبیل عمق‌یاب، فاصله‌یاب و یا دستگاههای مکانیکی یا الکترونیکی و همچنین کندانکتیویمتر، PH متر و غیره قبل از نمونه‌برداری باید واریسی و کنترل شوند تا از خطاهای احتمالی و اتلاف وقت در صحرا جلوگیری شود.

---

1 - Dredge  
 2 - Corer  
 3 - Spoon  
 4 - Scoop  
 5 - Compositing Tray



#### ۴-۳-۲ تعیین و نصب نقاط نشانه ساحلی

پس از شناسایی محدوده دریاچه سد، توسط علائم موقت (میخهای چوبی) تعدادی نقاط شاخص در یک سمت ساحل مخزن و در محل‌های مناسب و با فاصله تقریبی حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر از یکدیگر انتخاب می‌گردند. نقاط شاخص ساحل مقابل با انجام عملیات نقشه‌برداری و به کمک پیاده کردن زوایای مکمل به صورت خطوط موازی با محور شاخص (معمولاً محور تاج سد) انجام می‌شود. نقاط شاخص ساحلی به گونه‌ای تعیین می‌گردند که اولاً نسبت به سطح دریاچه سد و نقاط بعدی و قبلی خود دید کافی داشته و ثانیاً محل این نقاط با فاصله‌ای بالاتر از داغ آب (حداکثر تراز دریاچه) قرار گیرد.

به منظور ثابت شدن نقاط موقت، می‌توان در محل کلیه میخهای چوبی، تعدادی بلوکهای سیمانی یا بتونی آرماتوردار به ابعاد  $۲۰ \times ۲۵ \times ۵۰$  سانتی‌متر جایگزین کرد.

پس از نصب بلوکهای سیمانی و رنگ‌آمیزی آنها، کلیه نقاط ساحلی با حروف R و L در سمت راست و چپ سواحل مخزن مشخص شده و به وسیله اعداد متوالی شماره‌گذاری می‌گردند.

#### ۴-۳-۳ پلیگون‌بندی و تعیین و پیاده‌سازی مختصات نقاط شاخص ساحلی

به منظور تعیین موقعیت مسطحاتی نقاط شاخص ساحلی یک یا چند پلیگون با استفاده از نقاط شاخص (رئوس پلیگون) شناسایی و مشخص می‌گردد. زوایای چند ضلعی ایجاد شده با دوربین تئودولیت و طولهای اضلاع مربوط به آن با فاصله‌یاب قرائت شده، و به کمک نقاط ثابت دارای مختصات مشخص، نقاط شاخص ساحلی محدوده مخزن سد نیز به دستگاه مختصات شبکه مثلثاتی کشوری (سامانه U.T.M) متصل می‌شود. پس از انجام محاسبات مربوط به خطاها، مختصات (X, Y, Z) نقاط ساحلی تعیین خواهد شد.

در سالهای اخیر، به دلیل پیشرفت فن‌آوری و به کمک دستگاههای مختلف GPS، تعیین موقعیت مختصاتی نقاط، بدون انجام عملیات زمینی نقشه‌برداری (پلیگون‌بندی و نیولمان) انجام پذیر می‌باشد. با به‌کارگیری این سامانه برای تعیین مختصات نقاط شاخص، تا حد زیادی از انجام عملیات صحرائی و صرف وقت و هزینه کاسته می‌شود.

#### ۴-۳-۴ شماره‌گذاری مقاطع عرضی نمونه‌برداری

شماره‌گذاری مقاطع موازی برای نمونه‌برداری رسوب به دو طریق عددی و کیلومتری انجام می‌گیرد. در روش عددی محل مقاطع به وسیله اعداد متوالی بدین صورت مشخص می‌شود که نزدیک‌ترین مقطع به دیواره سد با عدد ۱ شماره‌گذاری شده و مقاطع بعدی به ترتیب شماره‌های متوالی را به خود اختصاص می‌دهند. این روش در مورد شاخه‌های فرعی نیز با شماره‌گذاری اولین مقطع در دهانه آنها انجام می‌گیرد. موقعیت انتهای مقاطع در این روش با حروف R (راست) و L (چپ) مشخص می‌گردد. راست یا چپ بودن انتهای مقاطع نسبت به پایین‌دست رودخانه تعیین می‌گردد. همچنین می‌توان برای تعیین موقعیت انتهای مقاطع از جهت‌های جغرافیایی N (شمال)، S (جنوب)، W (غرب)، E (شرق) استفاده نمود.

در مواردی که متر از طول رودخانه مشخص شده باشد، می‌توان برای مشخص کردن مقاطع نمونه‌برداری، از کیلومتر از رودخانه استفاده کرد، بدین ترتیب، شماره مقاطع معرف فواصل بین آنها نیز خواهد بود.

#### ۴-۳-۵ ملاحظات عملیاتی

یکی از مسئولیتهای کارکنان صحرایی، برقراری و راه‌اندازی کلیه ایستگاههای نمونه‌برداری به صورت دقیق است. بنابراین در اولین بازدید از منطقه نمونه‌برداری باید یک توصیف کامل از محل قرارگیری هر یک از ایستگاههای نمونه‌برداری نوشته و تهیه گردد.

در ابتدا، روی یک نقشه توپوگرافی با مقیاس مشخص، از محدوده آبگیر مخزن سد یا محدوده مورد نظر برای نمونه‌برداری، محل ایستگاههای نمونه‌برداری رسوب با علائم مشخص تعیین شده و اطلاعات پایه از نظر طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع هر ایستگاه مشخص گردد. تعیین مختصات مورد نظر به کمک دستگاه GPS امکان‌پذیر می‌باشد.

یک عملیات نمونه‌برداری موفق همیشه شامل جزییات و نکات برداشت شده از صحرا بوده و اطلاعات خاص راجع به وقایع بدون اهمیت ظاهری مانند زمان یا شرایط آب و هوایی و ... دارای اهمیت فراوان است. یادداشت مخصوص مشخصات صحرایی باید حاوی موارد زیر باشد:

- نام منطقه نمونه‌برداری،
- تاریخ و زمان نمونه‌برداری،
- عمق ایستگاه نمونه‌برداری،
- نام افراد تیم شرکت کننده در عملیات،
- خصوصیات بارز رسوب،
- بافت و رنگ و ساختارهای خاص رسوب،
- اثرهای باقی مانده مانند مواد آلی موجود در نمونه‌های رسوب،
- وجود درخشندگی یا جلای روغنی در رسوب،
- بوی خوش یا بد از رسوب،
- خصوصیات بارز در مقاطع عمودی و عرضی محل برداشت رسوب، و عمق نفوذ نمونه‌بردار در داخل رسوب.

## منابع و مراجع

- ۱- برنامه‌ریزی آزمایشهای رسوب، نشریه شماره ۲۲۲، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۰.
- ۲- راهنمای آزمایش هیدرومتری برای دانه‌بندی لای و رس، پیش‌نویس استاندارد شماره ۱۳۶۸-۷۲ الف، وزارت نیرو.
- ۳- رحیمی، حسن، ۱۳۷۱، مکانیک خاک، انتشارات قائم.
- ۴- طاحونی، شاپور، ۱۳۷۲، اصول مهندسی ژئوتکنیک، جلد دوم مهندسی پی.
- ۵- غلامی‌شهریابک، هوشنگ، نمونه‌برداری و پردازش داده‌های رسوب، سمینار کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۶.
- ۶- فروزان تبار، علی‌اصغر، پیش‌نویس و دستورالعمل نمونه‌برداری بار کف، سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)، ۱۳۷۶.
- ۷- فهرست خدمات مرحله شناسائی رسوبسنجی و رسوبشناسی در مخازن سدهای در دست بهره‌برداری، پیش‌نویس استاندارد شماره ۱۳۶۴-۲۲، وزارت نیرو.
- ۸- گزارش مطالعات رسوبسنجی و رسوبشناسی سد مخزنی چاه‌نیمه- مرکز تحقیقات آب سال ۱۳۷۹.
- ۹- گزارش مطالعات رسوبسنجی و رسوبشناسی سد مخزنی ساوه- مرکز تحقیقات آب سال ۱۳۷۶.
- ۱۰- گزارش مطالعات رسوبسنجی و رسوبشناسی سد مخزنی شهید کاظمی (بوکان)- مرکز تحقیقات آب سال ۱۳۷۴.
- ۱۱- گزارش رسوب‌سنجی و رسوب‌شناسی مخزن سد دز، مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو، ۱۳۶۵.
- ۱۲- گزارش رسوب‌سنجی و رسوب‌شناسی مخزن سد استقلال میناب، مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو، ۱۳۶۵.
- ۱۳- گزارش مطالعات رسوبسنجی و رسوبشناسی سد مخزنی مه‌باد- مرکز تحقیقات آب سال ۱۳۷۵.
- ۱۴- وفائیان، محمود، ۱۳۷۴، آزمایشهای مکانیک خاک، انتشارات سپاهان و ارکان.
- 15- Anderson, A.C. (1975). "Comparison of Direct and Indirect Method of Measuring of Suspended Sediment Transport", st, Anthony Falls Hydr. Lab., Univ. of Minnesota, USA
- 16- EPA. 2001. Sediment Sampling Guide and Methodologies. (2nd Edition) State of Ohio Environmental Agency.
- 17- Hosseini, K., 1999, "Relation entre la rigidite initiale et la cohesion non drainee dans les vases molles ; relation avec dynamique sedimentaire", These doctorat de 3eme cycle, Ecole centrale de Nantes, 162p.
- 18- Kristine Bunte, Steven R.Abt, May 2001, "Sampling Surface and subsurface particle – size Distributions in Wadable Gravel – and Cobble – Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics and Streambed Monitoring, USDA
- 19- Lake and stream Bottom Sediment Sampling Manual.  
HTML Created : Mar 1988 – British Columbia  
Published The Resources inventory Committee
- 20- Mehta, A.J., 1986, "Characterization of cohesive sediment properties and transport processes in estuaries", Estuarine Cohesive Sediment Dynamics, Springer-Verlag, New York, pp. 290-325.
- 21- Migniot, C., 1982, "Etude de la dynamique sedimentaire marine, fluviale et estuarienne", These de doctorat d'Etat, Universite de Paris – Sud, 470 p.

- 22- Migniot, C., 1989, "Tassement et rheologie des vases ", La Houille Blanche, No. 1 & 2, pp. 1-29 & 95-111.
- 23- Mulder, H . P . J , Kolk, A . C . Vander and Koshiek, L . H . M . (1985)  
" Measurements of Suspended Sand Concentration and Velocity in the Eastern Scheldt Estuary, the Netherlands " , Euromech 192 , Munich, West – Germany
- 24- Ohio Epa Sediment sampling Guide And Methodologies.  
State of ohio – Enviromental Protection Agency.
- 25- Perigaud,E., 1985, "Mechanique de l'erosion des vases", La Houille Blanche, No. 7/8 pp. 501-512.
- 26- Roberta. Taft, Governor – christopher Jones Director – November 2001
- 27- "Sediment Transport Technology"-Proceedings Volume2- June5 – June 30, 1995, Ankara - Turkey
- 28- Soulsby, R . L . , Salkield, A . P . , Haine, R . A . and Wain Wright, B. (1985),  
"Observation of The Turbulent Fluxes of Suspended Sand Near the Sea–Bed ", Euromech 192, Munich, West –Germany.
- 29- Thomas k. Edwards and G.Douglas Glysson, 1999, "Field Methods for Measurement of Fluvial Sediments"USGS.
- 30- Thomas K.Edwards & G.Douglan Glgsson, "Techniques of Water Resources Investigation of the U.S. Geological Survey"Book3. "Application of Hydraulics, chap2" Field Methods for Measurement of Fluvial Sediment"
- 31- Van Rijn, L C., 1993, " Principles of Sediment Transport in Rivers, and Estuaries and Coastal Seas" AQUA Publicatio
- 32- Vidalie, J.F., 1976, "Relations entre les proprietes physico-chimiques et les caracteristiques mecaniques des sols compressibles", These doctorat de 3eme cycle Universite de Paris – Sud, 92p.
- 33- WIDNR, 1998 . Field procedures Manual Sediment Sampling Guide lines. Wisconsin Department of Natural Resources
- 34- Colby, B.R., 1963 "Fluvial Sediments – A summary of source, transportation, deposition, and measurement of sediment discharge U.S.Geological Survey Bulletin.
- 35- Guy, H.P., 1970 Fluvial Sediment concepts. U.S. Geological Survey Tecniques of Water Resources Investigations.
- 36- Leopold, L.B., Wolman , M.G., and Miller, J.P., 1964, Fluvial processes in geomorphology : San Francisco, California, W.H. Freeman and Company.

***Field Methods for Measurement of  
Rivers and Dam Reservoirs Sediments***

## این نشریه

با عنوان «راهنمای عملیات صحرایی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها» شامل مجموعه‌ای تنوری و عملی از نمونه‌برداری مواد رسوبی حمل شده توسط رودخانه (بار معلق و بار کف)، مواد بستر رودخانه و مواد رسوبی ته‌نشین شده در مخزن سد [نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده] می‌باشد. در ارتباط با هر یک از روشهای نمونه‌برداری، تجهیزات و ادوات مورد نیاز معرفی شده و روشهای نمونه‌برداری همراه با برنامه زمانی و مکانهای نمونه‌برداری تشریح شده‌اند.

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

ISBN: 964-425-898-3



9789644258985