



راهنمای روشهای رسوب‌گیری در آبگیرها

پیش‌گفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است.

با در نظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و از این رو دفتر استانداردها و معیارهای فنی شرکت مدیریت منابع آب ایران در جهت نیل به این هدف، با مشخص نمودن رسته های اصلی مهندسی آب اقدام به تشکیل گروه های علمی - تخصصی با عنوان کمیته های تخصصی نموده که نظارت بر تهیه این استانداردها را به عهده دارند.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین می گردد :

- استفاده از تخصص و تجارب کارشناسان و صاحب نظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مأخذ معتبر و استانداردهای بین المللی
- بهره گیری از تجارب دستگاه های اجرایی، سازمان ها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره برداری و ارزشیابی طرح ها
- پرهیز از دوباره کاری ها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه کننده استاندارد

آگاهی از نظرات کارشناسان و صاحب نظرانی که فعالیت آنها به نوعی در ارتباط با تهیه استانداردهای مهندسی آب می باشد موجب امتنان خواهد بود.

ترکیب اعضای کمیته

اسامی اعضای کمیته فنی شماره ۱۴-۱ (رسوب) که در این نشریه حاضر مشارکت داشته اند به ترتیب حروف الفباء به شرح زیر می باشد :

خانم زهرا ایزدپناه	دانشگاه شهید چمران	فوق لیسانس آبیاری و آبادانی
آقای فیروز بهادری	دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی	فوق لیسانس منابع آب
آقای سید جمال الدین پرورده	سازمان آب تهران	فوق لیسانس هیدرولوژی
خانم کیاندرخت کباری	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	لیسانس راه و ساختمان
آقای جمال محمدولی سامانی	دانشگاه تربیت مدرس	دکترای هیدرولیک

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۱	۱- کلیات
۲	۲- سازه های آبخیز و تقسیم بندی آنها
۶	۱-۲ آبخیزهای جانبی
۷	۲-۲ آبخیزهای پمپی
۸	۳-۲ آبخیزهای رودخانه های کوهستانی
۱۰	۴-۲ آبخیز رودخانه های بزرگ
۱۱	۳- شکل های مختلف انحراف رسوب توسط آبخیزها و پیامدهای آن
۱۱	۱-۳ بار معلق و بار بستر
۱۱	۲-۳ پیامدهای ناشی از انحراف رسوب در سازه های انتقال آب و تأسیسات آبخیز
۱۲	۴- روشهای کنترل رسوب در آبخیزها
۱۳	۱-۴ اقدامات و عملیات کنترل رسوب
۱۵	۲-۴ روشهای پیشگیری (روشهای تخلیه رسوب قبل از ورود به کانال انتقال)
۱۶	۱-۲-۴ انتخاب صحیح محل آبخیزها
۱۹	۲-۲-۴ تجهیزات مختلف برای کنترل ورود رسوبات به سردهنه ها
۳۱	۳-۲-۴ کنترل و تنظیم به کمک بند
۳۲	۳-۴ روشهای اجرایی
۳۳	۱-۳-۴ حوضچه های رسوبگیر
۳۹	۲-۳-۴ تله اندازهای لوله گردابی
۴۳	۳-۳-۴ استخراج کننده های تونلی
۴۳	۴-۴ آب مورد نیاز برای شستشوی رسوبات
۴۴	۵- نتیجه گیری و پیشنهادها
۴۶	منابع و ماخذ

مقدمه

از دیرباز برداشت آب از رودخانه‌ها برای اهداف مختلفی از جمله کشاورزی و شرب و بعدها به منظور استفاده در صنعت و نیز تأمین انرژی معمول بوده است. یکی از عمده‌ترین مسائلی که مهندسين در طراحی آبیگرها، اعم از آبیگرهای آبیاری و برقایی و موارد دیگر با آن مواجه هستند وضعیت رسوبات وارده به سیستم انتقال می‌باشد که باید کنترل گردد. لزوم کنترل مقدار رسوبات منحرف شده از دو جنبه مورد توجه قرار می‌گیرد:

– مسائل ایجاد شده توسط رسوبات در مسیر کانال انتقال آب (کانال آبیگر)

– پیامدهای ناشی از انحراف رسوبات

از آنجا که سرعت آب در کانال آبیگر غالباً بسیار کمتر از رودخانه اصلی است در نتیجه مقدار زیادی رسوب در آن ته‌نشین می‌شود. این پدیده سبب کاهش عمده‌ای در ظرفیت کانال انتقال شده، لذا تغذیه کانال با دبی مورد نیاز یا تأمین دبی طرح مشکل می‌شود. همچنین ته‌نشینی رسوبات در کانال انتقال سبب رشد علفهای هرز می‌گردد که این نیز مشکلاتی در تأمین دبی مورد نظر پدید می‌آورد. بدیهی است رسوبگذاری دائم در کانال انحراف و تخلیه آنها هزینه‌ای دائمی به طرح تحمیل می‌نماید [۳].

این مشکلات بخشی از مسائل پیچیده مرتبط با آبیگرها می‌باشند. هرچند مسائل ناشی از ورود رسوبات به کانالها و پیامدهای ناشی از آن جنبه عمومی دارند ولی راه‌حلهای یکسانی برای مقابله با آنها وجود ندارد و برحسب مورد باید تدابیر خاصی اتخاذ گردد.

۱- کلیات

بعلت آثار زیانبار ناشی از ورود رسوبات به کانالهای آبیگر، برای کنترل بخشی از رسوبات وارده به سردهنه‌ها وسایل مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. البته حذف کامل رسوبات وارده به آبیگرها غیرممکن و گاهی نامطلوب می‌باشد (سیلت ریز در سیستمهای انتقال بعنوان درزگیر عمل نموده و ممکن است بافت خاک و در نتیجه حاصلخیزی اراضی کشاورزی را اصلاح نماید) [۳].

رسوبات وارده به کانالها با روشهای مختلفی قابل کنترل است. از جمله این روشها ساخت مخازن ذخیره روی رودخانه‌های فصلی است که تقریباً تمام قطعات درشت رسوب و بخش بزرگی از رسوبات ریزتر را تله‌اندازی می‌کند. در رودخانه‌های دائمی غالباً به ساخت سرریز یا بند برای کنترل تراز آب و انحراف جریان به آبیگر اقدام

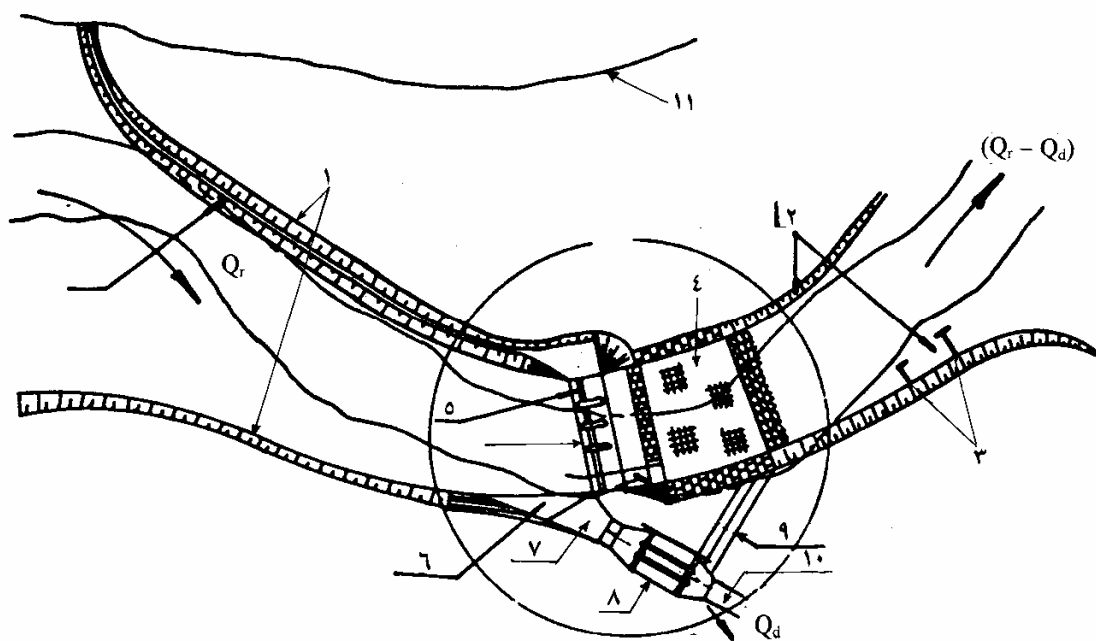
می‌شود. انتخاب مکان مناسب برای ساخت آبگیرها سبب کاهش مقدار بار رسوب وارده به آبگیرها می‌شود. یکی از مکانهای مناسب برای احداث آبگیرها از نظر ملاحظات رسوب، دیواره خارجی قوس رودخانه است. هنگام بحث در مورد هیدرولیک انحرافها و هیدرولیک جریان در قوسها بر روی توسعه جریانهای مارپیچی در اطراف مسیرهای پیچ‌دار تأکید شده است. حرکت لایه‌های زیرین جریان آب با غلظت رسوب زیاد به سمت دیواره داخلی قوس می‌باشد. بدین لحاظ آبگیرهای واقع در بخشهای خارجی قوسها آب لایه‌های فوقانی را که نسبتاً عاری از رسوب می‌باشد دریافت می‌کنند. بنابراین، اصل جریانهای مارپیچی در دیواره محدب قوس در احداث آبگیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد. حتی در بعضی از مواقع، انحنای مصنوعی برای کاهش مقدار رسوب وارده به کانالهای انحرافی ایجاد می‌شود. همچنین روشهایی مانند احداث دیواره‌های هادی (جداکننده)^۱، آستانه (آپایه)های مرتفع^۲، دریچه‌های رسوبگیر تحتانی^۳ و نیز کارهای ساماندهی رودخانه برای کنترل رسوبات وارده به آبگیرها استفاده می‌شود.

بطور کلی می‌توان ادعا نمود که فرآیند کنترل رسوبات وارده به سیستمهای کانالهای آبگیر پیچیده و بفرنج می‌باشد. زیرا دبی رسوبات حمل شده توسط رودخانه‌ها متغیر و غیر دائمی است و ممکن است به صورت روزانه تغییر کند، در حالی که کانال آبگیر دبی کم و بیش معینی داشته و عموماً با شیب ملایم‌تر از رودخانه طراحی می‌شود بطوری که بتواند اراضی پائین دست خود را آبیاری نماید. به منظور مقابله با پدیده رسوب در آبگیرها احداث سازه‌های رسوبگیر^۴ و تأسیسات دفع کننده رسوب^۵ با عملکرد و ویژگیهای متنوع در نقاط مختلف دنیا متداول می‌باشد. بحث در مورد جزئیات اینگونه تأسیسات به فصول بعدی موكول می‌گردد.

۲- سازه‌های آبگیر و تقسیم بندی آنها

به مجموعه ساختمانها و تجهیزات هیدرومکانیکی طراحی شده برای انتقال آب از منبع تأمین آب، آبگیر^۶ گفته می‌شود. روشن است که آبگیر جزء اصلی هر نوع اقدام انحراف آب از رودخانه می‌باشد. جزئیات ساختمانی و مشخصات هیدرولیکی مربوطه تابعی از اندازه نسبی رودخانه و مقدار انحراف می‌باشد. در شکل (۱) نمونه‌ای از سازه آبگیر با جزئیات آن نشان داده شده است.

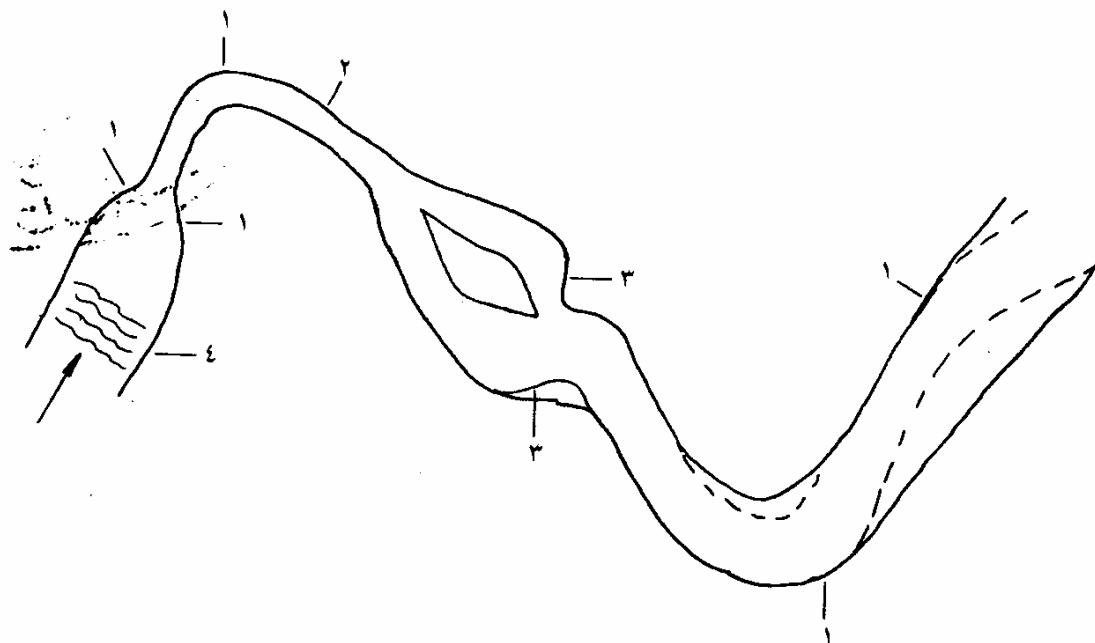
-
- 1 - Dividewall
 - 2 - Raised Sill
 - 3 - Under Sluices
 - 4 - Sediment Excluders
 - 5 - Sediment Extractors
 - 6 - Intake



شکل ۱- نمونه ای از سازه آبیگیر

- | | |
|--|--|
| ۱- خاکریزهای چپ و راست | ۱- دبی رودخانه قبل از انحراف = Q_r |
| ۲- دیوارهای هادی چپ و راست | ۲- دبی رودخانه بعد از انحراف = $Q_r - Q_d$ |
| ۳- آبشکن | ۳- دبی انحراف = Q_d |
| ۴- حفاظت با پوشش سنگریزه | |
| ۵- سرریز دریچه ای و حوضه ته نشینی | |
| ۶- حوضچه بالایی | |
| ۷- مجرای انحراف (کانال آبیگیر) | |
| ۸- سازه آبیگیر | |
| ۹- اتصال آبیگیر به دیواره های ساماندهی | |
| ۱۰- خروجی انحراف (ورودی کانال) | |
| ۱۱- محدوده رودخانه | |

تمام رودخانه ها، محل‌های طبیعی مناسبی برای احداث آبرگیر دارند مثل محل قوسها، دره های تنگ، صخره ها^۳ و نواحی شیبدار^۴ شکل (۲).



شکل ۲- محل‌های مناسب طبیعی برای احداث آبرگیر [۱]

- در مقطع ۱- از خاصیت جریان در قوسها استفاده می شود.
- در مقطع ۲- دره تنگ دارای مقطع پایدار، ناحیه ای با جریان عمیق و نسبتاً آرام به جز در مواقع سیلابی
- در مقطع ۳- منظره صخره ها با انحناهای جریان مربوط و پایاب
- در مقطع ۴- در سراشیبی رودخانه محل مناسب احداث آبرگیر در شرایطی است که بار معلق ناچیز باشد.

برای آشنایی و مطالعه انواع آبرگیرها نیاز به طبقه بندی آنها می باشد. معیارهای متفاوت نوع این طبقه بندی را مشخص می کند. به برخی از انواع طبقه بندی در زیر اشاره شده است.

طبقه بندی کاربردی بر اساس شرایط رودخانه و نیاز ویژه استفاده کننده تعیین می شود و انواع آن عبارتند از :

- آبرگیر رودخانه های کوهستانی
- آبرگیر رودخانه های تپه ای
- آبرگیر رودخانه های مسطح

-
- 1 - Bends
 - 2 - Groves
 - 3 - Cliffs
 - 4 - Rupids

نوع دیگری از طبقه بندیها براساس میزان دبی منحرف شده (Q_d) می باشد. در این طبقه بندی، انواع آبیگرها عبارتند از:

الف - آبیگرهای بدون سد $\frac{Q_d}{Q_{sf}} < 0/25$ (دبی انحرافی و Q_{sf} دبی رودخانه با تناوب معادل تناوب استاندارد دبی طراحی آبیگر که مورد نیاز آب مصرفی است)

ب - آبیگرهای رودخانه های کوچک $0/25 < \frac{Q_d}{Q_{sf}} < 1$

ج - آبیگرهای رودخانه های معمولی $\frac{Q_d}{Q_{sf}} > 1$ و $\frac{Q_d}{Q_{b1}} < 0/5$ ، (دبی مشخصه شروع حرکت بار بستر)

د - آبیگرهای رودخانه های خیلی بزرگ $\frac{Q_d}{Q_{b1}} > 0/5 - 1$

به علاوه تعاریف دیگری مانند آبیگرهای رودخانه های کوهستانی که یک نوع ویژه است. و آبیگرهای رودخانه های تپه ای^۱ که می تواند در هر یک از طبقه بندیهای الف تا د قرار گیرد، نیز وجود دارد.

علاوه بر طبقه بندیهای فوق می توان طبقه بندیهای دیگری، مثلاً براساس محل قرار گرفتن آبیگرها، انجام داد. در این طبقه بندی: آبیگرهای جانبی^۲، آبیگرهای جلویی^۳، آبیگرهای با ایستگاه پمپاژ^۴ و آبیگرهای با سرریز کناری قرار می گیرد. همچنین طبقه بندی بر اساس محل استفاده از آب شامل: آبیگرها در یک سمت ساحل و یا آبیگرها در دو سمت ساحل، می شود.

نوع دیگر تقسیم بندی آبیگرها براساس کنترل ضمن بهره برداری از سازه های انحرافی می باشد. از این نظر می توان آبیگرها را به دو گروه تقسیم نمود.

- آبیگر بدون بند^۵ (برداشت آب تابع نوسان طبیعی سطح آب رودخانه می شود). به این آبیگرها سردهانه نیز گفته می شود.

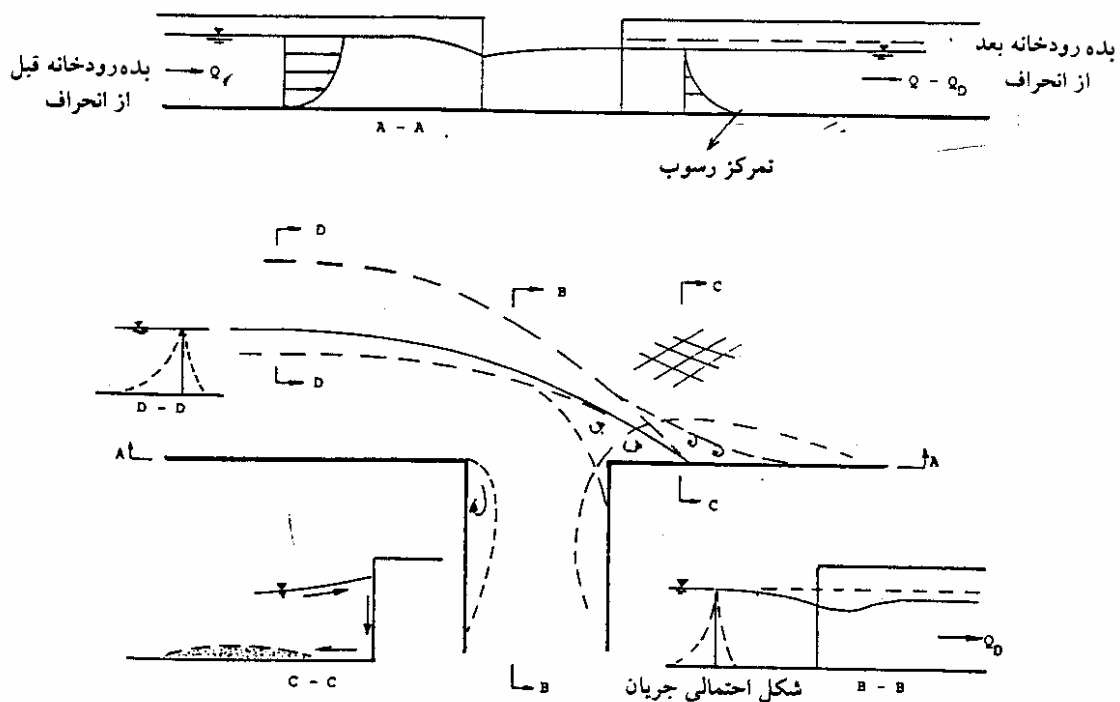
- آبیگر همراه با بند^۶ (تراز و مقدار آب برداشتی توسط بند کنترل می شود)

این دو نوع آبیگر در تقسیم بندی آبیگرهای کوچک جای دارند.

-
- 1 - Foothill
 - 2 - Lateral Intakes
 - 3 - Frontal Intakes
 - 4 - Pump Intakes
 - 5 - Intakes Without a Barrage
 - 6 - Intakes With a Dam Or Barrages

۱-۲ آبیگرهای جانبی

یکی از ساده ترین انواع انحراف آب از رودخانه که به طور وسیعی مطالعه شده، انحراف جانبی تحت زوایای مختلف است، نمونه ای از این انحراف با زاویه 90° در شکل ۳ نشان داده شده است. در این نوع آبیگر با افزایش بده منحرف شده، میزان جریانهای بستری که غالباً مملو از رسوب می باشند به سمت آبیگرها افزایش می یابد. میزان رسوب منحرف شده $\frac{G_D}{G}$ (رسوب انتقال یافته / کل رسوب منحرف شده) چندین برابر نسبت نسبت بده منحرف شده $(\frac{Q_d}{Q})$ می باشد. عموماً اگر میزان بدهی منحرف شده بیش از ۵۰٪ بدهی رودخانه باشد حتی در مطلوب ترین شرایط جلوگیری از ورود مقدار قابل توجهی از بار بستر ممکن نیست [۱]. قطر و میزان رسوبات قابل قبول در آب منحرف شده به نوع مصرف آب بستگی دارد. حوضچه های آرامش و سایر تجهیزات را می توان برای خارج نمودن رسوبات از آب منحرف شده و برگرداندن آنها به پایین دست رودخانه مورد استفاده قرار داد.



شکل ۳- نمونه ای از آبیگر جانبی با زاویه 90° و الگوی جریان در آن

۲-۲ آبیگرهای پمپی

این نوع آبیگرها اکثراً از نظر مقدار دبی منحرف شده (Q_D) جزء آبیگرهای کوچک هستند. مشخصه اصلی این آبیگرها این است که آب می‌تواند برای توزیع به هر ارتفاعی انتقال یابد. زیرا انحراف آب به هیچ وجه به نیروی ثقل بستگی ندارد. پمپها می‌توانند سرعت‌های انحراف زیادی ایجاد کنند. در عین حال چون آب بلافاصله از پمپ عبور می‌کند، باید مواد ریزی که وارد پمپ می‌شود کنترل گردد.

شرایط محل و کیفیت آب مورد نیاز در طراحی این نوع آبیگر مؤثر می‌باشد. این آبیگرها را می‌توان به گروه‌های زیر تقسیم کرد:

آبیگرهای نزدیک سطح آب^۱: مقدار رسوب وارده به آبیگر را حداقل می‌کند.

آبیگرهای جانبی: روی دریاچه‌ها و رودخانه‌ها احداث می‌شوند.

آبیگرهای بستر رودخانه^۲: ریسک (خطر) مربوط به یخ و خاشاک سطحی مانند چوب و جلبک‌های شناور را حداقل می‌نماید.

آبیگرهای فراساحلی^۳: غالباً در دریاچه‌ها و مخازن احداث می‌شوند.

آبیگرهای چند ترازی^۴: غالباً نوعی آبیگر ساحلی‌اند که دارای تجهیزاتی برای برداشت انتخابی آب، کنترل دما و کیفیت آب می‌باشد.

آبیگرهای نفوذی^۵: آبیگرهای نفوذی یا گالریها، آبیگرهایی هستند که در آنها آبیگری همزمان با عملیات فیلترکردن سریع ماسه انجام می‌شود این گالریها در دو نوع افقی و عمودی ساخته می‌شوند. در گالریهای افقی ممکن است از بستر طبیعی رودخانه یا دریاچه به عنوان فیلتر استفاده شود یا از فیلترهای ساخت انسان استفاده شود. از مزایا آبیگرهای نفوذی می‌توان موارد زیر را نام برد:

- حفاظت از محیط زیست
- کاهش شدید حجم رسوب
- حذف مسائل کشتیرانی با یخ
- حداکثر انحراف از رودخانه‌های کم عمق

ساخت این نوع آبیگرها عموماً گران است و تمیز کردن آنها مشکل می‌باشد.

1 - Intakes near the Water Surface
2 - River bed Intakes
3 - Offshore Intakes
4 - Multi Level Intakes
5 - Infiltration Intakes

برای جلوگیری از ورود رسوبات، مواد ریزدانه و غیره به آبگیرهای پمپی از سیستمهای جداکننده استفاده می‌شود. برای جداسازی از تجهیزات مختلفی مانند آشغال گیر^۱، صفحات مستطیلی آشغال گیر (توریهای مستطیلی)^۲، آشغالگیرهای متحرک^۳ و غیره استفاده می‌شود.

۳-۲ آبگیرهای رودخانه‌های کوهستانی

رودخانه‌ها در نواحی کوهستانی غالباً شیبدار بوده و در دره‌های تنگ جریان دارند. شدت جریان آنها سریعاً تغییر نموده و نسبت جریانهای شدید به جریانهای کم، بسیار زیاد است. سرعت جریان و عمق آن شدیداً تغییر می‌کند. جریانهای کم غالباً عاری از رسوب می‌باشد و برعکس در جریانهای شدید، ظرفیت انتقال رسوب بالاست. اندازه رسوبات منتقل شده از ماسه و شن تا تخته سنگ و حتی صخره‌های بزرگ تغییر می‌کند. رودخانه‌های کوهستانی عمدتاً رسوبات را به صورت بار بستر حمل می‌کنند و رسوبات معلق بخش کوچکی را تشکیل می‌دهند.

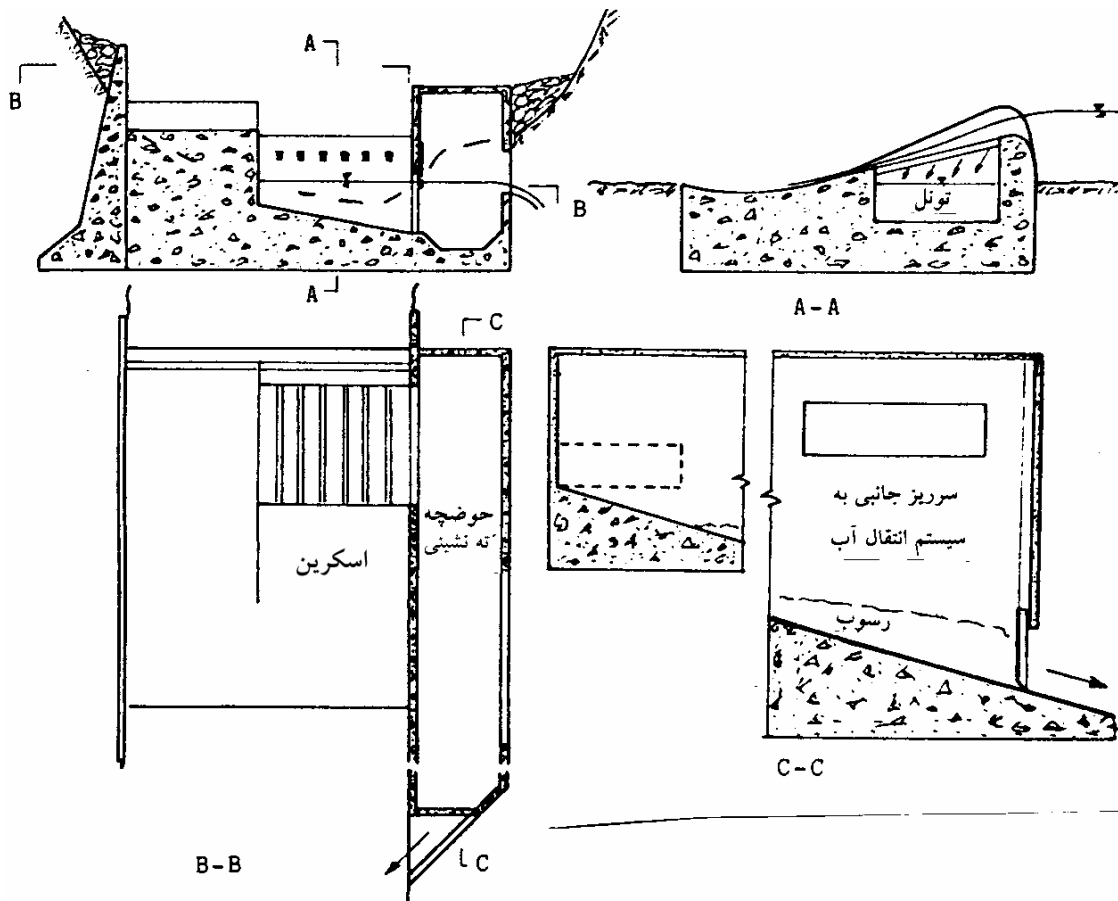
دو نمونه از طرحهای مختلف آبگیرهای کوهستانی که اغلب به خوبی قابل استفاده هستند عبارتند از [۱]:
۲-۴-۱ آبگیرهای با دریچه جداکننده تحتانی^۴ که از قدیمی‌ترین انواع آبگیرهای بستری بوده (شکل ۴) و شامل سه بخش اصلی زیر است:

- بلوکهای آبگیر^۵
- سرریز^۶
- حوضچه ته‌نشینی^۷

بلوک آبگیر و سرریز مانع بزرگی در سراسر رودخانه ایجاد می‌کند. بلوک آبگیر سازه به خصوص در معرض سایش شدید رسوبات در حال حرکت می‌باشد. تاج سرریز در ارتفاعی قرار گرفته که با افزایش جریان رودخانه بیشتر از حد معینی، سرریز شروع می‌شود. آبیپایه^۸ سرریز خطر فرسایش در پایین دست را افزایش می‌دهد و در صورتی که روی صخره احداث نشده باشد، ممکن است حفاظت ویژه بستر رودخانه موردنیاز باشد. تونل (گالری) جمع‌کننده زیر اسکرین، آب منحرف شده را به حوضچه ته‌نشینی هدایت می‌کند. چون آب منحرف شده دارای مقادیر قابل توجهی مواد جامد می‌باشد تونل نیز در معرض سایش شدید قرار دارد. شیب کف گالری سرعت جریان نیز به حد کافی زیاد باشد تا از تجمع رسوب در تونل جلوگیری شود.

-
- 1 - Trash Rack
 - 2 - Screen Panel
 - 3 - Travelling Screen
 - 4 - Bottom Trashrack or Screen Intakes
 - 5 - Intake Block
 - 6 - Spillway
 - 7 - Settling Basin
 - 8 - Sill

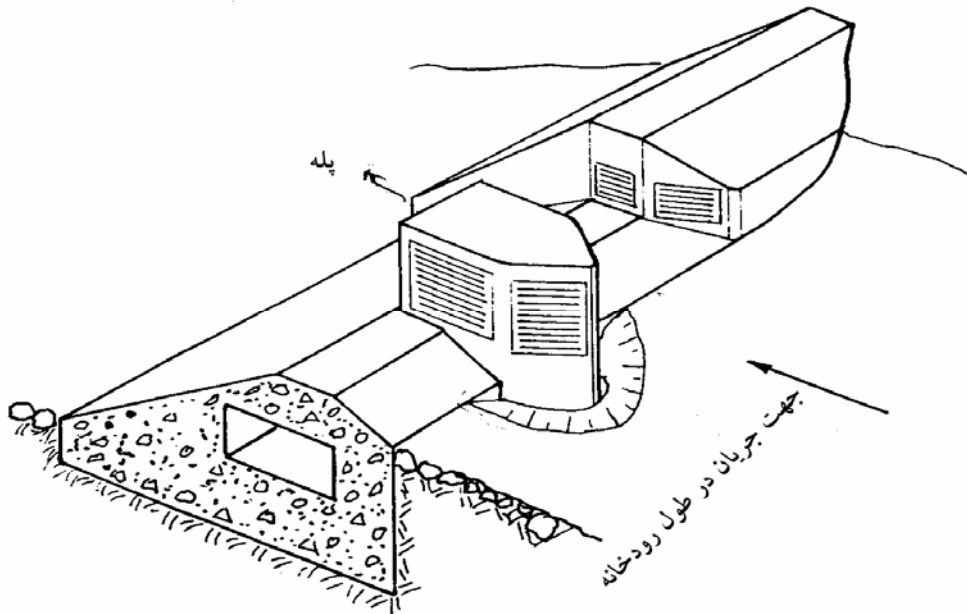
حوضچه ته نشینی در ساحل رودخانه باید تمام رسوبات عبور یافته از اسکرین را که در سیستم انتقال ته نشین شده اند، خارج نماید. چون رودخانه های کوهستانی معمولاً مقدار قابل توجهی سیلت و رس ندارند، آب خارج شده از حوضچه ته نشینی صاف می باشد. رسوبات ته نشین شده در حوضچه به صورت متناوب یا پیوسته به درون رودخانه شسته می شوند (شکل ۴).



شکل ۴- یکی از انواع آبیگرهای رودخانه های کوهستانی (آبیگر با دریچه جداکننده تختانی) [۱]

۲-۴-۲ آبیگرهای نوع پایه دار^۱ - این آبیگر مناسب ترین نوع در رودخانه های کوهستانی با شیب متوسط، یعنی کمتر از ۰/۰۱، می باشد. رودخانه های کوهستانی بیشتر رسوبات ریزدانه را حمل کرده و غالباً بیشتر از ۲۵٪ رسوبات، ریزتر از ۵ میلی متر می باشند با وجود چنین رسوبات ریزدانه، آبیگرهای نوع بستری نمی توانند خوب عمل کنند. فرم متداول این نوع آبیگرها دارای یک پایه و یک آبپایه در طول رودخانه است. آبپایه سبب پایداری مقطع رودخانه می شود. اما سرریز آن خطر فرسایش در پایین دست را افزایش داده و لذا برای جلوگیری از تخریب بستر باید تمهیدات ویژه در محل در

نظرفرفت. بار بستر از بالای آبپایه عبور کرده و آب نسبتاً زلال از طریق اسکرین‌ها در آبپایه‌ها وارد می‌شود. سپس از طریق تونلهایی در آبپایه به درون حوضچه‌های ته‌نشینی هدایت و رسوبات در آنجا تخلیه می‌شوند (شکل ۵).



شکل ۵- آبگیر نوع پایه‌دار

۴-۲ آبگیر رودخانه‌های بزرگ

این آبگیرها برای انحراف بخش زیادی از جریان رودخانه در بازه‌های متوسط و پست‌تر رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف مهندسين طراح، انحراف هرچه بیشتر جریان رودخانه و انتقال حداقل رسوبات می‌باشد. راههای دستیابی به این اهداف متعدد و متنوع می‌باشند و به مورفولوژی و هیدرولوژی محل و بودجه اختصاص یافته به پروژه بستگی دارند. در نتیجه تقسیم‌بندی روشها دشوار می‌باشد. ولی می‌توان یک نوع تقسیم‌بندی به صورت زیر ارائه داد.

- آبگیرها روی قوسهای رودخانه^۱
- آبگیرها با دیواره‌های تقسیم‌کننده^۲
- آبگیرها با دریچه‌های تحتانی^۳

1 - Intakes on River Bends
2 - Intakes With Dividing Walls
3 - Intakes With Under Sluices

- آبگیرها با تونل‌های رسوبگیر^۱
- آبگیرهای سپری با پره‌های هادی و صفحات برگردان^۲

۳- شکل‌های مختلف انحراف رسوب توسط آبگیرها و پیامدهای آن

۱-۳ بار معلق و بار بستر

در پروژه‌های انحراف آب، هدف مهندسین طراح تأمین آب موردنیاز در زمان موردنظر می‌باشد. در این راستا جلوگیری از ورود رسوبات، به خصوص رسوبات درشت، درختان و اجسام شناور به مجرای انحرافی و همچنین حداقل نمودن آثار درازمدت مورفولوژیک در رودخانه نیز موردنظر می‌باشد. به علاوه کاهش آثار منفی زیست محیطی در رودخانه، در اثر تغییرات تراز آب زیرزمینی، تغییر عمق آب رودخانه، سرعت جریان و دمای آب نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

رسوبات به دو صورت بار معلق و بار بستر به مجاری انحرافی منتقل می‌شود. معمولاً طراحی و بهره‌برداری از آبگیرها باید به نحوی باشد که از ورود جریانهای بستر به آنها جلوگیری شود زیرا جریانهای بستر غالباً مملو از رسوب بوده، همچنین از ورود جریانهای سطحی به خصوص در دوره سیلاب رودخانه به آبگیرها ممانعت شود زیرا حاوی مقادیر قابل توجهی اجسام شناور، درختان و غیره می‌باشند.

۲-۳ پیامدهای ناشی از انحراف رسوب در سازه‌های انتقال آب و تأسیسات آبگیر

در آبگیرها غالباً شیب کمتر از رودخانه می‌باشد و پتانسیل انتقال رسوب نیز کمتر است. بنابراین در صورت وارد شدن بار سنگین رسوب به کانالها، جریان آب قادر به انتقال بار وارده در شیب کم نبوده و الزاماً بخشی از رسوبات در کانال ته نشین خواهد شد. رسوبات ته نشین شده در دهانه آبگیر سبب بسته شدن آن و قطع جریان انتقال آب به کانال انحرافی خواهد شد. همچنین رسوب مواد منتقل شده در کانالهای انحرافی سبب کاهش ظرفیت انتقال کانال شده و بدین ترتیب انتقال آب موردنیاز یا پیش‌بینی شده در طراحی با مشکل مواجه خواهد شد. تجمع رسوبات در کانالها سبب رشد علفهای هرز شده و هزینه‌های سنگین لایروبی و تخلیه رسوبات را به دنبال خواهد داشت و در بدترین حالت ممکن است سیستم انتقال را غیرقابل استفاده نماید. زیانهای اقتصادی ناشی از این مسائل بر اساس جنبه‌های زیر ارزیابی می‌شود:

الف - سرمایه‌گذاری لازم برای بازگرداندن سیستم به وضعیت بهره‌برداری مطلوب که البته ممکن است همواره امکان‌پذیر نباشد زیرا حجم رسوباتی که باید تخلیه شود غالباً بسیار زیاد بوده و یا تخلیه رسوبات بی‌فایده است، زیرا این پدیده در سالهای متمادی تکرار می‌شود.

1 - Intakes With Excluder Tunnels

2 - Intakes With Boffles, Guidevanes, Deflectors

ب - عامل دیگری که به خصوص در مورد کانالهای انتقال آب برای آبیاری حائز اهمیت است، خسارات وارده به محصولات به علت نقایص سیستمهای آبیاری است که ممکن است به علت رسوبات موجود در آب به آنها وارد شده باشد، این موضوع به خصوص در آینده با متداول شدن سیستمهای آبیاری بارانی و قطره‌ای و نیز کنترل‌های اتوماتیک سیستم‌ها جدی‌تر خواهد شد.

در مورد رسوبات موجود در آب منحرف شده برای نیروگاههای برقایی مسائلی در ارتباط با بازه توربینها، قابلیت کاربرد شیرها و دریچه‌ها و نیز خسارات ناشی از سائیدگی پوشش تونلها باید مورد توجه ویژه قرار گیرد.

در مورد سایر مصارف آب مانند نیروگاههای برق هسته‌ای، قطع سیستم خنک کننده که می‌تواند در اثر کارکرد نامناسب تونل‌های انتقال آب ناشی از وجود رسوب در آنها حاصل شود. بسیار خطرناک خواهد بود. همچنین قطع یا ایجاد هر نوع وقفه در تأمین آب شهر به دلایل فوق تهدیدی برای سلامتی عمومی خواهد بود.

۴- روشهای کنترل رسوب در آبگیرها

یکی از مهمترین مسائلی که مهندسین هیدرولیک در طرحهای آبیاری و پروژه‌های برقایی با آن مواجه هستند کنترل رسوبات وارده به کانالهای آبرسانی و نیروگاهها است. زیرا معمولاً آبگیرها شیبی کمتر از مجرای اصلی داشته و پتانسیل انتقال رسوب در آنها کمتر می‌باشد. در مورد کانالهای نیروگاهها نیز کاهش شیب برای ایجاد بار لازم برای تولید نیرو مورد نیاز می‌باشد. در صورتی که بار رسوبی سنگینی وارد کانال شود جریان آب قادر به انتقال کل بار وارده در شیب کم نبوده و الزاماً بخشی از آن در خود کانال رسوب خواهد نمود. در مورد کانال نیروگاهها نیز مواد درشت دانه سبب زیانهایی به پره‌های توربینها می‌شود. به علت زیانهای ناشی از ورود رسوبات به کانالها روشهای مختلفی برای کنترل رسوب بکار برده می‌شود. این روشها که براساس محل کنترل رسوب تقسیم‌بندی شده‌اند عبارتند از: روشهای پیشگیری^۱ یا روشهای تخلیه رسوب و روشهای درمانی^۲ یا روشهای دفع رسوب.

عموماً فقط بخش درشت دانه رسوبات قبل از ورود به تأسیسات انتقال آب تخلیه می‌شود زیرا این رسوبات ممکن است در کانال انتقال ته‌نشین شده یا برای توربینها مضر باشند. ولی تخلیه سیلت و رس که از نظر کشاورزی مفید بوده و به علاوه تخلیه آنها بسیار مشکل و پرهزینه می‌باشد، مطلوب نیست و از این رو فقط رسوبات درشت‌تر از ۰/۰۷۲ میلیمتر تخلیه می‌شوند. بدیهی است اگر رسوبات در اندازه‌های سیلت و رس

1 - Preventive Methods or Sediment Excluders

2 - Curative Methods or Sediment Ejectors

درصد زیادی را تشکیل دهند، حتی با وجود هزینه زیاد باید آنها را خارج نمود. البته در مورد کمیت رسوبات درشتی که لازم است خارج شوند باید دقت شود، اگر رسوبات خیلی ریز به یک مجرای آبرفتی وارد شود، آب بیشتر رسوبات را از بستر و کناره‌ها برداشته و به رسوبگذاری (ته‌نشینی) در پایین دست منجر خواهد شد. قبل از تصمیم‌گیری در مورد روشهای تخلیه کردن یا دفع کردن باید از مقدار و اندازه‌های رسوبات حمل شده و نیز اندازه‌ها و مقدار رسوبات انتقال یافته به مجرا آگاهی یافت. روشهای مختلف کنترل رسوب و اقدامات مربوطه و اصول اساسی طراحی این تجهیزات به شرح زیر ارائه می‌شود.

۴-۱ اقدامات و عملیات کنترل رسوب

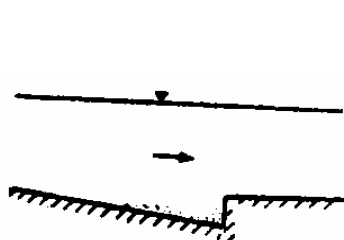
رسوبات را با تخلیه کردن و یا دفع کردن می‌توان کنترل کرد. با استفاده از اقدامات زیر می‌تواند کنترل رسوب را انجام دهد :

- ۱- شکاف^۱ - ۲- پله^۲ - ۳- حوضچه‌های ته‌نشینی^۳ - ۴- پره‌های منحرف‌کننده^۴، جداکردن جریانهای با حرکت کند^۵
- ۵- جداکردن آب جریان سطحی و زیرین^۶ - ۶- جریانهای غیرخطی^۶ - ۷- دریچه شستشو^۷، ۸- حوضچه‌های آرامش^۸، ۹- شبکه‌های توری^۹

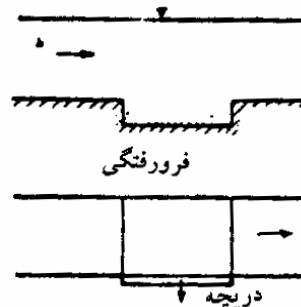
اگر سطح مقطع کانال انتقال‌دهنده آب حاوی رسوب افزایش یابد، سرعت و آشفتگی جریان در کانال بطور طبیعی کاهش می‌یابد و برحسب اندازه مواد معلق، سرعت جریان و طول مجرای که سطح مقطع آن افزایش یافته‌برخی از ذرات در بستر ته‌نشین می‌شوند. این روش کنترل رسوبات بسیار مؤثر بوده ولی برای خارج کردن ذرات بسیار ریز، سرعتهای خیلی کم و کانالهای طویل مورد نیاز است، بنابراین هزینه آن گران تمام می‌شود. شکاف، پله و حوضچه‌های آرام‌کننده براساس اصل فوق و اصل کاهش سرعت می‌باشند. که با احداث یک مقطع فرو رفته در عرض بستر کانال یا در جلوی سردهنه‌ها، وقتی آب مملو از رسوب از روی آن عبور می‌کند، بخشی از رسوبات به داخل آن افتاده و بعداً می‌توان آنها را تخلیه نمود. (شکل ۶)

-
- 1 - Slot
 - 2 - Step
 - 3 - Skinnmer Weir
 - 4 - Drawing off of Slow Moving Currents
 - 5 - Separation of Top and Bottom Water
 - 6 - Curved Currents
 - 7 - Sluice
 - 8 - Still Pond
 - 9 - Grillarge

در حالت ایجاد پله، کف کانال بتدریج فرو رفته، تشکیل حوضچه کوچکی در انتهای پایین دست داده و سپس بستر بطور ناگهانی به تراز معمولی خود تبدیل می شود. (شکل ۷)



شکل ۷- پله [۳]



شکل ۶- شکاف

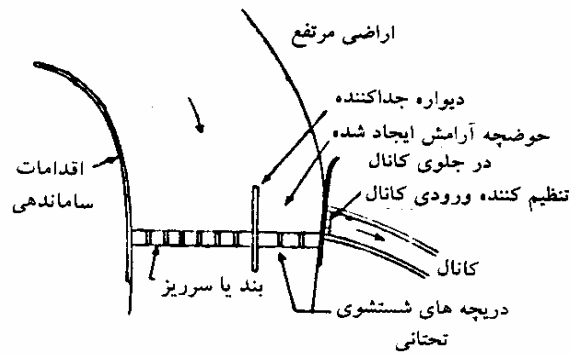
در مواردیکه رودخانه‌ها بار زیادی از رسوبات ریز حمل می کنند، حوضچه‌های رسوبگیر برای خارج کردن رسوبات احداث می شوند. این حوضچه‌ها برای تله اندازی مواد با قطر $0/072$ میلیمتر یا کوچکتر مؤثر می باشند.

مواد ته نشین شده در شکاف، حوضچه رسوبگیر و پله به کمک جریان با سرعت زیاد از طریق تخلیه کننده‌هایی که به صورت دریچه‌های تخلیه به همین منظور ایجاد شده شستشو می شوند. همچنین می توان بطور متناوب مواد ته نشین شده در حوضچه رسوبگیر را لایروبی نمود. با توجه به اینکه در جریان آب توزیع رسوبات در جهت عمودی غیریکنواخت می باشد با دور کردن جریانهای بستری حاوی رسوبات زیاد می توان رسوبات وارده به کانال را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. این عمل را می توان به کمک پره‌های منحرف کننده، (شکل ۸)، سرریزهای جداکننده سطحی و یا آبپایه‌های مرتفع انجام داد.

یک حوضچه آرام کننده مطابق شکل‌های ۸ و ۹ درست در بالادست دریچه شستشو واقع شده و از کانال اصلی توسط یک دیواره تقسیم کننده جدا می شود. احداث دیواره جداکننده در حالتی که دریچه شستشو بسته باشد ناحیه‌ای با سرعت کم در آبگیر کانال ایجاد نموده و موجب ته نشینی سریع مواد رسوبی حمل شده توسط رودخانه می گردد و در هنگام بازبودن دریچه شستشو ناحیه تأثیر آن را افزایش می دهد.

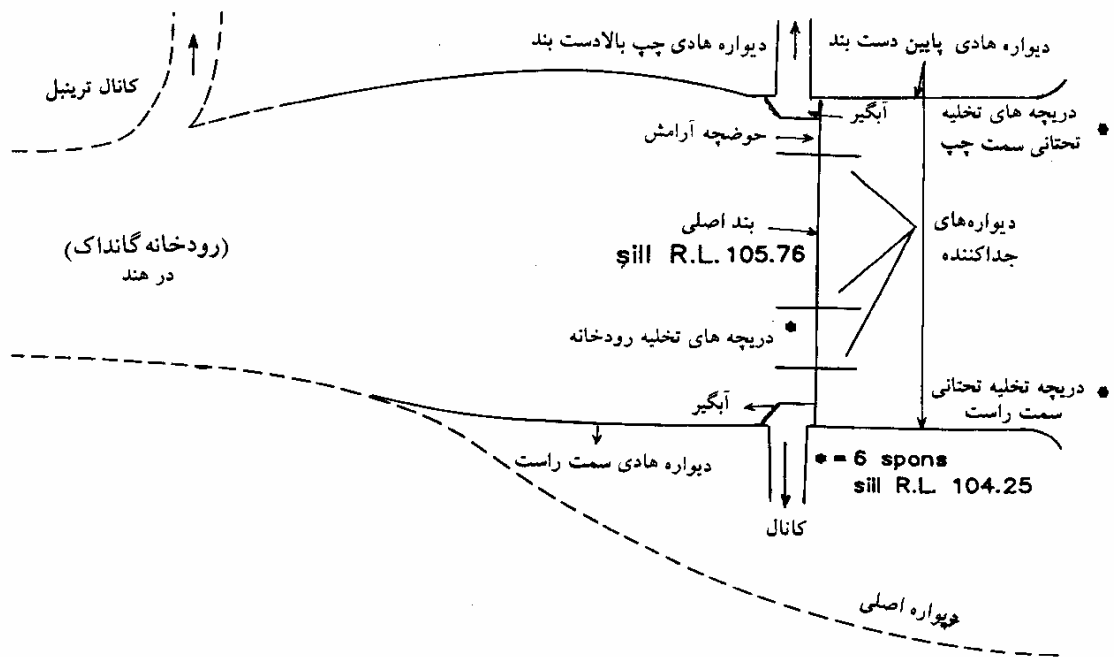


شکل ۸- پره‌های منحرف کننده در مسیر کانال انتقال آب



شکل ۹- نمونه ای از آبیگر کانال روی رودخانه‌ای در هند [۳]

دریچه‌های شستشو برای شستشوی مواد ته‌نشین شده در شکافها و حوضچه‌های رسوبگیر، مورد استفاده قرار می‌گیرند. گاهی می‌توان یک شبکه توری در بستر قرار داد که سبب غلطیدن مواد درشت به پایین‌دست شده و آب نسبتاً پاک از زیر شبکه بیرون می‌رود.



شکل ۱۰- دیواره جداکننده همراه با دریچه‌های شستشو در سد گانداک (هند) [۱]

۲-۴ روشهای پیشگیری (روشهای تخلیه رسوب قبل از ورود به کانال انتقال)

این روشها به عنوان روشهای پیشگیری شناخته شده‌اند. در این روشها بخشی از رسوبات ورودی به سازه آبیگر قبل از رسیدن به کانال انتقال توسط آن حذف می‌گردد. تجهیزات مورد استفاده در این روشها تخلیه‌کننده نامیده شده و عبارتند از:

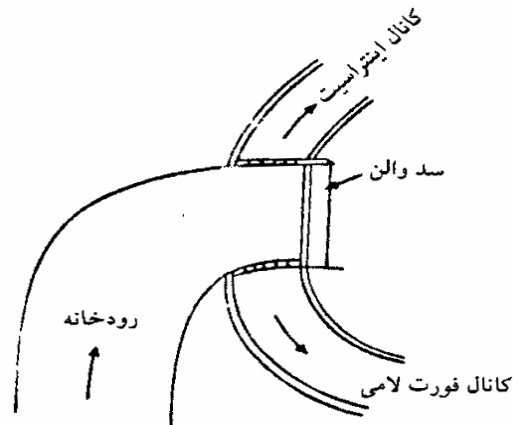
اولین و مهمترین نکته در تخلیه رسوبات درشت انتخاب صحیح و دقیق محل آبگیر (سردهنه) کانالها است. در مواردیکه کانال از بازه مستقیم رودخانه آبگیری می‌کند مقدار بار رسوب منحرف شده به داخل کانال وقتی در حدمتوسط است که درصد آب منحرف شده بسیار جزیی باشد، در صورت انحراف درصد بیشتری از آب رودخانه به کانال، درصد بسیار زیادی از بار رسوب وارد کانال می‌شود. در چنین مواردی یک آبیایه مرتفع ممکن است تا حدی مقدار رسوبات درشت وارده به کانال را کاهش دهد.

در هندوستان بر روی اهمیت محل سردهانه‌های کانالها در بخش خارجی قوس تأکید شده است، این مسئله توسط شاکلیش نیز تأیید شده است. محل انحراف باید در بخش خارج منحنی و در پایین دست مقطعی که جریان مارپیچی یا حلزونی (که مسئول انحراف بار بستر به سمت داخل می‌باشد)، قرار گیرد. اطلاعات با جزئیات بیشتر در مورد محل این نقطه بصورت تابعی از شدت انتقال بار بستر، اندازه ذرات منتقل شده بعنوان بار بستر، مقدار جریان، اندازه قوس و مشخصات مجرا در دسترس نیست. اما بطور تجربی توصیه شده که سردهنه‌ها باید در $35^{\circ} - 40^{\circ}$ پایین دست نقطه شروع قوس قرارگیرند. اگر آبگیر در قوس داخلی واقع شده باشد، کانال بطور طبیعی درصد زیادی از رسوبات درشت را دریافت خواهد کرد. شاکلیش اثر چنین محل نادرستی را در مورد کانال آب نیروگاه چورز^۱ روی رودخانه رم تذکر داده است. که به علت قرار گرفتن آبگیر در بخش داخلی قوس، کانال مقادیر زیادی ماسه دریافت می‌نماید که باید غالباً طی یکسال تخلیه گردد.

در مواردی که آبگیری کانال از دو سمت یک سرریز یا سد در محل قوس انجام شود، کانالی که از بخش داخلی یا قسمت مقعر قوس آبگیری می‌کند در مقابل خطرات رسوبگیری آماده باشد. یک مثال ترسیمی چنین وضعیتی سد والن^۲ روی رودخانه نورت پلات در وایومینگ^۳ به ارتفاع ۱۰/۵ متر و طول ۹۱/۵ می‌باشد. سد در پایین دست یک قوس 90° رودخانه واقع شده، با دو آبگیر از دو سمت، که آبگیری کانال ایتراسپیت^۴ از بخش محدب و آبگیری کانال فورت لارامی^۵ از بخش مقعر انجام می‌شود. همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده کانال ایتراسپیت از زمان ساخت بنحو کاملاً مطلوبی عمل نموده است.

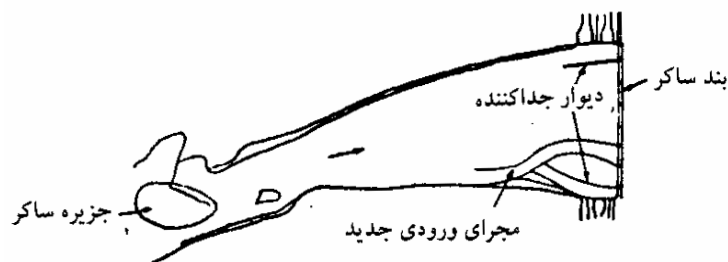
مشکلات رسوبگذاری جدی در سالهای اولیه در کانال فورت لارامی وجود داشت. که بعنوان یک اقدام درمانی، یک حوضچه رسوبگیر جامع طراحی و متعاقباً ساخته شد. حوضچه رسوبگیر ۱۸۳ متر طول و $43/75$ متر عرض داشته و در فاصله ۱۲۲ متری پایین دست دریچه آبگیر کانال^۶ واقع شده است.

1 - Chevers
2 - Whalen
3 - Wyoming (U.S.A), North Platte
4 - Interspace
5 - Fort Larami
6 - Head Gates



شکل ۱۱- آبیگرهای کانال رودخانه نورت پلات (U.S.A)

نمونه دیگر آبیگر کانالهای دو طرف سد ساکر^۱ در بازه منحنی شکل رودخانه ایندوس^۲ در پاکستان می‌باشند. آبیگر کانالهای واقع در بخش محدب بنحو کاملاً مطلوبی کار می‌کنند، در حالیکه آبیگر کانالهای واقع در بخش مقعر را رسوب گرفته و ظرفیت آنها تقلیل یافته است. موقعیت محل با ایجاد یک بازه قوسی که انحنای لازم برای جریان را ایجاد می‌کند اصلاح گردیده است. (شکل ۱۲)



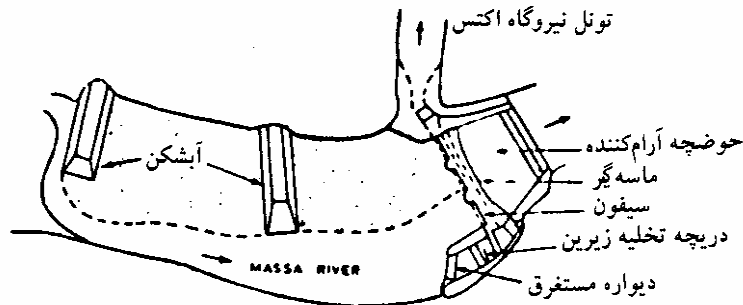
شکل ۱۲- سد ساکر روی رودخانه ایندوس

در مورد کانال میتهارو^۳ از رودخانه نارای غربی^۴ (پاکستان) که با مسئله مشابهی از نظر دریافت بخش عظیمی از بار رسوبات مواجه بود، راه حلی براساس ایجاد انحنای پیشنهاد شد و مورد استفاده قرار گرفته است.

وضعیت آبیگر مربوط به نیروگاه التیس^۵ روی رودخانه ماسا^۶ در (سوئیس) منحصر بفرد می‌باشد. این کانال در بخش مقعر رودخانه باید احداث می‌شد و در نتیجه بخش عظیمی از رسوبات را دریافت می‌نمود. بنابراین

- 1 - Sukker
- 2 - Indus
- 3 - Mitharo
- 4 - Estern Nara
- 5 - Aletsch
- 6 - Massa

همانطور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است آبیگر در بخش محدب رودخانه ساخته شد و آب از طریق یک سیفون معکوس به بخش مقعر منتقل گردیده است.

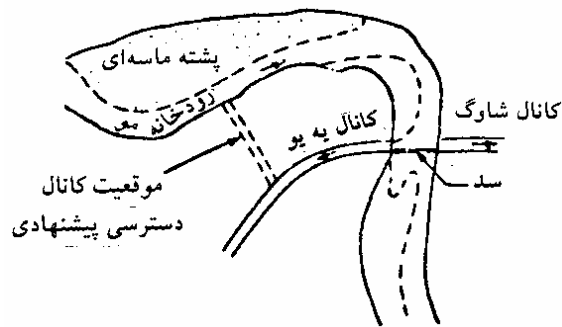


شکل ۱۳- آبیگر نیروگاه التس روی رودخانه ماسا در سویس

در برخی موارد آبیگر کانال را باید بنحوی به بالادست منتقل کرد که بتواند آب عاری از رسوب دریافت کند. این راه حل برای آبیگر سر دهنه کاهو^۱ کانال یه یو^۲ روی رودخانه بورما^۳ پیشنهاد شد. سرریزهای انحرافی یکسان. هر دو کانال یه یو و کانال شاوگ^۴ را همانطور که در شکل ۱۴ نشان داده شده، سرویس می دهد. چون کانال یه یو از بخش مقعر آبیگری می کند، مقدار زیادی رسوب دریافت می کند. لذا طبق مطالعات مدل در مرکز تحقیقات آب و برق^۵ در پونا (هند)، پیشنهاد شد: یک کانال جدید که از سمت محدب قوس بالادست سردهنه آبیگری می نماید، ساخته شده و یک سرریز مستغرق برای انحراف آب در بخش بالایی کانال ساخته شود. راه حل‌های بحث شده تأکید می کند که لازم است محل آبیگر در قوس خارجی قرار گیرد. لیکن استفاده از انحنای مناسب برای کانالهایی که آبیگرهایی از دو سمت قوس منشعب می شوند امکان پذیر نیست. CBIP^۶ (هند) پیشنهاد نموده در مواردی که کانالی بده بیشتری انتقال می دهد در سمت محدب قرار گیرد.

مطالعات مدل انجام شده در مورد سردهنه آبیگرهای مختلف، و همچنین مشاهدات مربوط به کارهای اجرا شده نشان داده که زاویه بین آبیگر و بند^۷ در کنترل رسوبات وارده به کانالها حائز اهمیت می باشد. برای ایجاد انحنای درست در جریان و حداقل نمودن ورود رسوبات باید آبیگر کانالها بنحوی واقع شود که زاویه بین 80° - 75° با بند یا محور سرریز ایجاد کند. بعبارت دیگر با زاویه بین 10° - 15° نسبت به جریان قرار داده شوند.

1- Kaho
2 - ye - u
3 - Burma
4 - Shwage
5 - Central Water Power Research Station (CWPRS)
6 - Central Board of Irrigation and Power (CBIP)
7 - Barrage



شکل ۱۴- محل آبیگرهای کانال به یو روی رودخانه مو (بورما)

۴-۲-۲ تجهیزات^۱ مختلف برای کنترل ورود رسوبات به سردهنه‌ها [۳]

در مواردیکه بازه منحنی شکلی برای احداث بند و سردهنه کانالها یافت نشود، آبیگر باید در یک بازه مستقیم قراردادده شود. در چین مواردی تجهیزاتی برای جلوگیری از ورود ماسه به کانال (انحرافی) مورد نیاز می‌باشد. حتی درحالت بازه قوسی نیز این تجهیزات برای اصلاح کنترل ورود رسوبات بکار برده می‌شود. این تجهیزات عبارتند از :

۴-۲-۲-۱ دیواره‌های جداکننده

دیواره جداکننده، جریان بالادست را از بند جدا می‌کند و با سردهنه تقریباً موازی می‌باشد. این دیواره، آبراهه‌های اصلی را از دریچه‌های شستشوکننده^۲ جدا می‌کند (شکل ۹). دیواره جداکننده اهداف زیر را دنبال می‌کند.

- حوضچه آرامش^۳ در جلوی تنظیم‌کننده کانال ایجاد می‌کند.
- انحنای جریان را تشدیدنموده بنحوی که به انحراف مواد درشت بخارج از کانال کمک می‌کند .
- تنظیم‌کننده را از جریان اصلی جدا می‌کند .

تحقیقات انجام شده توسط اینگلس و جاگلکار و مطالعات CBIP اطلاعات با ارزشی در مورد ضوابط طراحی دیواره‌های جداکننده فراهم نموده است. در صورت ایجاد دیواره جداکننده، با بازکردن دریچه های شستشوکننده تحتانی (شکل ۹)، نسبت سرعت آب در رودخانه به سرعت آب در حوضچه ایجاد شده

بیشتر از ۱ می باشد به طوری که یک انحنای مقعر مطلوب ایجاد شده و سرعت آب در حوضچه $\frac{U_{\text{رودخانه}}}{U_{\text{حوضچه}}}$ به اندازه ای کم می‌شود که رسوبات درشت ته نشین شوند. در این حالت عرض حوضچه آرامش (رسوبگیر) باید به اندازه ای باشد که به ازای وضعیت موجود، نسبت سرعت آب در رودخانه به سرعت آب درحوضچه، دبی ورودی به حوضچه مساوی دبی برداشت شد، توسط کانال یا کانالهای انشعابی باشد. در اکثر سردهنه‌های ساخته شده در پنجاب طول تنظیم‌کننده کانال به طول دیواره جداکننده (شکل ۹) از ۰/۱۴۵ تا ۱/۱۸ تغییر می‌کند.

1 - Appurtenances
2 - Undersluice
3 - Quite Pool

ولی، در بعضی از سازه‌های قدیمی‌تر، دیواره‌های جداکننده معمولاً طویل هستند. توصیه شده است که چنانچه فقط یک کانال از سرریز (سد) آبرگیری می‌کند، طول دیواره تقسیم‌کننده باید $\frac{2}{3}$ طول آبرگیر کانال^۱ باشد. در حالتیکه بیش از یک کانال از یک ساحل آبرگیری می‌نماید. دیواره تقسیم‌کننده باید کمی بیشتر از انتهای بالادست کانال بالاتر امتداد یابد. مشخص شده است که برای هندسه معینی از نظر موقعیت و نسبت مشخص $\frac{Q}{\text{کانال}}$ ، باید نسبت بهینه‌ای برای طول دیواره جداکننده به عرض حوضچه موجود باشد.

تجربه نشان داده است که انحراف ناچیز دیواره تقسیم‌کننده کارآیی آن را اصلاح می‌نماید. لیکن توصیه گردیده که انحراف نباید از $\frac{1}{10}$ مقدار تعیین شده بیشتر شود. همین تجربه نشان داده در حالتی که دماغه دیواره دارای شیب ۱ (قائم) : ۳ (افقی) باشد، آبستگي در دماغه دیواره تقسیم‌کننده نسبت به حالت قائم، ناچیز خواهد بود.

دیواره جداکننده یکی از طرحهای غالب در بسیاری از کارهای انحراف آب در رودخانه‌ها است. نمونه‌ای از این نوع دیواردر شکل ۱۰ نشان داده شده است. این دیوار در سمت چپ، بند را به دو قسمت یعنی بخش دریچه تحتانی نزدیک آبرگیرانحرافی و بدنه بند تقسیم می‌کند [۱].

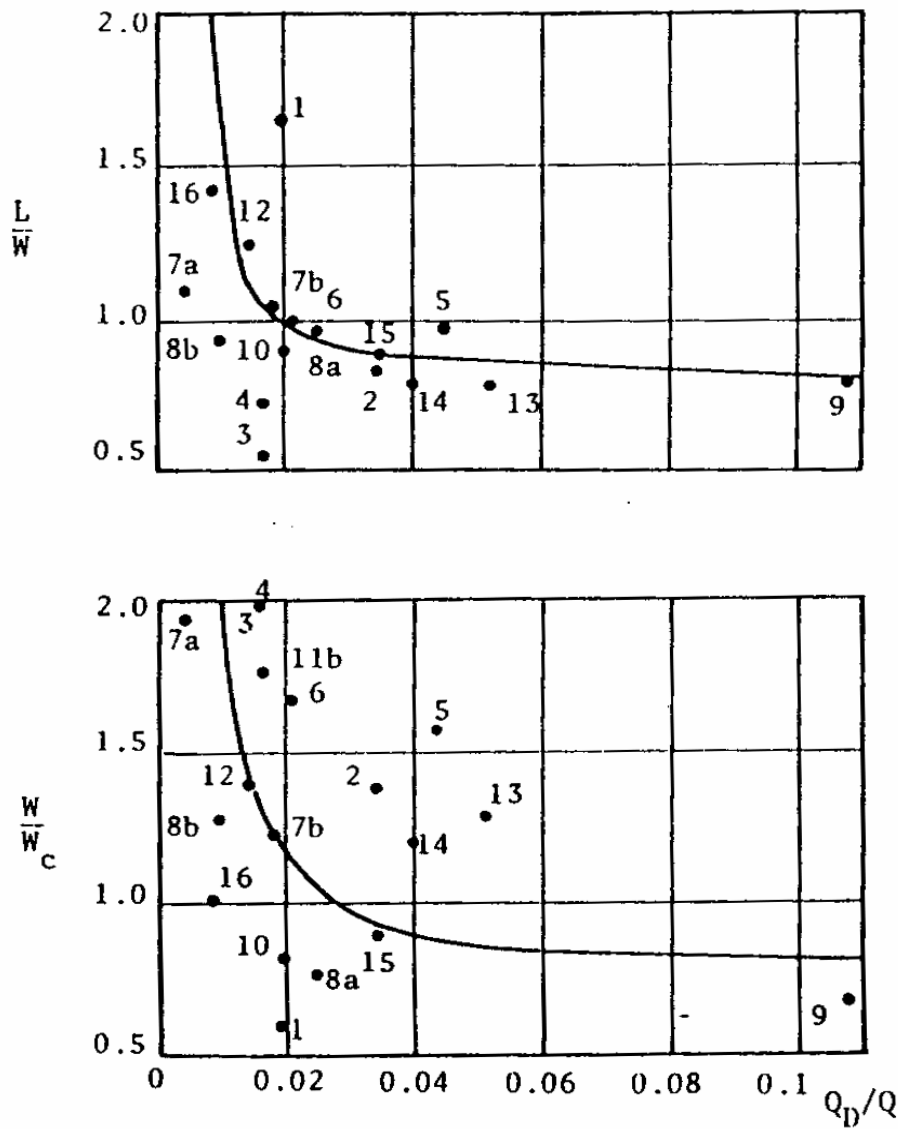
دیواره جداکننده معمولاً در بالادست و پایین‌دست بند امتداد می‌یابد. بخش بالادست (سراب) به ایجاد شرایط جریان کنترل شده کمک نموده و طول پایین‌دست برای مقابله با جریانهای عرضی و خسارتی که این جریانها می‌توانند ایجاد کنند به کار می‌رود. حوضچه تشکیل شده به وسیله دیواره جداکننده در جلوی دریچه‌های تخلیه تحتانی و آبرگیرهای انحرافی در رسیدن به اهداف زیر کمک می‌کند .

– ایجاد حوضچه ته‌نشینی جلوی آبرگیرهای انحرافی، هنگام بسته بودن دریچه‌های تخلیه، بدین ترتیب مقدار رسوب منحرف شده را کاهش می‌دهد (مواد ته‌نشین شده متناوباً از طریق دریچه‌ها شسته شده و به طرف پایین دست منتقل می‌شوند).

– ایجاد انحناي جریان در ورودی حوضچه، به خصوص هنگام زیاد بودن ارتفاع جریان خروجی از دریچه‌های نزدیک دیواره جداکننده انحناي جریان به حمل رسوبات درشت به خارج از ورودی حوضچه کمک می‌کند.

نسبت سرعت آب رودخانه از دریچه‌های نزدیک به بند (شکل ۱۰)، V_r ، به سرعت در حوضچه V_p ، بزرگتر از یک حفظ می‌شود. جریان عبوری از دریچه‌های نزدیک به بند، سبب ایجاد انحناي موضعی جریان شده و رسوبات را توسط جریان معکوس نزدیک بستر به خارج از ورودی حوضچه منتقل می‌کند. این عمل با ایجاد حفره فرسایشی که در دماغه دیواره توسعه می‌یابد تقویت می‌شود. برای کنترل بهتر نسبت $\frac{V_r}{V_p}$ در برخی از بندهای جدید یک حوضچه اضافی با دریچه‌های شستشوی تحتانی ترکیب می‌شود. گرچه طول متداول دیواره جداکننده بالادست از حدود $\frac{2}{3}$ تا تمام عرض ورودی سازه انحراف می‌باشد، ولی طول بهینه ای برای دیوار جداکننده و نیز عرض بهینه‌ای وجود دارد. داده‌های حاصله از سری‌های ساخته شده در هند نشان می‌دهد که

نسبت طول دیواره جداکننده به عرض حوضچه $\frac{L}{W}$ و عرض حوضچه به عرض آبگیری انحرافی $\frac{W}{W_c}$ در حوضچه با نسبت دبی انحرافی به دبی رودخانه $(\frac{Q_D}{Q})$ دارای رابطه مشخص می باشد.



شکل ۱۵- رابطه بین نسبت طول دیواره جداکننده به عرض حوضچه $\frac{L}{W}$ و عرض حوضچه به عرض آبگیری انحرافی $\frac{W}{W_c}$ به صورت تابعی از نسبت جریان $\frac{Q_D}{Q}$ (شارما ۱۹۷۷)، اعداد روی شکل به داده‌های تعیین شده در جدول ارائه شده توسط نویسنده اشاره دارد.

حوضچه‌های خیلی باریک در سرعت‌های زیادتر سبب ورود رسوبات بیشتری به درون حوضچه می‌شود، در حالیکه در حوضچه‌های خیلی عریض، هسته چرخشی به صورت یک جریان موازی با بند در جلوی دریچه‌های

بسته توسعه می‌یابد. این چرخش تأثیر حوضچه را به عنوان یک حوضچه ته‌نشینی کاهش می‌دهد. حد بالایی تراز دیواره جداکننده بالاتر از تراز جریان سیل طراحی حفظ می‌شود تا از سرریز شدن آب جلوگیری شود. اگر جلوی دیواره جداکننده با یک لایه پوشش سنگی متناسب با شرایط موضعی حفاظت نشود، دماغه به صورت پایه پل که با جریان زاویه‌ای تشکیل داده، عمل می‌کند.

۴-۲-۲-۲ آبیانه‌های برآمده (مرتفع) و سرریزهای جداکننده سطحی

عموماً آبیانه‌ها با یک جداکننده سطحی یا یک آبیانه برآمده در ورودی آن ایجاد می‌شود. آبیانه مرتفع سبب می‌شود که آب سطحی حاوی رسوبات ریز وارد کانال شده، لذا از ورود رسوبات درشت به کانال جلوگیری می‌شود. اثر دیگر احداث آبیانه این است که در صورت احداث آن، لازم است که تراز آب دو حوضچه در حد بالایی نگهداری شود که خود سبب کاهش سرعت و در نتیجه کاهش مقدار ماسه وارده به حوضچه می‌شود. براساس نظر شاکلیش، ارتفاع آبیانه در بالای بستر رودخانه یا در نزدیکی دریچه شستشو مهم نیست بلکه عمق آبیانه در زیر تراز کامل مخزن، میزان مؤثر بودن آن را در جلوگیری از ورود مواد درشت تعیین می‌کند. مطالعات مدل‌لاهور^۱ نشان داده که برای تخلیه مواد درشت، نسبت ارتفاع آبیانه به عمق حوضچه حداقل باید ۰/۳ باشد. در برخی از سردهنه‌هایی که در پنجاب ساخته شده ارتفاع آبیانه ۲ الی ۲/۵ متر بالاتر از کف حوضچه می‌باشد. در سردهنه کانالهای ساخته شده در اوتارپرداش هند، بسته به اینکه تونل تخلیه احداث شده باشد یا نه آبیانه‌ها ۱/۲ تا ۲/۱ متر بالاتر از کف حوضچه قرار می‌گیرند. (این نسبت در استاندارد طراحی در ایران حداقل ۱ متر در نظر گرفته شده است). مشاهدات صحرائی و مطالعات مدل در هند نشان داده که آبیانه‌های مرتفع کاربرد محدودی دارند. تجربه در سد ساکر نشان داده که شستشوی مکرر رسوبات با روش تخلیه غیراقتصادی است. وقتی حوضچه پر می‌شود، هر بار بستری که به داخل آن غلطیده می‌شود راه خود را به داخل کانال باز می‌کند.

۴-۲-۲-۳ سکوی پیش‌آمده^۲

احداث سکوی پیش‌آمده (نفوذی) به درون رودخانه در جلوی آبیانه، از اقداماتی است که برای تخلیه رسوبات وارده به داخل کانال انجام می‌شود. لیکن آزمایشهای انجام شده با مدل و مشاهدات صحرائی نشان داده که ساخت سکوی پیش‌آمده در سردهانه‌های کانالهای بزرگ مؤثر نیست. زیرا در جلوی تنظیم‌کننده، سکوها در زیرتجمع رسوبات دفن شده و گاهی نسبت به حالتی که این سکوها وجود ندارد حتی سبب ورود رسوب بیشتری به کانال می‌شود. پس از ساخته شدن سکوی پیش‌آمده در جلوی کانال یامونا^۳ غربی در تاج والاء^۴ (هند) مشاهده شد در جلوی کانال، رسوبات مرتفعی تشکیل شده که در بعضی نقاط تراز بستر مواد ته‌نشین شده بلندتر (مرتفع‌تر) از خود سکو بود. ولی این نوع سکوها، اصلاح شده‌اند و برای کنترل ورود رسوبات به کانالهای

1 - Lahore
2 - Cantilever Platform
3 - Yamuna
4 - Tajewala

انشعابی با دبی‌های کم مفید خواهد بود. در چنین مواردی سکوها از ساروج یا چوب ساخته شده و ۰/۶ تا ۰/۹ متر بلندتر از بستر کانال می‌باشند.

۴-۲-۲-۴ دریچه تخلیه زیرین^۱

تجهیزات سردهنه‌های ذکرشده قبلی تجمع رسوب قابل ملاحظه‌ای جلوی آبگیر در کانال ایجاد می‌کنند. این مواد باید شسته شده و خارج شوند. این کار به کمک دریچه‌های تخلیه‌کننده زیرین (دریچه تخلیه^۲) انجام می‌شود. به‌علاوه با بهره‌برداری مناسب دریچه‌های تخلیه، کنترل ورود رسوبات به داخل کانال امکان‌پذیر می‌شود. موقعیت دریچه تخلیه نسبت به بند و آبگیر در شکل ۹ نشان داده شده است.

فاکتورهای مهمی که باید در طراحی دریچه‌های تخلیه در نظر گرفته شوند عبارتند از: موقعیت دریچه معکوس^۳، ظرفیت دریچه‌ها و ابعاد آنها. هدف اصلی طراحی این است که دریچه تخلیه، آبستگي شدیدی در حوضچه ایجاد نموده و مواد ته‌نشین شده را خارج کند. دریچه معکوس باید پایین بوده و راههای تخلیه (خروجی‌های دریچه‌های تخلیه) باید باریک باشند. در استانداردهای هند [۱] پنج ضابطه برای متناسب کردن عرض حوضچه و دریچه‌های تخلیه زیرین ارائه شده است.

- ظرفیت دریچه تخلیه زیرین باید حداقل دو برابر ظرفیت کانال باشد .
- دریچه تخلیه زیری باید قادر به انتقال ۱۰ تا ۲۰٪ از دبی سیل حداکثر در سیلابهای شدید باشد.
- دریچه تخلیه باید به حد کافی عریض باشد تا سرعتهای ورودی به حد کافی کمتر از سرعتهای بحرانی حفظ شود و از رسوب نمودن حداکثر بار معلق اطمینان حاصل شود.
- در مورد سرریزها، حوضچه باید قادر به انتقال اولین و کمترین سیلابها برای ایجاد امکان بهره‌برداری دریچه‌های تاجی^۴ باشد.
- در مواردی که از تخلیه‌کننده‌های سیلت استفاده می‌شود، عرض حوضچه باید براساس سرعت موردنیاز درحوضچه تعیین شود تا موجب ته‌نشینی شود. در نقاطی که عرض سد قابل توجه باشد. به منظور اقتصادی نمودن هزینه ها، برای تخلیه اولین و کمترین سیلابها می توان، دریچه‌های اتصالی از رودخانه به حوضچه احداث نمود.

(لوی^۵) برای پیش‌بینی سرعت لازم به‌منظور ایجاد اثر شستشوی مطلوب و محاسبه زمان تخلیه مورد نیاز برای شستشوی عمق معینی از رسوبات از تئوری نیروی مالشی استفاده نمود.

1 - Undersluices
2 - Sluiceway
3 - Sluice Invert
4 - Crest Gates
5 - Levy

۴-۲-۵ اقدامات ساماندهی رودخانه^۱

شرایط مطلوب (در مورد پایداری، انحناء و محل عبور^۲) در بازه بالادست رودخانه را می‌توان به کمک انجام اقدامات ساماندهی مناسب به دست آورد.

این روش‌ها شامل استفاده از دیواره‌های حفاظتی^۳، آبشکن‌ها^۴ و جزایر پلکانی^۵ می‌باشند. دیواره‌های حفاظتی در یک طرف یا دو طرف سازه برای محدود کردن جریان رودخانه در یک مجرای مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مورد رودخانه‌های آبرفتی که میل به پیچ و خم دار شدن دارند، دیواره‌های حفاظتی همچنین رودخانه را در یک بازه محدود پایدار می‌نمایند. دیواره‌های حفاظتی که برای کنترل ورود رسوبات مورد استفاده قرار می‌گیرند عموماً مقعر، محدب، یا ترکیبی از آنها می‌باشند و بستگی به نیاز در شرایط خاص دارند، این نوع دیواره‌های حفاظتی برای سد ساکر پاکستان و بسیار از بندهای هند احداث شده‌اند (شکل ۹). این دیواره‌ها همچنین برای سد انحرافی ریپابلیک^۶ و سد انحرافی بارتلی^۷ بر روی رودخانه ریپابلیک در ایالات متحده پیشنهاد شده‌اند.

رودخانه‌های آبرفتی در دبی‌های کم در مجرای کاملاً مشخصی جریان یافته ولی در دبی‌های زیاد در سراسر دشت گسترش می‌یابند. در نتیجه طول پلهای احداث شده روی این رودخانه‌ها باید به صورت غیرعادی بزرگ بوده و به علاوه هیچ تضمینی وجود ندارد که در تمام طول سیل در محل پل ایجاد خطر نکند. مواردی با چنین ویژگی با احداث دیواره‌های حفاظتی اصلاح شده است. احداث دیواره‌های حفاظتی سبب می‌شود که رودخانه بین پایه‌های پل حرکت کند. فاصله این دیواره‌های حفاظتی منطبق با عرض مورد نیاز رودخانه برای عبور دبی سیل طرح می‌باشد. این نوع هدایت جریان هنگام ساخت سرریزهای با ارتفاع کم^۸ یا احداث بند در رودخانه‌های آبرفتی انجام می‌شود. برای هدایت جریان در محل سرریز یک جفت دیواره حفاظتی احداث می‌شود که از سرریزها نیز حفاظت نماید.

باندهای حاشیه‌ای و آبشکن‌های جانبی جریان را از طریق دیواره‌های حفاظتی هدایت نموده و دیواره‌های حفاظتی تضمین می‌کند که رودخانه از دو سمت به سرریز هجوم نیاورند.

-
- 1 - River Training
 - 2 - Approach
 - 3 - Guide Banks
 - 4 - Spurs
 - 5 - Pitched Islands
 - 6 - Republic
 - 7 - Bartley
 - 8 - Low Head Wier

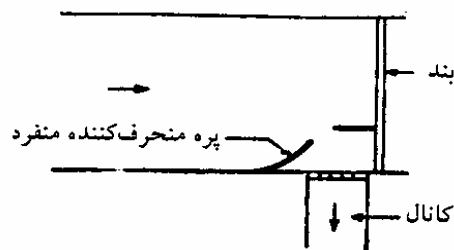
جزیره پلکانی، جزیره‌ای است که به‌طور مصنوعی در رودخانه ایجاد می‌شود و از نظر فرسایش با ایجاد پوشش سنگی در همه کناره‌های آن حفاظت می‌شود. چنین جزیره‌ای به تنهایی یا با ترکیبی از سایر اقدامات، به اهداف مختلفی کمک می‌کند. ولی در ترکیب با تخلیه‌کننده رسوب به دو هدف اصلی خدمت می‌کند. یکی توزیع جریان و دیگری ایجاد انحنا مطلوب. محل، فضا و ابعاد جزیره معمولاً در موارد جداگانه با مطالعات مدل تعیین می‌شوند. وقتی کانالها، از دو سمت یک رودخانه عریض آبرگیری می‌کنند، یک جزیره مرکزی برای ایجاد انحنا مناسب در دو ساحل رودخانه ساخته می‌شود. نمونه‌ای از این جزایر در سردهانه‌های سالمنکی^۱ روی رودخانه سوتلیج^۲، در پنجاب ساخته شده‌اند.

آبشکنها سازه‌هایی هستند که در جهت عمود بر جریان رودخانه از سواحل رودخانه به سمت داخل رودخانه توسعه می‌یابند. آبشکنها برای هدایت جریان رودخانه در طول یک بازه رودخانه به‌کار می‌روند. آبشکنها همچنین برای حفاظت ساحل یا انحراف مسیر عمومی جریان کاملاً مفید می‌باشند. چنین آبشکنهایی در آبرگیرهای نیروگاه التف رودخانه ماسا (سوئیس) مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شکل ۱۳).

۴-۲-۲-۶ پره‌های منحرف‌کننده^۳

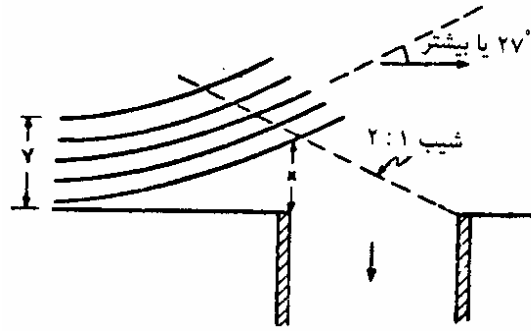
هنگام آبرگیری کانال از یک بازه مستقیم که هیچ راه دیگری برای ایجاد انحنا موضعی جریان وجود ندارد، ساخت یک یا چند پره منحرف‌کننده در بستر (کف) رودخانه مفید می‌باشد.

یک پره منحنی شکل مستغرق به ارتفاع تقریباً برابر $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{4}$ عمق آب در جریان اصلی، در مسیر پایین‌دست و پیش‌آمده از دیواره (ساحل) انحنا موضعی به حدی ایجاد می‌کند که مواد بستر را به خارج از دیواره و به سمت محور رودخانه منحرف می‌کند (شکل ۱۶). پره‌ها باید به حد کافی در بالادست واقع شوند به طوری که هر نوع آشفته‌گی جریان که مواد را به حالت معلق تبدیل می‌کند قبل از رسیدن جریان به کانال انحرافی خود را مستهلک نماید. توصیه شده است که پره‌ها باید دارای قسمت فوقانی افقی بوده و شعاع آنها از ۶ تا ۱۲ متر یا بیشتر باشد.



شکل ۱۶- پره منحرف‌کننده منفرد

- 1 - Sulemanki
- 2 - Sutlej
- 3 - Deflecting Vanes



شکل ۱۷- پره کینگ

یکی از انواع پره‌های منحرف‌کننده پره‌های کینگ می‌باشند. پره‌های کینگ تعدادی پره منحنی شکل مستغرق می‌باشند که موازی یکدیگرند. این پره‌ها از بالادست آبگیر شروع شده و مماس بر جریان می‌باشند و با زاویه‌ای که در شکل (۱۷) نشان داده شده ختم می‌شوند.

پره‌های مستغرق کینگ مشابه پره منفرد است، ولی پره‌های کینگ بسیار مؤثرتر از پره منفرد، منحرف‌کننده می‌باشند. ضوابط طراحی پره‌های کینگ عبارتند از:

شعاع پره‌ها:

شعاع لازم عموماً بستگی به سرعت داشته، هرچه سرعت متوسط بیشتر شود، شعاع باید بزرگتر باشد. حداقل شعاع ۷/۵ متر و ترجیحاً ۱۲ متر یا بیشتر می‌باشد.

انتهای پایین‌دست پره‌ها:

انتهای پایین‌دست پره‌ها باید مماس بر خطوطی باشد که زاویه‌ای بیشتر از ۲۷ درجه با مسیر جریان دارند (یعنی شیب ۲:۱) همانطور که در شکل ۱۶ نشان داده شده است. اگر پره‌ها به اندازه کافی به پایین‌دست توسعه نیابند، طبق ضابطه (طول پره‌ها)، باید در خطوط مستقیم با شیب ۲:۱ (قائم: افقی) نسبت به محور مرکزی کانال توسعه امتداد یابند.

فاصله پره‌ها از آبگیر:

فاصله درازترین پره از آبگیر (X) باید بیشتر از ۱/۵ متر بوده و غالباً بین ۱/۵ تا ۳/۶ متر تغییر می‌کند.

طول پره‌ها:

پره‌ها به‌طور معمول باید جلوتر از خط رسم شده از انتهای پایین‌دست آبگیر که با شیب ۲:۱ در جهت بالادست نسبت به محور مرکزی رسم شده، امتداد یابند (شکل ۱۷). در برخی موارد پره‌ها ۱/۶ تا ۱/۵ متر جلوتر از این خط طراحی می‌شوند.

طول مجرای تحت پوشش پره‌ها:

عرض کانال اصلی پوشش شده توسط پره‌ها در بالادست (فاصله) Y باید $\frac{1}{2}$ عرض کانال باشد. در کانالهای

کوچک Y معمولاً بیشتر از $\frac{1}{2}$ عرض کانال می‌باشد و حداقل آن ۱/۶ متر است.

ارتفاع پره‌ها:

ارتفاع معمولی پره‌ها باید $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{4}$ عمق آب در مجرای اصلی در دبی طرح باشد.

ضخامت پره‌ها:

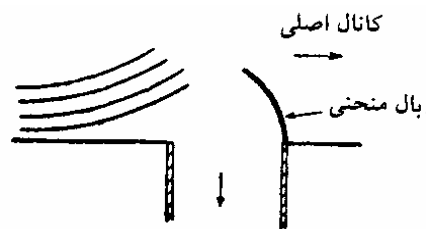
معمولاً هرچه پره‌ها نازک‌تر باشند کارایی بیشتری دارند. اگر ارتفاع پره‌ها کمتر از $0/5$ متر باشد، ضخامت آنها باید $0/12$ متر باشد. در مورد پره‌های بلندتر ضخامت باید $0/24$ متر باشد.

جنس پره‌ها:

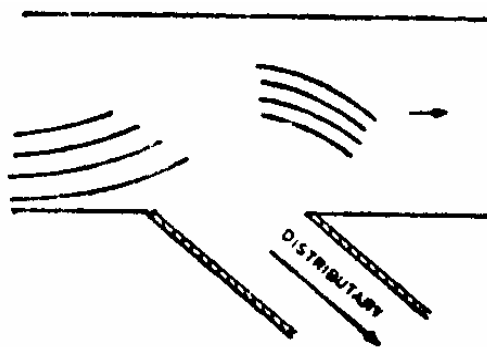
جنس پره‌ها از بتن غلتکی و یا صفحات فولادی می‌باشد.

پره‌های کینگ وقتی به‌طور دقیق طراحی شوند بسیار مؤثراند، لیکن برای کارکرد مناسب آنها عمق جریان باید تقریباً ثابت باشد. پره‌های کینگ در مواردی که دبی رودخانه و انحراف نسبتاً ثابت باشد توصیه می‌شوند. در مواردی که $\frac{Q_D}{Q}$ نوسانات شدید داشته و یا زمانی که دبی انحراف بیش از $\frac{1}{3}$ دبی رودخانه باشد و نیز در مواردی که بستر کانال انحرافی اساساً بالای بستر رودخانه باشد پره‌های کینگ توصیه نمی‌شوند.

اگر عمق جریان نوسان داشته باشد راندمان با عمق تغییر می‌کند. در برخی موارد کارایی پره‌های کینگ را می‌توان با ایجاد یک پره منحنی شکل افزایش داد (شکل ۱۸). در موارد مشخصی، پره‌های کینگ تجمع رسوب در کانال اصلی، درست پایین‌دست انتهای پره‌ها ایجاد می‌کند. از این نوع تجمع رسوبات می‌توان با ایجاد پره‌های معکوس اضافی مطابق (شکل ۱۹) جلوگیری نمود.



شکل ۱۸- پره کینگ با بال منحنی



شکل ۱۹- پره‌های کینگ با پره‌های معکوس

انواع مختلف پره‌های ذکر شده فوق تحت عنوان پره‌های هادی بستری نامیده می‌شوند. این پره‌ها آب بستر را که حاوی رسوب نسبتاً بالایی است به خارج از آبگیر منحرف می‌کنند. کارلسون^۱ و انگر^۲ نشان داده‌اند که پره‌های سطحی نصب شده در همان موقعیت پره‌های بستری در طرح، ولی منحرف شده (مورب شده) در مسیر بالادست، به‌طور مؤثری ورود رسوبات را کنترل می‌کنند. اشکال عمده پره‌های سطحی ناتوانی آنها در به تله انداختن و جمع کردن مواد شناور است که مسایل بهره‌برداری عمده‌ای ایجاد می‌کند. پره‌های بستری هادی، برای کنترل ورود رسوبات به انشعاب گرفته شده از کانال اصلی در هند مورد استفاده قرار گرفته‌اند. کارلسون و انگر مطالعات مدل‌های انجام شده را در مورد پره‌های ایجاد شده برای کنترل رسوبات در سردخانه‌های کانالهایی که در نزدیک سازه انحراف ساخته شده‌اند، ارائه نموده‌اند.

۷-۲-۲-۴ تخلیه‌کننده‌های تونلی

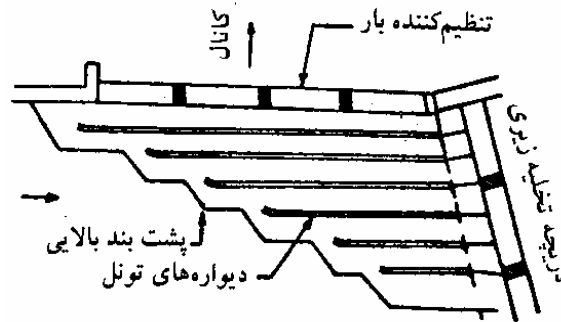
این نوع تخلیه‌کننده براساس اصل جدانمودن آب لایه‌های بالایی از لایه‌های زیرین می‌باشد. براساس این اصل السون^۳ ایده تونلهای تخلیه‌کننده را ارائه نمود. در این نوع تخلیه‌کننده با قراردادن یک صفحه (لایه) افقی در ارتفاعی کمی بالاتر از بستر، آب مملو از رسوبات نزدیک بستر را از جریان انحرافی می‌توان جدا نمود. در این تخلیه‌کننده یک صفحه افقی در ارتفاع کمی بالاتر از بستر، آب پر از رسوبات زیرین را از آب‌عاری از رسوب بالا جدا می‌کند. شدت جریان از تونل معمولاً حدود ۱۵ تا ۲۰٪ شدت جریان انحرافی است، ولی مقادیر بالای ۳۰٪ نیز استفاده شده است و سرعت در تونلها بستگی به اندازه رسوبات دارد، زیرا باید مانع هر نوع ته‌نشینی رسوبات شود. در رودخانه‌های ماسه‌ای محدوده سرعت بین ۱/۸ تا ۳ متر بر ثانیه و در رودخانه‌های با بستر شنی بالای ۴ متر بر ثانیه است. بازده تخلیه مواد درشت‌دانه بالای ۸۰ تا ۹۰٪ می‌باشد.

در تونلهای تخلیه‌مورد استفاده در هند، اصل جدا نمودن آب به دو بخش بالا و بستری (آب سطحی و زیر سطحی) به‌کار گرفته شده است. لایه‌های زیرین آب را که حاوی مقادیر عظیمی از رسوب می‌باشند می‌توان جدا نموده و خارج کرد. اولین تخلیه‌کننده تونلی توسط نیکلسون^۴ در کانال چناب^۵ در آبگیر خانکی^۶ ساخته شد. این تخلیه‌کننده در حال حاضر نیز به نام تخلیه‌کننده نوع خانکی شناخته می‌شود. تخلیه‌کننده تونل خانکی خود شامل ۶ تونل است که به‌طور موازی به سمت آبگیر و به دو گذرگاه مربوط به دریچه تخلیه زیری (شکل ۲۰)، تخلیه می‌شوند. قطعات بالایی تشکیل‌دهنده تونل به شکل کم و بیش سه گوشه بین جلوی تنظیم‌کننده و دو گذرگاه تخلیه‌کننده‌های زیری می‌باشند. بالای قطعه، در تراز تنظیم‌کننده کانال حفظ می‌شود. ارتفاع تونل عموماً بسته به

1 - Carlson
2 - Enger
3 - Elsdon
4 - Nicholson
5 - Chenab
6 - Khanki

عمق جریان تغییر می‌کند. غالباً تخلیه‌کننده حدود دو گذرگاه از دریچه‌های تخلیه را می‌پوشاند، ولی ممکن است گاهی کل عرض دریچه‌های زیری را بپوشاند. این نوع تخلیه‌کننده در روی بند امرسون (پاکستان) ساخته شده است. دبی تونلها توسط دریچه‌های تخلیه زیری تنظیم می‌شود. دریچه‌ها باید به نحوی بهره‌برداری شوند که تونلها مسدود نشوند. آزمایشهای انجام شده در پنجاب نشان داده که، برای عملکرد بهینه حدود ۱۵ تا ۲۰٪ دبی کانال باید از تونلهای تخلیه‌کننده انتقال یابد، در حالی که بسیاری از طرحها تفاوت‌های عمده‌ای را با این حدود نشان می‌دهد. حداقل ارتفاع ۰/۹ متر تا ۱/۲ متر برای بهره‌داری از تونلها لازم است و حداقل سرعت ۳ متر بر ثانیه برای جلوگیری از مسدود شدن تونلها باید حفظ شود.

نوع دیگر تخلیه‌کننده تونلی، تخلیه‌کننده گالابک است.



شکل ۲۰- تخلیه‌کننده تونلی (طرح تونلها در تخلیه‌کننده خانکی)

تفاوت تونل تخلیه‌کننده نوع کالابگ با نوع خانکی در این است که صفحه جداکننده آب لایه های زیری و بالایی کاملاً در طول حوضچه دریچه تخلیه زیری بین تنظیم‌کننده و دیواره جداکننده امتداد می‌یابد. این نوع تخلیه‌کننده در تریمو^۱ روی سردهنه‌های کانال هولی^۲ (هند) نصب شده است. مدل اصلاح شده تخلیه‌کننده خانکی مشابه نوع خانکی بوده، با این تفاوت که ورودی به کلیه تونلها به بالادست انتقال یافته است.

تعداد زیادی تخلیه‌کننده تونلی در هند طراحی و ساخته شده که براساس تجربیات حاصله ضوابطی برای آماده نمودن طرحهای اولیه ارائه شده است این ضوابط عبارتند از :

- اولین اقدام ساخت مجرای آبگیری به نحوی است که محور تنظیم‌کننده آبگیر با محور بند زاویه ۹۰ درجه تا ۱۰۵ درجه بسازد. براساس کارهای تجربی، در حال حاضر توصیه می‌شود از نقطه نظر انتقال رسوب به کانال این زاویه بین ۱۰۵ درجه تا ۱۱۰ درجه باشد.

1 - Trimmu
2 - Heveli

- دریچه‌های تخلیه زیری باید عموماً نزدیک به تنظیم کننده جریان آبگیر باشند.
- آستانه (آپایه) تنظیم کننده آبگیر ۱-۳ متر بالای سقف پشت بند تونلها باشد.
- در کارهای قبلی، دیواره‌های جداکننده به صورت غیر ضروری حدود ۱/۲ تا ۷/۸ برابر عرض تنظیم کننده آبگیر طولی بودند. در حال حاضر طول دیواره جداکننده $\frac{2}{3}$ عرض تنظیم کننده یا کمی بیشتر می باشد. اگر در یک ساحل بیش از یک آبگیر ایجاد شود، دیواره جداکننده باید بیشتر از انتهای بالا دست تنظیم کننده امتداد یابد. تراز بالایی دیواره جداکننده کمی بالاتر از تراز سیل حداکثر (سیل طرح) در نظر گرفته می شود.
- عرض حوضچه دریچه تخلیه زیری باید تقریباً برابر عرض تنظیم کننده آبگیر باشد .

در جدول ۱، ابعاد اصلی تعدادی از تخلیه کننده‌های تونلی جدید ساخته شده در هند نشان داده شده است. توصیه می شود دبی تخلیه کننده کمتر از ۳۰٪ دبی کانال در نظر گرفته شود. عمق تونل باید به اندازه حداکثر رسوبات مورد انتظار که از درون کانال عبور می کند و نیز اختلاف بین ترازهای تاج تنظیم کننده‌ها و دریچه‌های تخلیه زیری مرتبط شود. عمق تونل که در هند استفاده می شود عموماً متغیر است ولی ۱/۸ تا ۳ متر محدوده رضایت بخشی برای عمق می باشد.

جدول ۱- ابعاد تعدادی از نمونه‌های جدید تخلیه کننده (تونلی) در هند [۳]

شماره	نام بند	زاویه آبگیر	تفاوت تراز تاج آبگیر و دریچه تحتانی (m)	عرض آبگیر (m)	دبی کانال متوسط $(\frac{m^3}{sec})$	دبی کانال $(\frac{m^3}{sec})$	طول دیواره جداکننده (m)	عرض حوضچه رسوبگیر تحتانی (m)	بخشهایی از عرض آبگیر تحت پوشش دیواره (جداکننده)
۱	Sarda	-	-	۱۱۵/۸	۱۶۹۷۷	۳۲۸/۴	۱۱۲/۸	۶۸/۳	کاملاً*
۲	Harike	۱۰۱°	-	۱۳۱/۴	۱۸۴۱۴	۸۴۹/۰	۱۵۳/۴	۱۸۱/۷	خارج از آبگیر
۳	Narara	۱۰۷°	۱/۷۴	۶۲/۵	۱۴۱۶۴	۲۴۰/۷	۶۸/۶	۱۲۵/۰	کاملاً
۴	Dakpathar	۱۱۰°	۱/۴۲	۶۰/۷	۱۴۴۰۰	۲۴۴/۷	۸۸/۴	۱۲۱/۹	۹۵٪
۵	Gandak	۹۰°	۲/۱۳	۷۱/۶	۲۴۰۷۹	۵۰۹/۸	۱۲۱/۹	۱۲۰/۴	خارج از آبگیر
۶	Kasi(East)	۱۰۲/۵°	۱/۸۳	۹۸/۲	۲۶۹۱۲	۱۲۷/۴	۸۸/۴	۷۹/۶	خارج از آبگیر
۷	Kasi(West)	۱۰۵°	۱/۴۰	۵۰/۰	۷۳۶۰	۵۰/۰	۳۷/۱۰	۴۱/۰	۶۶/۷٪
۸	Ahsan	۱۰۷°	۲/۳۰	۵۱/۰	۴۵۰۰	۲۰۰/۰	۹۰/۰	۱۰/۵	کاملاً

* منظور از کاملاً ۹۵٪ و غیره این است که در واقع تمام یا ۹۵٪ عرض آبگیر تحت پوشش دیوار جداکننده یا در خارج از دیوار جداکننده قرار می گیرد.

در محاسبات آزمایشی می‌توان عرض را مشابه عمق فرض نمود. انتقال رسوب در عمق تونل در مقطع بالادست تخلیه‌کننده را می‌توان با روشهای موجود محاسبه نمود. می‌توان فرض کرد بار رسوبات بطور مساوی بین تونلهای مختلف تقسیم می‌شود. در هر تونل ابتدا باید سرعت جریان کنترل شود که از سرعت بحرانی برای انتقال ذرات درشت بیشتر باشد. سپس باید غلظت متوسط رسوبات، گرادیان هیدرولیکی و سرعت متوسط کنترل شود. بنحوی که قانون انتقال رسوب در جریان غیرهموژن در لوله‌ها را ارضاء کند. سپس باید کنترل شود که عرضهای مفروض برای تنظیم‌کننده، دبی را بطور یکنواخت در مسیر طولی تخلیه‌کننده توزیع نموده و نیز دبی کل کمتر از ۳۰٪ دبی کانال باشد. چندین آزمون برای رسیدن به این شرایط لازم می‌باشد. برای کسب اطلاعات بیشتر به مطالعات گارده و پانده مراجعه شود.

۳-۲-۴ کنترل و تنظیم به کمک بند [۳]

در تجربیات حاصله در هند، برای کنترل ورود رسوبات به کانالها تأکید قابل ملاحظه بر تنظیم دقیق بند شده است. سه روش متداول تنظیم بند عبارتند از: الف - سیستم حوضچه آرامش ب - سیستم جریان نیمه باز ج - سیستم نوع گوه‌ای .

در سیستم حوضچه آرامش تنظیم بند، دریچه‌های تخلیه زیری رسوب تا زمانی که کانال فعال است بسته می‌مانند. سرعت جریان در حوضچه ناچیز بوده و دیواره جداکننده به جداکردن جریان اصلی رودخانه از جریان حوضچه کمک می‌کند.

کاهش سرعت در حوضچه منجر به ته‌نشینی مواد درشت‌دانه شده و آب عاری از رسوب به کانال هدایت می‌شود. هنگامی که دریچه‌ها بسته بوده و تنظیم‌کننده جریان کانال کار می‌کند، انحنا جریان موجب تخلیه رسوبات از کانال می‌شود. مدتی پس از بهره‌برداری از حوضچه ته‌نشینی (آرامش)، رسوبات در حوضچه‌ها ته‌نشین شده و کانال شروع به دریافت نمودن رسوبات می‌کند. تحت چنین شرایطی، کانال بسته شده و مواد ته‌نشین شده با باز نمودن دریچه‌های شستشوی رسوب به خارج شسته می‌شوند. سیستم بهره‌برداری از حوضچه ته‌نشینی به عنوان رضایت‌بخش‌ترین روش کنترل رسوبات شناخته شده است .

در سیستم جریان نیمه باز، قسمتی از دریچه‌های شستشوی رسوب، هنگام جریان در کانال باز می‌مانند، که سبب

کاهش نسبت $\frac{\text{سرعت در رودخانه } U}{\text{سرعت در حوضچه } U_p}$ شده و بنابراین رسوبات بیشتری به حوضچه آورده می‌شود. این

رسوبات به‌طور پیوسته از طریق دریچه‌های شستشوی رسوب به خارج شسته می‌شوند. حسن این تقسیم این است که چون رسوبات به‌طور پیوسته از طریق دریچه‌های شستشو شسته می‌شوند، تراز بستر حوضچه پایین‌تر از سیستم قبلی است. این سیستم جز در طی سیلابهای شدید کاربرد مناسبی ندارد.

در سیستم گوه‌ای تنظیم بند، دریچه‌های نزدیک به دیواره تقسیم‌کننده دارای بازشدگی بیشتری نسبت به دریچه‌های نزدیک تنظیم‌کننده ارتفاع می‌باشند. این کار سبب ایجاد انحنا مناسبی در جریان به سمت حوضچه شده و رسوبات وارده به کانال را کاهش می‌دهد. در بسیاری از سردهنه‌ها، کانالها در دو طرف آن ساخته شده است. در چنین مواردی دریچه‌های شستشوی رسوب با تاجهای فشرده شده و دیواره‌های جداکننده مجزا در هر دو انتهای آن ایجاد می‌شوند. در چنین شرایطی سیستم دو گوه‌ای تنظیم، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حالی که بازشدگی دریچه‌های مرکزی سرریز اصلی کم بوده، بازشدگی به تدریج به طرف دیواره جداکننده افزایش می‌یابد.

بستن دریچه کانال یکی دیگر از اقداماتی است که برای تخلیه رسوبات در سردهانه‌ها انجام می‌شود. هنگامی که رودخانه حاوی بار رسوبی زیادی است و یا هنگامی که تراز بستر حوضچه به حدی بالاست که مواد موجود در کف آن بلند شده و به داخل کانال وارد شوند کانال بسته می‌شود. دوره‌های بسته‌شدن کانال از چهار تا بیست روز در شمال‌هند تغییر می‌کند. مسلماً چنین اقدامی فقط در مورد کانالهای آبیاری ممکن است ولی برای کانالهای نیروگاهها قابل استفاده نیست.

۳-۴ روشهای اجرایی

احداث سازه‌ها یا نصب تجهیزاتی در کانال پایین‌دست برای خارج کردن رسوبات اضافی به روشهای درمانی موسوم بوده و سازه‌ها و تجهیزاتی که بدین منظور استفاده می‌شود. دفع‌کننده^۱ نامیده می‌شود.

روشهای متعدد کاهش مقدار رسوبات وارده به سردهنه کانالها (آبگیرها) قبلاً بحث شد علیرغم تدابیر احتیاطی انجام شده برای کاهش مقدار رسوبات وارده به سردهنه‌های آبگیر کانالها ممکن است حجم عظیمی از رسوبات وارد کانالها شده و در عین حال ممکن است برخی از روشهای ذکر شده قبلی مطلوب نباشد. در چنین مواردی لازم می‌شود رسوبات به پایین‌دست تنظیم‌کننده برده شود. این کار با احداث سازه‌های برداشت‌کننده در کانالها که اصطلاحاً استخراج‌کننده یا دفع‌کننده خوانده می‌شوند قابل دستیابی است.

محل دقیق دفع‌کننده یا تخلیه‌کننده رسوب کانال، برای عملکرد مؤثر آن حائز اهمیت می‌باشد این محل نباید به حدی از پایین‌دست کانال دور باشد که مواد وارده به کانال در آن بازه ته‌نشین شده و سبب بالا آمدن تراز بستر آن شود. برای مقابله با این مشکل بازه بالایی^۲ کانال باید با شیب تندتری نسبت به قسمت پایینی آن طراحی شود، به طوری که قادر به انتقال مواد درشت وارده به بخش بالایی باشد. دفع‌کننده یا تخلیه‌کننده نباید به تنظیم‌کننده جریان نزدیک باشد زیرا در آن صورت شدت آشفتنگی زیاد بلافاصله در پایین‌دست تنظیم‌کننده، ممکن است مواد درشتی را که باید توسط دفع‌کننده خارج شوند به حالت معلق نگه دارد.

1 - Ejectors

2 - Head Reach

انواع متداول دفع‌کننده‌ها عبارتند از :

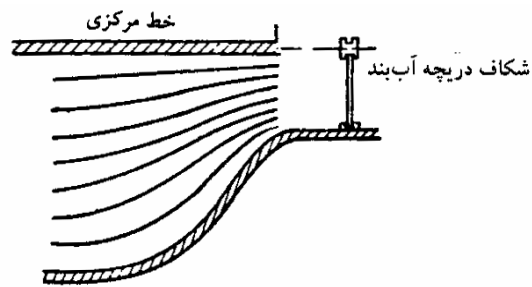
۴-۳-۱ حوضچه‌های رسوبگیر^۱

این حوضچه‌ها یکی از مؤثرترین روشهای خارج نمودن ذرات رسوب از آب می‌باشند. انواع مختلف این حوضچه‌ها در آمریکا ساخته شده که به شکل رضایت‌بخشی عمل می‌کنند. کاهش سرعت جریان با افزایش سطح مقطع کانال در سراسر طول آن انجام می‌شود. کاهش سرعت، تنش برشی بستر و آشفتگی را نیز کاهش می‌دهد. اگر کاهش سرعت و تنش برشی به حد کافی باشد، سبب توقف حرکت مواد بستر شده و نیز سبب می‌شود که بخشی از مواد معلق ته‌نشین شوند. پس از تعیین حداقل قطر مواد رسوبی که باید تخلیه شود، طراحی حوضچه با تعیین عمق و طول آن و انتخاب روش تخلیه مواد ته‌نشین شده انجام می‌شود.

به کمک تحلیل ساده و با فرض اینکه آشفتگی هیچ اثری روی سرعت سقوط ذرات رسوب ندارد، می‌توان طول مورد نیاز برای انتقال رسوبات با قطر معین و سرعت معین را، در حوضچه تعیین نمود. u سرعت افقی جریان در هر مقطع قائم و ω سرعت سقوط ذراتی است که باید تخلیه شود. بنابراین هر ذره رسوب در سطح آب مسیری را تعقیب می‌کند که بستگی به مقدار u و ω دارد. زمان لازم برای ته‌نشین شدن ذره روی سطح آب بر روی کف، $\frac{D}{\omega}$ است که D عمق حوضچه می‌باشد. فاصله افقی طی شده در این فاصله زمانی عبارت است از:

$L = (u_1 \Delta t + u_2 \Delta t + u_3 \Delta t \dots)$ که u_1 و u_2 و غیره سرعت در نقاط مختلف در جهت قائم و Δt زمان می‌باشد. اگر U سرعت متوسط جریان باشد، L با رابطه $\frac{UD}{\omega}$ تعیین می‌شود. به علت آشفتگی، سرعت سقوط

کاهش یافته و طول مورد نیاز برای حوضچه، بسته به آن بیشتر می‌شود. چون اطلاعات، در مورد اثر آشفتگی روی سرعت سقوط کافی نیست، افزایش ۲۰٪ در طول حوضچه توصیه شده است. البته باید توجه داشت، هر ذره‌ای که در عمق پایین‌تر قرار گرفته در فاصله کوتاه‌تری روی کف ته‌نشین می‌شود. همچنین مواد درشت‌تر در فاصله کمتری ته‌نشین می‌شود. چون طول حوضچه مستقیماً به سرعت بستگی دارد، غالباً کاهش سرعت با صرفه‌تر است بدین منظور مساحت سطح مقطع کانال، با افزایش عرض و همچنین پایین بردن کف (عمیق‌تر شدن) کانال اضافه می‌شود. برای انجام این کار باید توجه داشت که پهن‌شدگی تدریجی بوده و جریان هدایت شود. توزیع یکنواخت جریان در کل مقطع را با حداقل طول می‌توان با ایجاد دیواره‌های هادی یا انحرافی به دست آورد. نمونه‌ای از این دیواره‌های هادی روی حوضچه ته‌نشینی رودخانه کرن نیروگاه برقابی در کالیفرنیا (ایالات متحده) استفاده شده است (شکل ۲۱).



شکل ۲۱- (طرح نیمه) حوضچه ته‌نشینی رودخانه کرن (U.S.A) [۳]

متوسط سرعت افقی مطلوب در حوضچه ته‌نشینی به کوچکترین قطر رسوبی که باید تخلیه شود و طول اقتصادی حوضچه بستگی دارد. اطلاعات مربوط به برخی از حوضچه‌های ته‌نشینی در جدول ۲ ارائه شده است. در حوضچه‌های موجود، سرعت در محدوده $0/08$ تا $0/45$ متر بر ثانیه می‌باشد. از سرعت‌های کمتر در مواردی که مواد ریزتر باید تخلیه شود استفاده می‌شود. چون برای تخلیه مواد خیلی ریز، حوضچه‌های ته‌نشینی خیلی طویل مورد نیاز می‌باشد، عموماً تخلیه ماسه ریز، سیلت و رس با استفاده از حوضچه‌های ته‌نشینی اقتصادی نیست. ته‌نشین شده در حوضچه رسوبگیر باید به‌طور پیوسته یا متناوب تخلیه شود. در اغلب موارد شیب حوضچه‌ها از دو طرف به سمت مرکز آن می‌باشد که موجب جمع شدن مواد رسوبی در یک جویچه مرکزی حوضچه می‌شود. رسوبات از این جویچه توسط یک دریچه تخلیه شسته می‌شود.

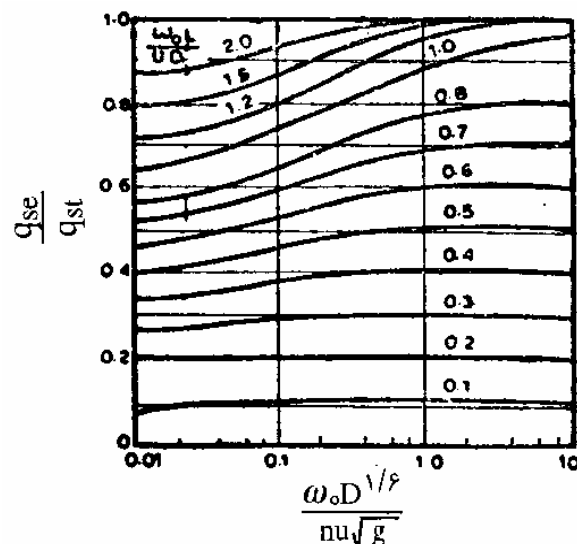
جدول ۲- داده های مربوط به برخی از حوضچه های ته نشینی

نام	سرعت افقی متر بر ثانیه	طول متر	ابعاد مقطع متر × متر	قطر رسوبات تخلیه شده میلیمتر	تخلیه (خارج کردن) رسوبات
فورت لامی روی رودخانه پلات (آمریکا)	۰/۳۴	۱۸۳	۴۶ × ۳/۷	۰/۱۰	دریچه متناوباً برای تخلیه رسوبات بهره برداری می شوند.
رودخانه لوپ در نبراسکا (آمریکا)	۰/۲۱	۳۲۲۰	۶۱ × ۴/۹	۰/۰۲۳	یک پل متحرک در طول حوضچه دو پمپ را حمل می کند.
سد امپریال روی رودخانه کلرادو (آمریکا)	۰/۰۷	۲۳۵	۸۵ × ۳/۸	۰/۰۶	مواد ته نشین شده در گودال را که از آنجا شسته شده جمع آوری می کند.
نیروگاه نیکسکوالی بر روی رودخانه نیکسکوالی (آمریکا)	۰/۱۲	۲۴۴	به عرض ۹/۲	-	دریچه های شستشوی انتهای پایین دست به طور متناوب رسوبات را شستشو می دهند.
کانال نیروگاه در رانکاگو (شیلی)	۰/۴۶	۲۶	۱۵/۳ × ۳/۷	۰/۲۰	دریچه های شستشوی انتهای پایین دست به طور متناوب رسوبات را شستشو می دهند.
نیروگاه رودخانه کرن (آمریکا)	۰/۱۵	۱۴۶	۱۸/۳ × ۶/۱	۰/۰۸۱	شیبهای کف به سمت گودال مرکزی به طور معکوس عمل می کند.
تأمین آب دهلی مرادناگار (هند)	۰/۰۷	۲۰	۶ × ۷	۰/۱۰	با باز نمودن دریچه ها به طور دستی رسوبات از گودال خارج می شوند.

تحلیل عملکرد یک حوضچه رسوبگیر توسط کمپ^۱ و دووینز^۲ ارائه شده است. دووینز یک راه حل تحلیلی برای حالتی که گرادیان غلظت طولی صفر، توزیع سرعت یکنواخت و ضریب پخش در تمام طول مقطع ثابت باشد، به دست آورد. کمپ راه حل فوق را به شکل گرافیکی و با استفاده از پارامترهای $\frac{\omega_0 L}{UD}$ و $\frac{\omega_0}{u_*}$ و $\frac{q_{se}}{q_{st}}$ به دست آورد. که در آن ω_0 سرعت سقوط ذرات و L و D به ترتیب طول و عمق حوضچه U سرعت متوسط جریان در حوضچه، q_{se} مقدار مواد معلق با قطر معین که از حوضچه خارج می شود و q_{st} مقدار مواد معلق با همان اندازه که وارد حوضچه می شود. با استفاده از رابطه مانینگ، پارامتر $\frac{\omega_0}{u_*}$ را می توان به صورت $\frac{\omega_0 D^{1/6}}{nU\sqrt{g}}$ نوشت و بدین ترتیب به سادگی آن را تعیین نمود. شکل ۲۲ رابطه راندمان تخلیه حوضچه های ته نشینی را نشان می دهد. همچنین شکل ۲۲ به کمک آزمایشهایی تأیید گردیده است. ساریکایا^۳ توزیع لگاریتمی سرعت و ضریب پخش متغیر را در سراسر عمق در تحلیل خود به کار برد. ولی رابطه بین $\frac{\omega_0 L}{UD}$ و $\frac{\omega_0}{u_*}$ و $\frac{q_{se}}{q_{st}}$ که توسط او به دست آمد تفاوت عمده ای با شکل ۲۲ نداشت.

USBR معادله ساده زیر را برای راندمان تخلیه ارائه می دهد .

$$r = \frac{q_{se}}{q_{st}} = \exp\left(-\frac{\omega_0 L}{UD}\right) \quad (1)$$



شکل ۲۲- تابع بازده تخلیه رسوب در حوضچه های ته نشینی [۳]

- 1 - Camp
- 2 - Dobbins
- 3 - Sarikaya

ملاحظه می‌شود که این معادله شکل خاصی از همبستگی تابع ارائه شده توسط کمپ و دوینز می‌باشد. سامر^۱ ته‌نشینی رسوبات در یک کانال باز را تحلیل نمود با فرض توزیع لگاریتمی سرعت و ضریب بخش می‌توان رابطه زیر را ارائه نمود.

$$\frac{\varepsilon_s}{u_* D} = 6 \frac{Y}{D} \left(1 - \frac{Y}{D}\right) \quad (2)$$

در شرایط مرزی معلوم او معادله بقای جرم را برای به‌دست آوردن مقدار (شدت) متوسط λ حل نمود با این فرضیات که در آن ذرات از حالت معلق به صورت تابعی از $\beta = \frac{\omega_0}{u_* K}$ خارج می‌شوند (شکل ۲۳).

ته‌نشینی ذرات، طول مطلوب حوضچه رسوبگیر (ته‌نشینی) به شکل زیر به‌دست آمد.

$$\lambda = \varepsilon_s \frac{\bar{t}}{D^2}$$

و \bar{t} متوسط زمان باقیماندن در حوضچه است. با در نظر گرفتن طول واقعی

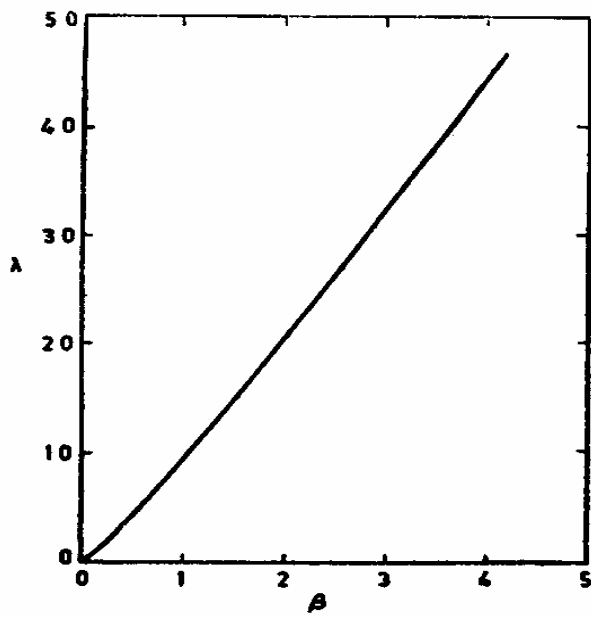
$$L = - \frac{6(U/u_*)}{K\lambda} \ln(r) \quad (3)$$

مقدار K را می‌توان 0.4 در نظر گرفت. چون تحلیل سامر خیلی پیچیده‌تر از تحلیل دوینز است معادله (۳) برای استفاده در طراحی حوضچه‌های رسوبگیر توصیه شده است (شکل ۲۲).

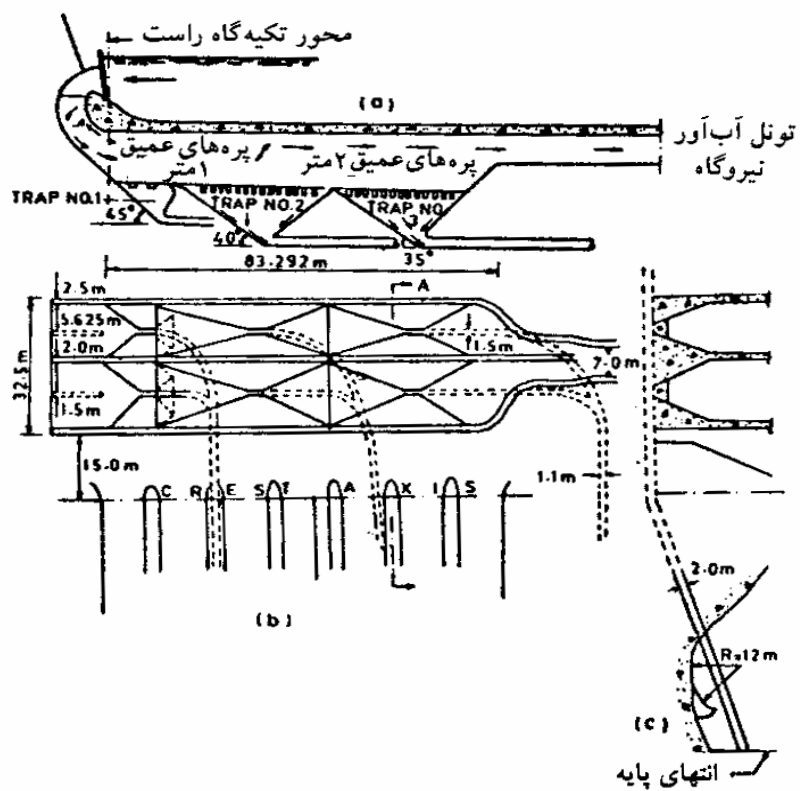
دو نوع حوضچه جدید که تاکنون شرح داده شد در رودخانه های یامونا^۲ (هند) و کانال آب آور نیروگاه تریسولی^۳ (پنال) ساخته شده است. در حوضچه یامونا، با ورود آب به حوضچه ته‌نشینی، مواد درشت‌تر درون اولین قیف ته‌نشین شده و مواد ریزتر درون قیفهای پایین‌دست ته‌نشین می‌شود. مواد ته‌نشین شده در قیفها از طریق مجاری به ابعاد 8×2 متر و با سرعت ۳ متر بر ثانیه شستشو می‌شوند. به نظر می‌رسد ابعاد و سرعت فوق برای شستشوی رسوبات کافی باشد. دبی شستشو ۳۲٪ جریان منحرف شده و راندمان حوضچه ۹۰٪ می‌باشد (شکل ۲۴).

در حوضچه تریسولی (شکل ۲۳) دفع‌کننده‌ای برای کاهش غلظت رسوبات درشت تا حدود ۶۳٪، احداث شده است. پایین‌دست این دفع‌کننده هنوز جریان دارای مقدار زیادی مواد ریزدانه بوده که باید تخلیه شود. تعبیه یک مخزن ته‌نشینی با تهیه مقدمات شستشو برای این منظور مؤثر می‌باشد. این مخزن دارای یک محفظه ته‌نشینی است که توسط یک دیواره جداکننده به دو بخش تقسیم شده و کف هر بخش به سمت پایین‌دست شیبدار می‌باشد. هر بخش محفظه، دارای ۵ تونل در قسمت پایین‌دست می‌باشد. در حالیکه در بالادست پروژ، دیواره‌های عمودی، هر محفظه را به زیر قسمتهایی تقسیم می‌نماید. هنگام نیاز به شستشوی مخزن، بخشی از کانال نیروگاه متصل به این محفظه‌ها بسته شده و هر بخش محفظه به طور مستقل شستشو می‌شود. راندمان این نوع حوضچه ۷۷٪ بوده و قادر به تخلیه رسوبات درشت‌تر از 0.075 میلی‌متر می‌باشد. [۳]

1 - Sumer
2 - Yamuna
3 - Trisuli

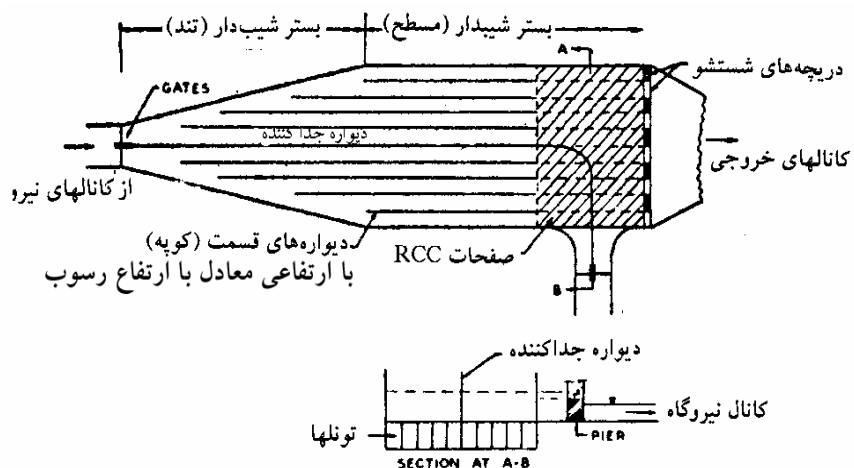


شکل ۲۳- رابطه λ و β در مورد تنشینی ذرات



شکل ۲۴- حوضچه تنشینی با ناودان روی رودخانه یا مانا انتهای پایه

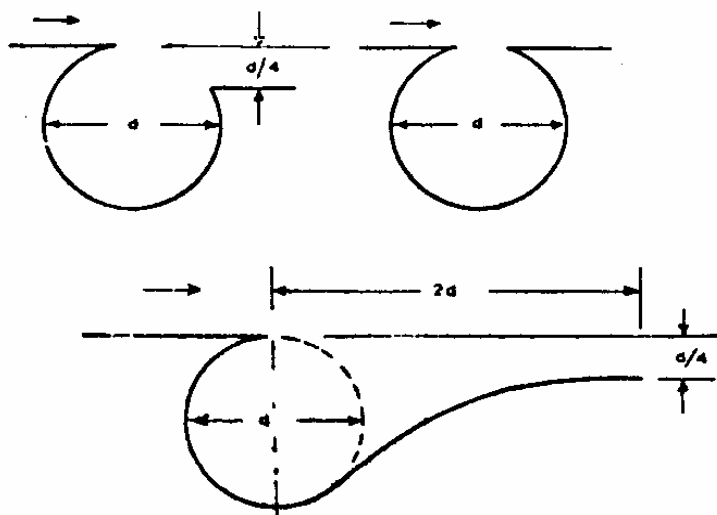
الف - مقطع طولی ، ب - پلان ، ج - مقطع



شکل ۲۵- حوضچه رسوبگیر نیروگاه تریسولی

۲-۳-۴- تله اندازهای لوله گردابی^۱ [۳]

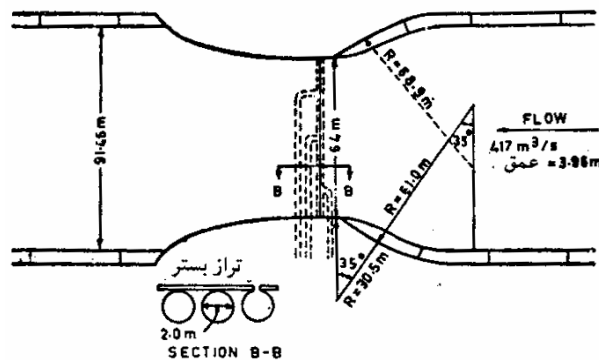
مطالعات و تحقیقات قابل ملاحظه‌ای در فورت کالینز^۲ آمریکا برای توسعه تخلیه‌کننده‌های رسوب براساس گسترش جریان گردابی انجام شده است. تله انداز لوله گردابی لوله بازی است که در سراسر کف کانال به صورت عمود بر جریان یا با زاویه‌ای برابر 30° یا 45° نسبت به جریان قرار گرفته است. (شکل ۲۶) انواع تله اندازهای لوله گردابی که توسط پارشال^۳ آزمایش شده‌اند، نشان می‌دهد.



شکل ۲۶- تله اندازهای لوله گردابی آزمایش شده توسط پارشال

- 1 - Vortex Tube Sandtraps
- 2 - Fort Collins
- 3 - Parshall

وقتی آب در لوله جریان می‌یابد، جریان گردابی با سرعت چرخشی ۲۰۰ تا ۵۰۰ دور در دقیقه برقرار می‌شود، که برای تخلیه شن درشت و حتی قلوه سنگ کافی است. لوله‌های گردابی عموماً به قطر از ۱/۵ متر در انتهای بالادست تا حدود ۲ متر در انتهای پایین‌دست گشاد می‌شوند. ولی لوله‌های با قطر ثابت دارای کارایی برابر می‌باشند. شدت جریان خروجی در انتهای پایین‌دست لوله گردابی با دریچه‌ای کنترل می‌شود. کونزمن^۱ و البرتسون^۲ دریافتند در صورتی که سایر شرایط یکسان باقی بمانند، راندمان حداکثر وقتی به دست می‌آید که هر دو لبه لوله در تراز یکسان بوده و عدد فرود در طول لوله واحد باشد. برون^۳ و رابینسون^۴ توصیه نموده‌اند که قطر لوله گردابی باید معادل عمق جریان در عدد فرود ۰/۸ باشد. اگر لوله گردابی خیلی طویل بوده یا مقدار رسوب ورودی خیلی بالا باشد، لوله گردابی ممکن است بسته شده و لذا کارکردن آن متوقف می‌شود. با تقسیم طولی لوله گردابی در مقاطع مختلف و مستقل که هر قسمت جداگانه از طریق دریچه‌ای در انتهای لوله تخلیه می‌شود، می‌توان از مسدود شدن آن جلوگیری کرد. یک تخلیه‌کننده لوله گردابی می‌تواند ۸۰ درصد رسوبات بزرگتر از ۰/۵ میلیمتر را تخلیه کند (شکل ۲۷).



شکل ۲۷- تخلیه‌کننده با سه لوله گردابی با طولهای نامساوی [۳]

عدد فرود متداول در کانالهای بدون پوشش حدود ۰/۲ تا ۰/۳ می‌باشد. به همین ترتیب توصیه می‌شود که برای رسیدن به اعداد فرود بالا تا حدود ۰/۸ می‌توان با منقبض کردن کانال یا ایجاد برآمدگی کمک گرفت. چون ایجاد برآمدگی ممکن است سبب افزایش رسوبگذاری در بالادست سازه شود. منقبض کردن کانال ارجحیت دارد. براساس تجربیات انجام شده در والینگفرد^۵ و تعداد قابل توجهی آزمایش صحرایی با لوله‌های گردابی، وایت^۶ [۳۰] یک روش طراحی برای لوله‌های گردابی تخلیه‌کننده پیشنهاد نموده است. داده‌های لازم برای طراحی عبارتند از: سطح مقطع کانال در محل پیشنهادی نصب تخلیه‌کننده، دبی طراحی کانال، عمق طراحی آب در

- 1 - Koonsman
- 2 - Albertson
- 3 - Brouun
- 4 - Robinson
- 5 - Wallingford
- 6 - White

کانال نسبت فرار آب $(\frac{Q_p}{Q})$ ، توزیع اندازه مواد بستر و دمای متوسط آب (Q_p دبی عبوری از لوله و Q دبی کانال می‌باشد).

روش کار به شرح زیر می‌باشد :

- تعیین سرعت سقوط رسوبات با توزیع $d_{90}, d_{75}, d_{70}, d_{50}, d_{30}, d_{10}$ که آنها را $W_{90}, W_{75}, W_{70}, W_{50}, W_{30}, W_{10}$ می‌نامیم.
- انتخاب عمق جریان در لوله گردابی h_0 بین 0.1 تا 0.7 متر با در نظر گرفتن شرایط محل
- محاسبه سرعت مماسی U_{p_0} در کف لوله با استفاده از رابطه

$$U_{p_0} = \frac{0.693}{\cosh \gamma} \sqrt{2gh_0} \quad (4)$$

که در رابطه فوق $\gamma = 0.2422(L/d_t)$ ، L طول لوله و d_t قطر آن می‌باشد. برای شستشوی لوله گردابی فرض شده که U_{p_0} باید بزرگتر از ω_{75} در حالت بهره‌برداری عادی باشد، در حالیکه برای شستشوی آن در حالت خاموش بودن دستگاه، این سرعت باید بزرگتر از ω_{90} باشد. لذا، با جایگزینی $U_{p_0} = \omega_{90}$ معادله فوق را می‌توان برای $\cosh \gamma$ حل و $\frac{L}{d_t}$ را تعیین نمود. اگر L مساوی عرض کانال یا بزرگتر از عرض کانال (اگر مورب نصب شود) یا کوتاهتر از عرض کانال (اگر کل عرض کانال را پوشانند) فرض شود، d_t را می‌توان به دست آورد. برای مقدار $\frac{L}{d_t}$ حاصله و یک مقدار h_0 فرضی، سرعت متوسط در لوله U_p به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$U_p = 0.721 \tanh \gamma \sqrt{2gh_0} \quad (5)$$

معادله فوق برای ذرات سیلت با عرض معادل $0.3 d_t$ توصیه شده است. دبی لوله از رابطه زیر بدست می‌آید .

$$Q_p = (\pi d_t^2 / 4) U_p \quad (6)$$

نسبت $\frac{Q_p}{Q}$ یکی از پارامترهای طراحی است و از یک مقدار معین باید کمتر باشد. مقدار بهینه $\frac{Q_p}{Q}$ از 0.2 تا 0.1 می‌باشد. اگر مقادیر $\frac{Q_p}{Q}$ و یا d_t قابل قبول نباشند می‌توان h_0 یا L را اصلاح نمود، همچنین می‌توان احتمال استفاده ازدو یا چند لوله را بررسی نمود.

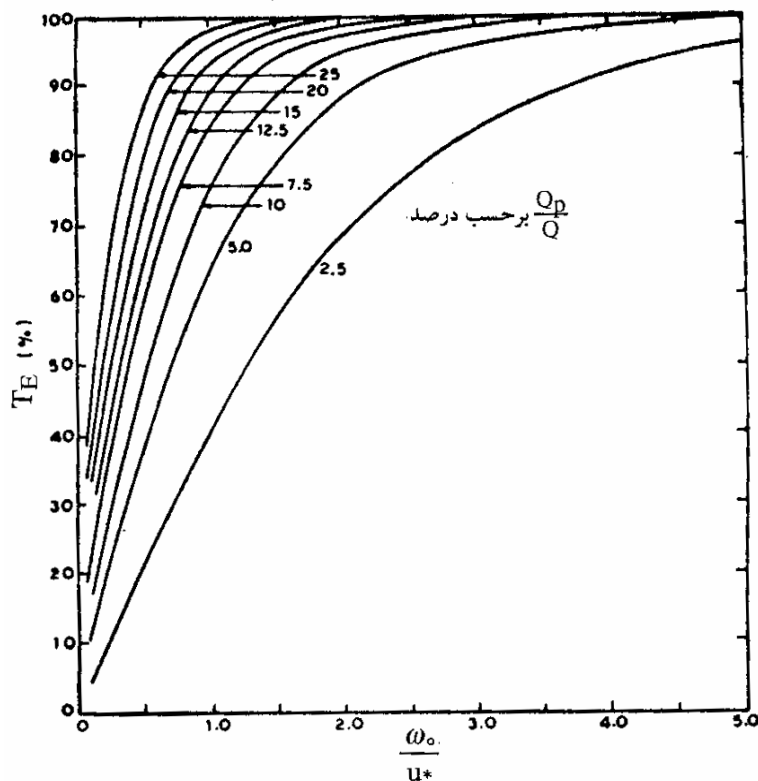
وایت روش تقریبی زیر را برای محاسبه راندمان تخلیه ارائه نموده است:

تعیین سرعت برشی متوسط U^* در کانال (یا برآورد آن به صورت $\frac{U}{15}$) و محاسبه مقادیر $\frac{\omega_{90}}{u_*}, \frac{\omega_{70}}{u_*}, \frac{\omega_{50}}{u_*}, \frac{\omega_{30}}{u_*}, \frac{\omega_{10}}{u_*}$ با استفاده از (شکل ۲۷) که رابطه راندمان برداشت لوله گردابی با $\frac{\omega}{u_*}$ و نسبت فرار $\frac{Q_p}{Q}$ را نشان می‌دهد، راندمان تله اندازی (T_E) را برای هر اندازه‌ای می‌توان به دست آورد. مقدار کل T_E عبارت خواهد بود از :

$$T_E = (T_{E10} + T_{E30} + T_{E50} + T_{E70} + T_{E90}) / 5 \quad (۷)$$

راندمان تخلیه محاسبه شده واقعی T_E ۰/۷۷ می‌باشد. یک برنامه کامپیوتری برای محاسبه دقیق‌تر مقدار T_E با استفاده از یک روش پیچیده توسط وایت ارائه شده است.

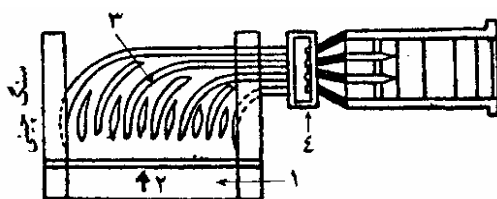
توانایی لوله گردابی برای خارج نمودن بار بستر بطور نظری (تئوریک) مشخص می‌باشد می‌توان فرض نمود که دبی Q_p از لایه‌های زیری آب کانال گرفته شده و توزیع رسوب به صورت قائم معلوم باشد، در چنین حالتی می‌توان غلظت هر اندازه مربوط به این جریان را بدست آورد. با فرض اینکه تمام این رسوبات توسط لوله گردابی دفع می‌شوند حد بالای راندمان دفع رسوبات را می‌توان بدست آورد.



شکل ۲۸- تغییرات T_E نسبت به $\frac{Q_p}{Q}$ و $\frac{\omega_0}{u_*}$ در لوله‌های گردابی [۳]

۳-۳-۴ استخراج کننده‌های^۱ تونلی

مواد درشتی را که از طریق آبیگیر وارد کانال شود می‌توان توسط دفع کننده‌های تونلی خارج نمود این تخلیه کننده شامل یک دیافراگم افقی کمی بالاتر از بستر کانال بوده که رسوبات لایه‌های بستری مملو از رسوب را از لایه‌های فوقانی جدا می‌کند در زیر دیافراگم تونلهایی وجود دارند که آب لایه‌های بستری را به درون تونلهای فرار حمل می‌کند. در زیر این تونلها، زیر تونلهایی وجود دارند که با ساخت پره‌های منحنی وار شکل یافته‌اند و انتهای پایین دست تونلها در دیواره‌ای واقع می‌باشد که از آن تونلهای تخلیه جدا می‌شوند. تونلها معمولاً در انتهای پایین دست همگرا می‌شوند. نمونه‌ای از این نوع استخراج کننده که در پنجاب ساخته شده، در شکل (۲۹) نشان داده شده است.



شکل ۲۹- استخراج کننده تونلی (پنجاب هند) [۳]

- بستر کانال
- صفحه افقی، آب مملو از رسوبات لایه‌های زیری را از لایه‌های بالایی جدا می‌کند.
- تونلهای انتقال آب لایه‌های زیری به مجرای فرار (در هر تونل زیر تونلهایی با پره‌های قوسی وجود دارد)
- دیواره‌ای که تونلهای تخلیه از آن جدا می‌شود.

ارتفاع تونل در دهانه آن عموماً $\frac{1}{4}$ تا $\frac{1}{5}$ عمق آب می‌باشد. سقف تونل به طول حدود $\frac{1}{6}$ متر بعد از تونل ادامه می‌یابد. در انتهای پایین دست هر تونل دریچه‌ای برای تنظیم دبی تعبیه شده است. برای بهره‌برداری موفقیت‌آمیز از دفع کننده حداقل ارتفاع $\frac{1}{75}$ متر لازم می‌باشد. سرعت در تونل در حدود ۳ متر بر ثانیه حفظ می‌شود. معمولاً حدود ۲۰ تا ۲۵٪ از دبی کانال برای بهره‌برداری از دفع کننده مورد نیاز می‌باشد. لذا به همین ترتیب ظرفیت بازه بین تنظیم کننده و تخلیه کننده باید بیشتر از کل دبی موجود باشد.

۴-۴ آب مورد نیاز برای شستشوی رسوبات

مقدار آب مورد نیاز برای بهره‌برداری از تخلیه کننده‌ها و دفع کننده‌ها در بسیاری از موارد حائز اهمیت می‌باشد. در اکثر موارد آب به حد وفور موجود بوده و لذا آب مورد نیاز معیاری برای انتخاب نوع به خصوص کنترل کننده رسوب نیست. ولی در مواردی که کل آب قابل دسترس باید حفظ شود. آب مورد نیاز هر نوع از تجهیزات دارای اهمیت خواهد بود.

عموماً تخلیه‌کننده‌ها بیشتر از تجهیزات برداشت‌کننده یا دفع‌کننده به آب نیاز دارند لذا تجهیزات تخلیه‌کننده عموماً در مناطقی که آب کمیاب نباشد به کار برده می‌شوند داده‌های محدودی در مورد آب مورد نیاز تجهیزات تخلیه‌کننده و دفع‌کننده در دسترس می‌باشد که در جدول ۳ ارائه می‌شود.

جدول ۳- آب مورد نیاز تجهیزات تخلیه‌کننده و دفع‌کننده

نوع تجهیزات	درصد اتلاف دبی کانال
تخلیه‌کننده تونلی	۱۰ - ۱۰۰
دفع‌کننده تونلی	۱۰ - ۲۵
حوضچه‌های رسوبگیر	۰/۵ - ۳

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با وجودی که انواع مختلف شیوه‌های کنترل رسوب در گذشته به صورت وسیعی مورد استفاده قرار گرفته است، در حال حاضر تعیین یک روش به عنوان بهترین راه حل، تحت شرایط معین امکان‌پذیر نیست. مهندس طراح، با توجه به ملاحظات اقتصادی، بررسی فاکتورهای مختلف و مطالعات تجربی یکی از گزینه‌های مختلف در محل را انتخاب می‌کند. همچنین پیشنهاد می‌شود:

- تخلیه‌کننده‌ها اغلب به مقدار آب زیاد برای تخلیه رسوبات نیاز دارند با توجه به شرایط کشور ایران که در ناحیه کم‌آبی قرار دارد. بهتر است به روشهای اجرایی برای دفع رسوبات از آبگیرها و کانالهای انحرافی توجه بیشتری شده و تحقیقاتی نیز در این مورد صورت گیرد.
- با توجه به اهمیت انتقال رسوب در رودخانه‌های ایران که عموماً از نوع پرسوب (بار بستر و بار معلق زیاد) می‌باشند، بررسیهای تحقیقاتی در خصوص عملکرد الگوهای مختلف سازه‌های آبگیر به طور فراگیر انجام شود.
- تحقیقاتی را که بر روی آبگیرهای موجود در رودخانه کارون انجام شده است جمع‌آوری و تکمیل گردد.

در جدول ۴ خلاصه روشهای مختلف تخلیه و دفع رسوبات و راندمان مربوط به برخی از این روشها ارائه شده است.

جدول ۴- دامنه تغییرات بازده رسوب گیری در آبیگرها

انتخاب محل مناسب : مناسب ترین محل احداث آبیگرها در قوس خارجی رودخانه ها در محلی که جریانهای ثانویه به طور کامل توسعه یافته و با زاویه انحراف مناسب بسته به هندسه محل و اندازه رسوبات می باشد.								روش نوع	روشهای پیشگیری	روشهای رسوب زدایی
راندمان برحسب هندسه محل، اندازه رسوبات، زاویه انحراف و مقدار دبی منحرف شده متغیر است. البته در صورتی که مقدار دبی منحرف شده در حدود ۵۰٪ دبی رودخانه باشد تقریباً ۹۰٪ ذرات درشت تر از $\frac{3}{8}$ به انحراف منتقل خواهند شد. [۴] به همین دلیل معمولاً دبیهای کمتر از ۵۰٪ منحرف می شود.								راندمان		
تخلیه کننده های تونلی	پره های منحرف کننده	اقدامات ساماندهی	دریچه های تخلیه ریزی	سکوی پیش آمده	آبپایه های مرتفع (برآمده)	دیواره های جداکننده	استفاده از تجهیزات جداکننده	روش نوع		
مواد درشت دانه ۸۰ تا ۹۰٪	-	-	-	-	-	-	-	راندمان		
دفع کننده تونلی		تله اندازه های لوله گردابی			حوضچه های رسوب گیر (آرامش)			روش نوع	روشهای اجرایی با استفاده از دفع کننده ها	
مناسب دفع مواد درشت		۷۷٪ (تغییرات راندمان با توجه به پارامترهای $\frac{Q_p}{Q}$ و $\frac{\omega_o}{U_*}$ از شکل قابل محاسبه است).			مؤثرترین روش تخلیه رسوبات درشت ۷۷٪ تا ۸۰٪			راندمان		
سیستم گوه ای		سیستم جریان نیمه باز		سیستم حوضچه آرامش		کنترل و تنظیم به کمک بند		روش نوع	سایر روشها	
-		قابل استفاده در سیلابهای شدید		رضایت بخش ترین روش کنترل رسوبات		-		راندمان		

منايع و ماخذ

- 1- Arved J.Raudkivi "Sedimentation : Exelution and removal of sediment from diverted water" 1995.
- 2- Dancy, A.G. "Stream Sedimentation In Diverted Channal", M.S. Thesis, Iowa State College. Amos (U.S.A) 1947.
- 3- Garde, RJ and Runyarujue "Mechanics of Sediment Transportaion" 1985.
- 4- Razvan, E."River Intakes and Diversion Dams" Elsevier New York 1989.