

دانشکده عمران و محیط زیست

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته: مهندسی عمران-سازه‌های هیدرولیکی

## عنوان پایان نامه:

بررسی حرکت جسم شناور در رودخانه با استفاده از روش SPH

نام دانشجو:

امین نوری

استاد راهنما:

دکتر عطااله نجفی جیلانی

استاد مشاور:

دکتر مهدی شفیعی فر

بهمن ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## چکیده

زباله‌های شناور و آلودگی‌های نفتی در سطح آب، صدمات جبران‌ناپذیری به اکوسیستم منطقه تحمیل کرده و علاوه بر آن می‌توانند موجب خسارات فراوان اقتصادی گردند. یک مثال موثر و اقتصادی برای جمع‌آوری آشغال‌های شناور و آلودگی‌های نفتی از روی سطح آب، بوم شناور است. بوم‌ها در آب‌های آرام بهتر عمل کرده و فقط برای کنترل و جمع‌آوری آشغال‌های شناور مناسب هستند.

با توجه به اهمیت و کاربرد زیاد بوم شناور، مطالعات زیادی برای شناخت اندرکنش آن با سیال انجام شده است. محدودیت‌های روش آزمایشگاهی و هزینه‌بر بودن آن‌ها، توجه محققین را به سوی روش‌های عددی که علی‌رغم وجود محدودیت‌هایی چون خطاهای عددی و فرضیات ساده‌کننده، دارای مزیت‌هایی مانند ارائه درک بهتر از مسئله و هزینه‌ی کمتر هستند، معطوف کرده است.

در این پژوهش، با استفاده از روش لاگرانژی و بدون مش هیدرودینامیک ذرات هموار تراکم‌پذیر (WCSPH)، آنالیز سازه‌ای بوم تحت جریان مورد بررسی قرار گرفته است. برای این منظور ابتدا یک کد پایه تهیه و با انجام برخی اصلاحات، مدل نهایی بوم شناور ساخته شد. از جمله این اصلاحات که برای افزایش دقت و یا فرایند تکمیل مدل به کار رفته‌اند می‌توان به ایجاد جریان و هندسه‌های جدید، اصلاح محاسبه‌ی سرعت صوت، اعمال تکنیک جابجایی ذرات و ایجاد یک جسم نوسان‌کننده اشاره کرد. در ادامه نیز آزمون‌های مختلفی به منظور صحت‌سنجی مدل WCSPH، اجرا شده‌اند و توانایی مدل موجود را در شبیه‌سازی مناسب شرایط مرزی، اجسام شناور، نیروی وارد بر آن‌ها، جریان و نوسان جسم در سیال مورد سنجش قرار داده‌اند.

در تحلیل بوم، نوسانات بوم در راستای جریان که در گذشته از آن چشم‌پوشی می‌گردید، با قرار دادن یک فنر در مسیر حرکت بوم در نظر گرفته شد. سه پارامتر سرعت جریان، ارتفاع بدنه‌ی بوم و سختی طولی بوم در راستای جریان به عنوان متغیر در نظر گرفته شده و میزان تاثیر هر یک بر نیروی وارد بر بوم مورد ارزیابی قرار گرفت. در تحلیل نتایج بدست آمده از مدل حاضر سعی گردید تا با تعریف پارامترهای بدون بعد جدید، تحلیل مناسب‌تر و مطابق با عملکرد واقعی بوم شناور ارائه گردد. نتایج نشان می‌دهد سرعت جریان، ارتفاع بدنه‌ی بوم و سختی طولی بوم شناور به ترتیب بیشترین تاثیر را در نیروی وارد بر بوم دارند. در نهایت یک رابطه برای محاسبه نیروی وارد بر بوم از طرف جریان بر اساس سه متغیر گفته شده ارائه گردیده است.

**کلمات کلیدی:** بوم شناور، جسم شناور، هیدرودینامیک ذرات هموار، نیروی وارد بر جسم.

## تقدیم به پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته ای که از خواسته هایمان گذشتند، سختی ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات گرفتار ما من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم.

## و تقدیم به

همه کسانی که محظ ای بعد انسانی و وجدانی خود را فراموش نمی کنند و بر آستان گران سنگ انسانیت سر فرود می آورند و انسان را با همه تفاوت هایش ارج می نهند.

## تقدیر و تشکر

خداوند بزرگ و بلند مرتبه را سپاسگزارم که توفیق داده است در سایه الطاف و مرحمت‌های همیشگی و بیکرانیش  
پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد به پایان رسد.

بر خود لازم می‌دانم از زحمات فراوان و راهنمودهای اساتید مهربانم، دکتر عطانه نجفی جیلانی و دکتر مهدی  
شعبی فر که در طی این مسیر پژوهشی صبورانه کمال کاربرنده بودند، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم.  
همچنین از زحمات دکتر جوادی کتک‌داری و دکتر روزبه پناهی که قبول زحمت فرموده و به مطالعه و بررسی این  
پژوهش بهمت نهادند، صمیمانه قدردانی می‌کنم.

در پایان از تمامی دوستان خوبم دکتر علیرضا ولیراده، مهندس یتیم‌کیا، مهندس وحید روحانی، مهندس  
محمد صادق مقصودی و مهندس حمید اقبال‌بازاده که در این مدت از به‌مفکری آن‌ها استفاده کردم، سپاسگزاری  
می‌کنم.

## فهرست مطالب

فصل اول-مقدمه .....	۱
۱-۱- اثرات منفی آلودگی‌های نفتی و آسغال‌های شناور .....	۲
۲-۱-انواع موانع آسغالگیر .....	۵
۱-۲-۱- بوم‌های شناور .....	۵
۲-۲-۱- آسغالگیر حبابی .....	۵
۳-۲-۱- دستگاه CDS .....	۶
۳-۱-بوم شناور .....	۷
۴-۱-اجزای بوم .....	۸
۵-۱-انواع بوم .....	۹
۶-۱-معیارهای طراحی .....	۱۱
۷-۱-مزایا و معایب بوم‌ها .....	۱۲
۸-۱-ضرورت انجام تحقیق .....	۱۲
۹-۱-هدف پژوهش .....	۱۴
۱۰-۱-فصل‌بندی پایان‌نامه .....	۱۴
فصل دوم-مروری بر مطالعات انجام شده .....	۱۵
فصل سوم-معادلات و روابط حاکم .....	۲۳
۱-۳-روش‌های عددی بدون شبکه .....	۲۴
۱-۱-۳- روش المان‌های محدود بدون شبکه‌بندی (MFEM) .....	۲۵
۲-۱-۳- روش هیدرودینامیک ذرات هموار (SPH) .....	۲۵
۳-۱-۳- روش حرکت ذرات نیمه‌ضمنی (MPS) .....	۲۶
۱-۳-اساس روش SPH .....	۲۷
۲-۳-انفصال دامنه .....	۲۸

- ۳-۳-محاسبه‌ی گرادیان‌ها ..... ۲۹
- ۳-۴-تابع کرنل ..... ۳۰
- ۳-۴-۱- کرنل گاوسی ..... ۳۱
- ۳-۴-۲- کرنل درجه دوم ..... ۳۱
- ۳-۴-۳- کرنل اسپلاین درجه سوم ..... ۳۲
- ۳-۴-۴- کرنل درجه پنجم ..... ۳۳
- ۳-۵-طول هموارسازی ..... ۳۴
- ۳-۶-به‌دست آوردن معادلات SPH ..... ۳۵
- ۳-۶-۱- معادله پیوستگی ..... ۳۵
- ۳-۶-۲- معادله مومنتوم ..... ۳۶
- ۳-۶-۳- موقعیت ذرات و تصحیح XSPH ..... ۳۸
- ۳-۶-۴- معادله حالت ..... ۳۹
- ۳-۶-۵- معادله انرژی ..... ۳۹
- ۳-۷-تصحیح کششی ..... ۴۰
- ۳-۷-۱- جایگزین کردن کرنل‌های دیگر ..... ۴۱
- ۳-۷-۲- فشار مصنوعی ..... ۴۱
- ۳-۸-مقداردهی اولیه چگالی ..... ۴۲
- ۳-۸-۱- تصحیح مرتبه صفر، فیلتر شپرد ..... ۴۲
- ۳-۸-۲- تصحیح مرتبه اول ، مربع حداقل حرکت ..... ۴۲
- ۳-۹-تصحیح کرنل ..... ۴۳
- ۳-۱۰-پیشروی زمانی ..... ۴۴
- ۳-۱۰-۱- طرح پیش‌بینی-تصحیح ..... ۴۴
- ۳-۱۰-۲- طرح سیمپلکتیک ..... ۴۵

۴۶.....	۱۱-۳-گام زمانی متغیر .....
۴۶.....	۱-۱۱-۳- ترم‌های نیروی داخلی و خارجی .....
۴۶.....	۲-۱۱-۳- ترکیب شرایط ویسکوز و CFL .....
۴۶.....	۳-۱۱-۳- انتخاب گام زمانی نهایی .....
۴۷.....	۱۲-۳-بازدهی محاسباتی .....
۴۸.....	۱۳-۳-شرایط اولیه .....
۴۹.....	۱۴-۳-شرایط مرزی .....
۴۹.....	۱-۱۴-۳- ذرات مرزی مجازی .....
۵۰.....	۲-۱۴-۳- ذرات مرزی دافع .....
۵۱.....	۳-۱۴-۳- ذرات مرزی دینامیکی .....
۵۲.....	۱۵-۳-معادلات جسم شناور .....
۵۴.....	فصل چهارم-اصلاحات انجام شده در کد و صحت‌سنجی .....
۵۵.....	۱-۴-معرفی کد SPHysics .....
۵۸.....	۲-۴-اصلاحات انجام شده در کد .....
۵۸.....	۱-۲-۴- ایجاد جریان و تولید هندسه‌های جدید .....
۵۹.....	۲-۲-۴- اصلاح محاسبه‌ی سرعت صوت .....
۵۹.....	۳-۲-۴- اعمال روش جابجایی ذرات .....
۶۲.....	۴-۲-۴- ایجاد یک جسم نوسان‌کننده در محیط سیال .....
۶۲.....	۳-۴-صحت‌سنجی .....
۶۲.....	۱-۳-۴- پدیده شکست سد .....
۶۹.....	۲-۳-۴- مدل‌سازی جریان در کانال‌های باز .....
۷۱.....	۳-۳-۴- عبور جریان از پیرامون سیلندر .....
۷۷.....	۴-۳-۴- مدل‌سازی یک سیلندر نوسان‌کننده در محیط سیال .....



فصل پنجم-مدلسازی بوم شناور و تحلیل نتایج .....	۸۱
۱-۵- فرضیات مدلسازی .....	۸۲
۱-۱-۵ حساسیت سنجی نسبت به اندازه ذرات .....	۸۷
۲-۵- تحلیل نتایج .....	۸۹
۱-۲-۵ اثر پارامترهای موثر بر نیروی وارد بر بوم .....	۸۹
۲-۲-۵ الگوی جریان اطراف بوم .....	۹۵
۳-۲-۵ پاسخ بوم به نیروهای وارد بر آن .....	۹۷
فصل ششم-نتیجه گیری و پیشنهادات .....	۹۸
۱-۶- مقدمه .....	۹۹
۲-۶- جمع بندی و نتایج .....	۹۹
۳-۶- پیشنهاد برای تحقیقات آینده .....	۱۰۱
مراجع .....	۱۰۲
واژه نامه .....	۱۰۵

## فهرست اشکال و نمودارها

- شکل ۱-۱ عکس گرفته شده توسط ماهواره terra از دلتای می‌سی‌سی‌پی ۳۴ روز بعد از فاجعه. درخشش لکه نفت روی سطح آب آن را از دیگر نقاط متمایز کرده است (کیا ۱۳۹۱). ..... ۳
- شکل ۱-۲ حجم بسیار زیاد آشغال‌های شناور در مخزن سد سه دره چین ..... ۴
- شکل ۱-۳ استفاده از بوم آشغالگیر در مخزن سد اورا ..... ۴
- شکل ۱-۴ آشغالگیر حبابی ..... ۶
- شکل ۱-۵ یک واحد دستگاه CDS (Huber 2008) ..... ۷
- شکل ۱-۶ جلوگیری از ورود آشغال‌های شناور توسط بوم ..... ۸
- شکل ۱-۷ اجزای بوم ..... ۹
- شکل ۱-۸ انواع مختلف بوم بر حسب نوع آرایش (Amini 2007) ..... ۱۱
- شکل ۱-۲ ضخامت لایه نفت در پشت مانع (Cross and Hoult 1971) ..... ۱۶
- شکل ۲-۲ رابطه بین نسبت بازشدگی و پارامتر کشش (Milgram 1971) ..... ۱۷
- شکل ۲-۳ آزمایش انجام شده روی بوم شناور توسط Jungseo Ho (Ho 2005) ..... ۱۹
- شکل ۲-۴ مدلسازی بوم و لکه نفتی در کانال با استفاده از روش SPH (Violeau, Buvat et al. 2007) ..... ۲۰
- شکل ۲-۵ خطوط جریان اطراف بوم انعطاف‌پذیر (Amini 2007) ..... ۲۱
- شکل ۲-۶ بوم ساخته شده در فلوم توسط Castro و همکاران (Castro, Iglesias et al. 2010) ..... ۲۲
- شکل ۳-۱ تعریف بردار ذره *rij* ..... ۲۹
- شکل ۳-۲ کرنل درجه دوم و مشتق اول آن ..... ۳۱
- شکل ۳-۳ کرنل درجه دوم و مشتق اول آن ..... ۳۲
- شکل ۳-۴ کرنل اسپلاین درجه سوم و مشتق اول آن ..... ۳۳
- شکل ۳-۵ کرنل درجه پنجم و مشتق اول آن ..... ۳۳
- شکل ۳-۶ همسایه‌های ذره *i* در محدوده تابع کرنل ..... ۳۴
- شکل ۳-۷ تغییرات زمانی انرژی سیستم در طی پدیده شکست سد ..... ۴۰
- شکل ۳-۸ رژیم پایداری برای کرنل درجه سوم (Crespo 2008) ..... ۴۱
- شکل ۳-۹ کنترل گام زمانی در پدیده شکست سد (Crespo 2008) ..... ۴۷
- شکل ۳-۱۰ مجموعه‌ای از ذرات همسایه در حالت دو بعدی (Crespo 2008) ..... ۴۷
- شکل ۳-۱۱ نحوه اندرکنش سلول‌های همسایه ..... ۴۸

- شکل ۳-۱۲ قرارگیری ذرات به صورت کارتزین ..... ۴۸
- شکل ۳-۱۳ قرارگیری ذرات به صورت شطرنجی ..... ۴۹
- شکل ۴-۱ نحوه کارکرد SPPhysics ..... ۵۷
- شکل ۴-۲ نمایی از یک بوم شناور ساخته شده ..... ۵۸
- شکل ۴-۳ مقایسه اثر روش جابجایی ذرات بر نمودار ضریب درگ برای رینولدز ۱۰۰ ..... ۶۱
- شکل ۴-۴ نحوه قرارگیری ستون آب و ذرات مرزی ..... ۶۳
- شکل ۴-۵ مراحل برخورد یک ستون آب به دیواره ..... ۶۵
- شکل ۴-۶ مشخصات کانال و مانع در مدلسازی شکست سد در حضور مانع ناگهانی ..... ۶۶
- شکل ۴-۷ پروفیل سطح آب حاصل از روش‌های مختلف در حضور مانع ..... ۶۸
- شکل ۴-۸ مقدار  $u(z)/U$  ذرات در لحظه  $t=0$  ..... ۷۰
- شکل ۴-۹ مقایسه پروفیل به دست آمده از روش حاضر با حل تحلیلی در رینولدزهای مختلف ..... ۷۱
- شکل ۴-۱۰ نمودار ضریب درگ سیلندر برای رینولدز ۲۰ ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۱ نمودار ضریب درگ سیلندر برای رینولدز ۵۰ ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۲ نمودار ضریب درگ سیلندر برای رینولدز ۱۰۰ ..... ۷۴
- شکل ۴-۱۳ نمودار ضریب درگ سیلندر برای رینولدز ۲۰۰ ..... ۷۵
- شکل ۴-۱۴ خطوط جریان پشت سیلندر برای رینولدز ۲۰ ..... ۷۶
- شکل ۴-۱۵ خطوط جریان پشت سیلندر برای رینولدز ۱۰۰ ..... ۷۶
- شکل ۴-۱۶ خطوط جریان پشت سیلندر برای رینولدز ۲۰۰ ..... ۷۷
- شکل ۴-۱۷ گردابه‌های تشکیل شده در پشت سیلندر برای رینولدز ۳۰۰ ..... ۷۷
- شکل ۴-۱۸ نمایی از صحت‌سنجی جسم نوسان‌کننده در سیال ..... ۷۹
- شکل ۴-۱۹ مقایسه نتایج پژوهش حاضر و Nomura (Takashi and Hughes 1992) در مدلسازی سیلندر و فنر ..... ۸۰
- شکل ۵-۱ نمایی از نحوه مدلسازی بوم متصل به فنر ..... ۸۳
- شکل ۵-۲ شرایط اولیه مدل بوم شناور در معرض جریان ..... ۸۴
- شکل ۵-۳ نمودار حرکت عمودی مرکز ثقل بوم به ازای مقادیر مختلف  $f$  ..... ۸۵
- شکل ۵-۱۵ نمودار تاریخچه زمانی نیروی وارد بر بوم برای ذرات با اندازه‌های متفاوت ..... ۸۸
- شکل ۵-۱۶ زمان اجرای برنامه برای تعداد ذرات مختلف ..... ۸۸
- شکل ۵-۴ تغییرات نیروی وارد بر بوم تحت سرعت‌های متفاوت جریان ..... ۹۰

- شکل ۵-۵ تغییرات نیروی وارد بر بوم تحت عمق بدنه متفاوت ..... ۹۱
- شکل ۵-۶ تغییرات نیروی وارد بر بوم در اثر تغییر سختی فنر متصل به بوم ..... ۹۲
- شکل ۵-۷ همبستگی رابطه نیروی وارد بر بوم شناور ..... ۹۳
- شکل ۵-۹ اختلاف عمق آبخور و بدنه‌ی بوم ..... ۹۴
- شکل ۵-۱۰ خطوط جریان اطراف بوم برای سرعت جریان ۰.۸ متر بر ثانیه و عمق بدنه ۰.۸ متر ..... ۹۵
- شکل ۵-۱۱ خطوط جریان اطراف بوم برای سرعت جریان ۰.۳ متر بر ثانیه و عمق بدنه ۰.۸ متر ..... ۹۶
- شکل ۵-۱۲ خطوط جریان اطراف بوم برای سرعت جریان ۰.۸ متر بر ثانیه و عمق بدنه ۱ متر ..... ۹۶
- شکل ۵-۱۳ میدان سرعت برای بوم با عمق بدنه ۰.۹ متر و سرعت جریان ۰.۵ متر بر ثانیه ..... ۹۶
- شکل ۵-۱۴ زاویه‌ی بدنه نسبت به قائم تحت سرعت‌های متفاوت جریان ..... ۹۷

## فهرست جداول

- جدول ۱-۴ مقادیر ضریب درگ برای رینولدزهای مختلف ..... ۷۵
- جدول ۱-۵ محدوده متغیرهای مورد بررسی برای محاسبه‌ی نیروی بوم شناور ..... ۸۶
- جدول ۲-۵ محدوده متغیرهای بدون بعد مورد بررسی برای محاسبه‌ی نیروی بوم شناور ..... ۸۶
- جدول ۴-۵ مشخصات ذرات انتخاب شده برای آنالیز تحلیل حساسیت به اندازه ذرات ..... ۸۷
- جدول ۳-۵ ضریب درگ برای مقادیر متفاوت سختی طولی بوم ..... ۹۴

# فصل اول

---

مقدمه

## ۱-۱ - اثرات منفی آلودگی‌های نفتی و آشغال‌های شناور

پدیده لکه نفتی می‌تواند اثرات جبران ناپذیری به اکوسیستم منطقه تحمیل کند. هر لیتر لکه نفت می‌تواند حدود ۱۰۰۰۰ لیتر آب را آلوده کرده و باعث مرگ بیش از ۱۰۰۰ ماهی در یک رودخانه شود (Amini 2007). خطوط ساحلی بیشتر از هر جای دیگری برای آلودگی نفتی مستعد هستند زیرا لکه نفتی به طور طبیعی تمایل به جمع شدن در ساحل را دارد. صنایعی مانند نیروگاه‌ها که به دلیل فرایند طبیعی چرخه‌ی خود به آب دریا متکی هستند، نیز از اثرات منفی آلودگی دریا در امان نخواهند بود. از عوامل آلودگی نفتی می‌توان به مواردی چون استخراج، انتقال، تخلیه و ذخیره‌سازی نفت، اکتشافات فراساحلی، تصادف تانکرها و به گل نشستن آنها اشاره کرد. هر چند در سال‌های اخیر تجهیزات ایمنی فراوانی به منظور پیشگیری از وقوع چنین فجایعی فراهم شده، متأسفانه تجربه نشان داده است که حتی بهترین تلاش‌ها نیز ممکن است در جلوگیری از این حوادث ناکام بماند. جدی‌ترین این فجایع در سال‌های اخیر، انتشار نفت در خلیج مکزیک<sup>۱</sup> در سال ۲۰۱۰ بود که در اثر انفجار در یک چاه فورانی نفت روی داد (شکل ۱-۱). کنترل فوران نفت به تنهایی، سه ماه طول کشید و عملیات پاسخ مدت‌ها به طول انجامید. همه این فعالیت‌ها و هزینه‌های چندین میلیاردی نتوانست مانع از بخش زیادی از خسارات کوتاه‌مدت و بلندمدت زیست‌محیطی و اقتصادی متعددی شود که بحران پخش آلودگی نفتی به دنبال دارد (کیا ۱۳۹۱).

---

<sup>۱</sup> Deepwater Horizon Oil Spill



شکل ۱-۱ عکس گرفته شده توسط ماهواره terra از دلتای می‌سی‌سی‌پی ۳۴ روز بعد از فاجعه. درخشش لکه نفت روی سطح آب آن را از دیگر نقاط متمایز کرده است (کیا ۱۳۹۱).

در گذشته‌های دور انسان برای دسترسی بهتر و آسان‌تر به آب برای امورات کشاورزی و عمرانی در جوار رودخانه‌ها سکونت می‌گزید. به مرور زمان با توسعه شهرها و رشد جمعیت، رودخانه‌ها در معرض تخریب و آلودگی قرار گرفته‌اند که در نتیجه‌ی آن، امروزه تمایل کمتری برای زندگی در کنار رودخانه‌ها دیده می‌شود. در کنار اقدامات پیشگیرانه و آموزش عمومی برای جلوگیری از آلودگی رودخانه‌ها، می‌توان از ابزارهایی برای کنترل آلودگی رودخانه استفاده کرد که یکی از این ابزارها نصب بوم شناور<sup>۱</sup> در مقطع رودخانه‌ها و کانال‌هاست.

در مخازن سدها، آشغال‌های شناور می‌توانند راه ورودی سرریزها را مسدود کنند و مانع خروج آب از سرریزها شوند که در این حالت ریسک روگذری آب از روی بدنه‌ی سد وجود دارد. علاوه بر این می‌توانند به دریچه‌های خروجی سد آسیب زده و مانع از کارکرد درست آن شوند. همچنین آشغال‌های شناور بر روی کیفیت آب پشت سد نیز اثر منفی می‌گذارند. شکل ۱-۲ مربوط به Three Gorges Dam چین در سال ۲۰۱۰ است که حجم بسیار زیادی از آشغال‌های شناور جمع شده در پشت سد را نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> Floating Boom





شکل ۲-۱ حجم بسیار زیاد آشغال های شناور در مخزن سد سه دره چین

طبق گفته مسئولان سد مقدار زیاد آشغال های شناور می تواند به دریچه و کیفیت آب پشت سد سه دره آسیب بزند. اگر چه در سال های اخیر مقدار آشغال های شناور کاهش پیدا کرده است، اما بارش باران در بالا دست سد، هر چند مدت یکبار شاخه درختان و مواد پلاستیکی را در پشت سد جمع می کند. هر روز حدود ۳۰۰۰ تن و در سال حدود ۱۵۰۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰ مترمکعب آشغال از این ناحیه جمع می شود. سد سه دره سالانه حدود ۱.۴۸ میلیون دلار بابت جمع آوری آشغال های شناور هزینه می کند. نمونه ی دیگر مربوط به سد Urra می باشد که به دلیل حجم زیاد آشغال، از یک بوم شناور در مخزن سد استفاده می شود، تا مانع از رسیدن آشغال ها که عمدتاً تنه درختان است، به ورودی نیروگاه شود. در شکل ۳-۱ حجم وسیع تنه های درخت، که بوم مانع از رسیدن آن ها به بدنه سد و ورودی سرریز شده است، به وضوح دیده می شود.



شکل ۳-۱ استفاده از بوم آشغالگیر در مخزن سد اورا

## ۱-۲- انواع موانع آشغالگیر

جهت کاهش آثار منفی و جمع آوری آشغال‌های شناور در رودخانه‌ها، مخازن سد و دریاها از ابزارهایی استفاده می‌شود که در ادامه به طور مختصر شرح داده خواهند شد.

### ۱-۲-۱- بوم‌های شناور

اولین و ساده‌ترین راه برای کنترل آلودگی و جمع آوری زباله‌های شناور در یک رودخانه استفاده از یک بوم است. وسط بوم‌ها که آشغال در آنجا جمع می‌شود و عموماً وسط کانال نیز قرار می‌گیرد، منطقه‌ای است که جریان آب بیشترین سرعت را دارا است. سرعت بالا می‌تواند آشغال‌های به دام افتاده زیر بوم را لایروبی کند. اگر بوم‌ها در طول کانال قرار بگیرند عملکرد بهتری دارند و آشغال جمع شده در منطقه پرسرعت کانال قرار ندارد. بوم‌های آشغالگیر بهترین عملکرد را در جریان‌های با سرعت پایین دارند. با وجود ادعاهای اولیه عملکرد این سازه، بعدها این موضوع که عملکرد بوم‌ها در طی جریان‌های با سرعت بالا کاهش می‌یابد، تصدیق شده است. این کاهش در عملکرد سازه، ناشی از نیرو وارد کردن آب و آشغال به بالا و پایین بوم و یا شکستن بوم است. با استفاده از یک لنگر در امتداد جریان می‌توان عملکرد بوم را افزایش داد اما مشکلات در برابر جریان‌های زیاد همچنان وجود دارد.

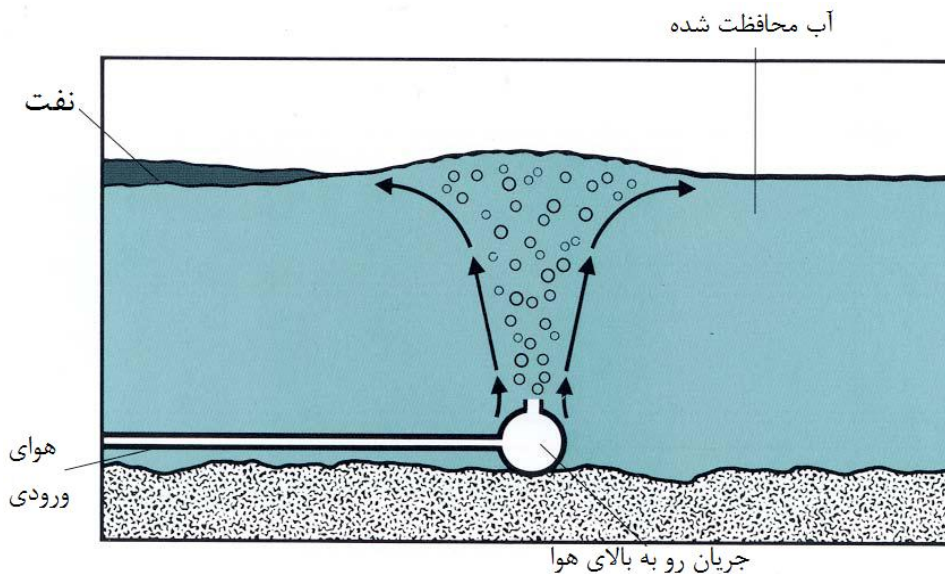
### ۱-۲-۲- آشغالگیر حبابی<sup>۱</sup>

عیب عمده بوم‌های شناور این است که از حرکت قایق و کشتی جلوگیری می‌کند و آشغالگیر حبابی یک راهکار برای حل مشکل مذکور است. آشغالگیر حبابی از یک لوله طولی که بالای آن یک سوراخ قرار داشته و معمولاً در عمق بالای ۱۲ متری قرار داده می‌شود، استفاده می‌کند و هوای فشرده درون آشغالگیر قرار می‌گیرد. فرار جریان هوای درون لوله‌ها، یک جریان رو به بالا در مجاورت آب تولید می‌کند و یک مانع در برابر عبور نفت و آشغال ایجاد می‌کند در حالی که وسایل شناور مانند کشتی‌ها به راحتی می‌توانند عبور کنند. این سیستم در دهانه‌ی یک لنگرگاه یا رودخانه به عرض ۲۰۰ متر حدود ۳۰ تا ۶۰ ثانیه طول می‌کشد تا عمل کند و بعد از اینکه به طور مستقل شروع به کار کرد، نیازی به نیروی انسانی ندارد. این نوع آشغالگیر بیشتر برای مناطقی مفید است که ترافیک جریان در ورودی یک بندر بالاست. واضح است که اثر آشغالگیر حبابی با امواج ضربه‌ای و جریان‌های قوی کاهش پیدا می‌کند،

---

<sup>۱</sup> Bubble barriers

به علاوه هوای نگه داشته شده می تواند با لای و گیاهان دریایی مسدود شود. این سیستم نیاز به یک کمپرسور قوی برای ایجاد فشار در کل لوله دارد، در نتیجه هزینه اجرایی این سیستم بسیار بالاست.

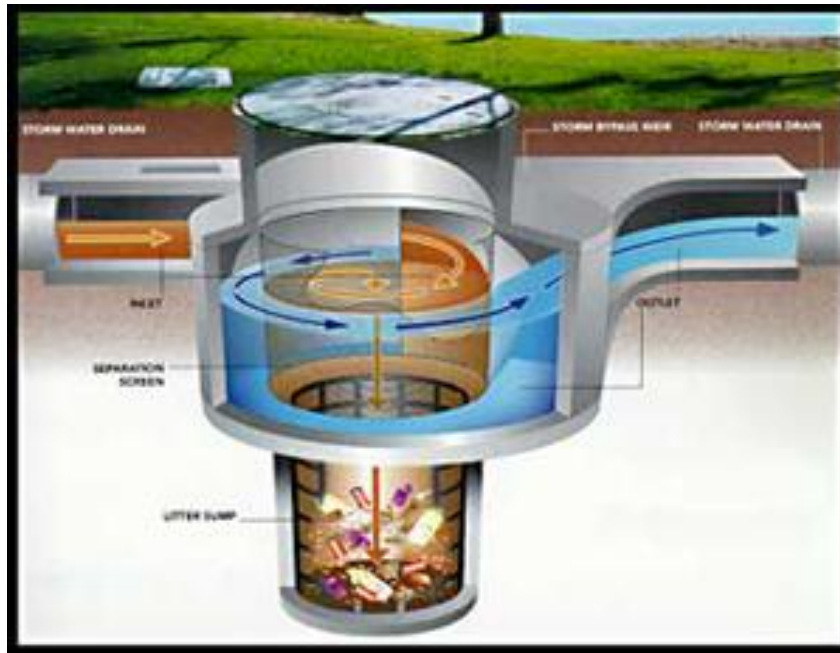


شکل ۴-۱ آشغالگیر حبابی

### ۱-۲-۳ - دستگاه CDS<sup>۱</sup>

روش بارزش دیگر حذف آلودگی رودخانه، یک جداکننده پیوسته‌ی انعطاف پذیر به نام دستگاه CDS است (شکل ۵-۱). واحد CDS یک ماشین پیچیده است که از انرژی هیدرولیکی طبیعی آب جاری برای توقف و جمع آوری آلودگی رودخانه استفاده می کند و بزرگی سیلندر به نیاز و اندازه محل بستگی دارد. CDS اجازه می دهد که آب همراه با آشغال، از آن عبور کند و در یک حرکت دایره‌ای بچرخد، سپس از یک صفحه می گذرد که این صفحه هر آشغالی را متوقف می کند، حتی نفت و روغنی که در مرکز سیلندر جمع شده باشد. زمانی که آب به عنوان جریان به حرکت خود ادامه می دهد، آشغال‌های بزرگ به پایین سیلندر برای حذف، ته نشین می شوند و زباله‌های کوچک در سطح آب نگه داشته شده و قادر به ترک سیلندر نیستند. ایجاد یک واحد دستگاه CDS در San Jose مقدار ۳۸۰۰۰ دلار هزینه داشته و نگهداری سالانه آن ۱۲۰۰ دلار در سال تخمین زده می شود. بازده این دستگاه نزدیک به ۸۰٪ و حتی بالاتر برآورد می شود. استفاده از بوم‌های شناور در مقایسه با واحد CDS موفقیت کمتری در پی خواهد داشت (Huber 2008).

<sup>۱</sup> Continuous Deflection Separator



شکل ۱-۵ یک واحد دستگاه CDS (Huber 2008)

### ۱-۳- بوم شناور

بوم شناور یک سیستم موثر و اقتصادی برای جمع آوری آشغال‌های شناور در کانال‌های باز، رودخانه‌ها و مخازن سدها است. از بوم شناور هم‌چنین برای مدیریت زباله‌های رودخانه و جلوگیری از آلودگی نفت روی ساحل و ممانعت از سطوح آلوده‌کننده در ورودی‌ها استفاده می‌شود. بوم‌ها در آب‌های آرام بهتر عمل کرده و فقط برای آشغال‌های شناور مناسب هستند و نگهداری این سازه‌ها به صورت دستی انجام می‌شود. بوم‌های شناور در ابتدا برای کنترل و ممانعت از ورود لکه نفتی طراحی شدند و اکنون نیز برای جذب مواد نفتی و روغن از سطح آب طراحی و استفاده می‌شوند. آنها یک عمر ۵ تا ۷ ساله دارند قبل از اینکه توسط نور فرابنفش آسیب ببینند و یا توسط آشغال‌های به دام افتاده شده، از بین بروند. بیشتر بوم‌ها با چند بوم ضمیمه نصب می‌شوند تا بعد از نصب در طرف مقابل کانال، دارای پهنای کافی برای شبیه شدن به قسمتی از یک دایره باشند.