

Fällningsdammar

Drifterfarenheter, utformning och framtida användning

*Christer Hedström
Sten Lundberg
Tomas Nilsson,
Jörgen Hanaeus
Erik Norin*



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Rörnät & Klimat
Avlopp & Miljö
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Anna Linusson, Ordförande
Daniel Hellström, Utvecklingsledare
Lena Blom
Tove Göthner
Bertil Johansson
Stefan Johansson
Johan Olanders
Lisa Osterman
Hans Bertil Wittgren
Carl-Olof Zetterman

Svenskt Vatten
Svenskt Vatten
Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad
Sveriges Kommuner och Landsting
Norrvatten
Skellefteå kommun
Ovanåkers kommun
Örebro kommun
Sweden Water Research/VA SYD
SYVAB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 Bromma
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Fällningsdammar - drifterfarenheter, utformning och framtida användning
Title of the report:	Fellingsdams - experiences, design aspects and future applications
Författare:	Christer Hedström, Härjedalens kommun; Sten Lundberg, Miva; Tomas Nilsson, Miva; Jörgen Hanaeus, Ideva; Erik Norin, Sweco
Rapportnummer:	2016-16
Antal sidor:	60
Sammandrag:	Erfarenheter från fällningsdammar har kartlagts och ligger till grund för rekommendationer om utformning och drift av nya och befintliga anläggningar. I rapporten diskuteras även alternativa tillämpningar av tekniken.
Abstract:	Observations and conclusions from fellingsdams have been collated to form the basis for recommendations for design and operation of both existing and planned treatment plants. The report also covers alternative applications of the technology.
Sökord:	Fällningsdammar, resurssnål, robust, avloppsvattenrening, bräddvattenrening, kemisk fällning, sedimentationsdammar
Keywords:	Fellingsdams, wastewater treatment, sewage overflow treatment, robust, chemical precipitation, sedimentation ponds
Målgrupper:	Driftpersonal VA, VA-ingenjörer, VA-konsulter, tillsynsmyndigheter
Omslagsbild:	Hede fällningsdammar med Sonfjället i bakgrunden. Foto: Erik Norin, Sweco Environment
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2016
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	15-116
Projektets namn:	Fällningsdammar - drifterfarenheter, utformning och framtida användning
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling, Härjedalens kommun, Miva, MittSverige Vatten AB, Ljusdals kommun, Sollefteå kommun, Ånge kommun, Åre kommun, Östersunds kommun.

Förord

Rapporten baseras på en kartläggning och erfarenhetsinsamling om fällningsdammar och redovisar vad man bör beakta vid planering av liknande anläggningar, hur de bäst utformas och drivs utifrån rådande kunskapsläge. Studien tar också upp frågor kring fällningsdammarnas roll i framtiden och hur de vid behov kan kompletteras med behandlingssteg för biologisk rening. Vidare diskuteras alternativa användningar och exempel ges på tillämpningar för bräddvattenrening.

Utgångspunkten för rapporten är ett utvecklingsprojekt kring fällningsdammar som drevs av Härjedalens kommun, Miva och Sweco mellan 2014 och 2016. Under arbetet kartlades tekniska utformningar, driftaspekter och reningsresultat, men också aspekter kring förväntade reningskrav och vilken roll fällningsdammar kan väntas få i framtiden. För att fördjupa och bredda kunskapsunderlaget ytterligare involverades fler kommuner och föreliggande SVU-projekt initierades.

De som medverkade i rapportarbetet var Jörgen Hanæus, Ideva Processteknik; Christer Hedström, Härjedalens kommun, Sten Lundberg och Tomas Nilsson, Miva samt Erik Norin och Anders Thyr, Sweco Environment AB. Följande sex kommuner var medfinansierare och namngivna personer bidrog med synpunkter på arbetet: Åre kommun (Sara Sjöström), MittSverige Vatten AB (Malin Tuvevesson), Sollefteå kommun (Urban Henriksson), Östersunds kommun (Claes Jakobsson), Ånge kommun (Kent Andersson) och Ljusdals kommun (Sven-Arne Persson).

Tack till alla som bidragit till rapportens tillkomst och särskilt till personal på Härjedalens kommun och inom Miva som medverkade i utvecklingsprojektet. Tack också till personal inom VA-avdelningen på Luleå kommun som bidragit med fakta om fällningsdammar för bräddvattenrening. Fotografierna i rapporten har samtliga tagits av författarna.

Sundsvall 2016-06-22

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	6
Summary	7
1 Inledning	8
1.1 Vad är fällningsdammar?.....	8
1.2 Varför fällningsdammar?.....	9
1.3 Typiska reningsresultat.....	9
1.4 Tillämpningsområden.....	10
1.5 Forskning och utveckling.....	10
2 Planering för fällningsdammar	11
2.1 Tillstånd och myndighetsprövning.....	11
2.2 Lokalisering och omgivningsmiljö.....	11
2.3 Recipientfrågor	13
2.4 Kompletterande rening	14
2.5 Slamhantering.....	16
2.6 Aspekter på byggande	16
3 Anläggningsutformning	18
3.1 Typlösningar.....	18
3.2 Inloppet	20
3.3 Grovrening	21
3.5 Sedimentationsdammar	25
3.6 Utformning för slamtömning.....	27
3.7 Provtagning och flödesmätning	29
3.8 Ytor för slamhantering	29
3.9 Stängsel, inhägnad.....	30
4 Dimensionering	31
4.1 Slamavskiljare.....	31
4.2 Försedimenteringsdammar.....	31
4.3 Fällningsdammar.....	32
4.4 Slammängder.....	35
4.5 Slamavvattning.....	36

5	Drift och underhåll.....	40
5.1	Renshantering	40
5.2	Fällningssteget.....	40
5.3	Slamtömning	41
5.4	Avvattnings och lagring av slam.....	43
5.5	Användning av slam	44
5.6	Dammar med mera, yttre underhåll.....	44
5.7	Egenkontroll	45
5.8	Arbetsmiljöaspekter	46
6	Bräddvattenrening	48
6.1	Bräddning från ledningsnätet.....	48
6.2	Bräddning vid reningsverk	49
6.3	Dimensionering, drift och skötsel mm	50
7	Kostnader.....	51
7.1	Exempel anläggningskostnader.....	51
7.2	Drift- och underhållskostnader	52
	Litteraturförteckning	55

Sammanfattning

Fällningsdammar är bethandlingsanläggningar för avloppsvatten. De består av ett antal dammar där man faller ut fosfor i vattnet med fällningskemikalier. Kemslammet som uppstår sedimenterar till botten. Fällningsdammar utvecklades i Norden i mitten av 1970-talet, ofta genom att befintliga biodammar även fick kemisk fällning. I Sverige finns det totalt cirka 70 anläggningar, de flesta i Mellannorrland.

Rapporten beskriver hur fällningsdammar fungerar och var de passar att användas. Den behandlar också hur dammarna ska dimensioneras, utformas och drivas för att fungera på bästa möjliga sätt. Utvecklingsprojektet har drivits av Härjedalens kommun, Miva och Sweco Environment. Ytterligare sex Norrlandskommuner har bidragit till rapporten. Flera befintliga anläggningar har studerats, samtidigt som forskare och personal inom VA-organisationer har bidragit med kunskap och erfarenheter från flera års drift.

Fällningsdammar är ytkrävande men ger god behandling till låg kostnad. Reningen är mycket god för partiklar, fosfor och sjukdomsframkallande bakterier, medan minskningen av organiskt material normalt stannar vid cirka 70 procent. En stor fördel är att behandlingssystemet med sina stora volymer är stabilt, utan snabba svängningar i kvalitet på det vatten som går ut från anläggningen. Inget vatten bräddas vid dammarna, utan allt behandlas. Energianvändningen är låg jämfört med vanliga reningsverk, och behovet av underhåll och återinvesteringar är vanligen begränsat.

Den första generationens fällningsdammar, som byggde på omvandlade biodammar, var ofta enkla och utgjordes av två olika dammtyper. Den första dammtypen användes för att skilja av slam som innehöll synliga restprodukter (rens). I den andra dammtypen sedimenterade kemslammet som uppstod vid fosforfällningen. Dammarna var inte byggda för rationell slamhantering. Därför har rensavskiljning och slamtömning hört till de viktigaste utvecklingsfrågorna för fällningsdammar. I dag finns det flera goda exempel på tekniska lösningar för detta.

Ett annat utvecklingsområde är att förbättra reduktionen av organiskt material. I rapporten diskuteras olika tekniker, allt från traditionell process-teknik till naturnära lösningar som våtmarker, infiltration och markbäddar. I dag finns det många fällningsdammar i glesbefolkade områden, och där kan det också finnas utrymme för mer platskrävande metoder för polering efter den egentliga reningsprocessen.

Det finns en tydlig fördel med fällningsdammar i sammanhang där flödena kan variera kraftigt, till exempel i områden med många turister eller där flödena varierar av andra orsaker. Det finns också ett växande intresse för fällningsdammar som ett sätt att hantera problemen med bräddvatten i avloppssystem, det vill säga vatten som svämmar över och går ut obehandlat i sjöar och vattendrag. Den stora magasinvolymen i kombination med möjligheten att åstadkomma en vattenbehandling till låg kostnad ger en klar potential.

Summary

Fellingsdams are treatment plants for wastewater that consist of a number of sedimentation lagoons where a flocculant chemical, usually an aluminium salt or slaked lime is added. They were developed in northern Sweden in the 1970s, commonly through upgrading existing biodams with chemical precipitation. The total number of fellingsdams in Sweden is approximately 70, with the highest number in the mid-north region.

The aim of the report has been to describe the functionality of fellingsdams, their applications, dimensions, configuration and maintenance. The report is based on a development project carried out by the Municipality of Härjedalen, Miva (mid Sweden water board) and Sweco Environment. An additional six municipalities from northern Sweden have contributed to the production of the report. Many existing plants have been studied within the context of the development project, researchers and employees of sewage companies have also contributed with knowledge and experience from many years of operation.

Fellingsdams require large areas but achieve thorough treatment at a low cost. Purification is very good with regard to particulates, phosphor and pathogenic bacteria while reduction of dissolved organic matter normally stops at 70 %. A great advantage is that the treatment system is forgiving where the large volumes lead to stability in treatment without rapid changes in outgoing water quality. No water bypasses the dams and all is treated. Energy usage is low compared with normal compact treatment plants and maintenance and reinvestment requirement usually limited.

The first generation fellingsdams, built as converted biodams, were commonly simple and made as two dam types, one initial part for separation of primary sludge with coarse solids/trash, and subsequent sedimentation dams for chemical sludge. These were not constructed for rational sludge handling and therefore have the most important development areas for fellingsdams been separation of trash and sludge emptying, for which there are now many good examples of technical solutions.

Another development area is the improvement of BOD₇-reduction and different techniques are discussed in the report; everything from traditional process technology to more natural solutions such as wetlands and infiltration. There are many fellingsdams in sparsely populated areas where the possibility exists for polishing methods that require more space.

There is an obvious advantage with fellingsdams in situations where variation in wastewater flow occur, in for example tourist areas or other areas where variation is high. A growing interest has been observed for felling dams as a way to avoid problems associated to bypass water from sewage systems. The large storage volume in combination with the possibility to achieve water treatment for a low cost creates a true potential.

1 Inledning

Rening av kommunalt avloppsvatten kan som bekant utföras på flera olika sätt. Vad som styr valet i ett specifikt fall kan variera betydligt. Rent generellt borde kriterier kopplade till lagkrav, metodens reningsförmåga kontra recipientförutsättningar samt investeringsnivå liksom drift- och skötselbehov vara de viktigaste frågorna som styr valet av reningsmetod. Vid val av metod är det också självklart att lokala förutsättningar, som befintliga VA-anläggningar, utrymme, närhet till boende och verksamheter, styrande planer och andra planeringsförutsättningar, får stor betydelse. Utöver det kan det finnas ett antal andra aspekter som inverkar, t.ex. tradition, verksamhetsutövarens kunskap eller brist på kunskap, upphandlingsmoment och påverkan från leverantörer.

Enkelt kan sägas att reningsmetoderna kan delas upp i kompakta lösningar (traditionell reningsverksteknik) eller markbaserad teknik (infiltrationer, markbäddar etc.). Den förra gruppen dominerar och orsaken till det kan vara flera. Avloppslösningar för staden behöver ofta vara platseffektiva och när det ställs höga reningskrav kan kompakta lösningar vara enklare att styra och driva till långtgående reningsresultat då flera olika processteg kan kombineras.

I mindre förtätade områden där det finns andra förutsättningar och ofta mer utrymme, t.ex. i mindre samhällen, på landsbygden eller turistområden, kan det samtidigt finnas helt andra möjligheter att utnyttja annan teknik. Att utnyttja metoder som inte är processtekniskt avancerade kan innebära lägre el- och kemikalieförbrukning och mindre behov av övervakning, underhåll och återkommande reinvesteringar.

Fällningsdammar kan sägas vara en teknik som är sprungen ut de enkla, markbaserade lösningarna (biodammar), men där traditionell reningsteknik (kemisk fällning) införts för att nå bättre och mer kontrollerbara reningsresultat. Tekniken är intressant på flera sätt och har dessutom potential att utvecklas både i sin nuvarande användning och i nya tillämpningar.

Syftet med föreliggande publikation är att beskriva teknikens olika delar och vad man ska tänka på vid planering, byggande och drift av fällningsdammar. Här beskrivs även nya användningsområden som innebär vidare tillämpning av tekniken.

1.1 Vad är fällningsdammar?

Fällningsdammar är behandlingsanläggningar för avloppsvatten bestående av ett antal sedimentationsdammar där fällningskemikalie, vanligen aluminiumsalt eller släckt kalk, tillsätts. De utvecklades i Norden i mitten av 1970-talet. En viktig orsak var att befintliga biodammar ansågs ge otillräcklig reningseffekt, särskilt vintertid, men att de kunde uppgraderas med kemisk fällning. I Sverige återfinns det största antalet fällningsdammar i mellannorrland. Totalt finns det nu ca 70 anläggningar i landet.

1.2 Varför fällningsdammar?

Fällningsdammar ger ett gott behandlingsresultat till låga kostnader. Partikelreduktion och fosforavskiljning är utmärkt liksom separationen av patogena bakterier. De fungerar bra vintertid även där de är isbelagda. Energi­mässigt är de anmärkningsvärt lågförbrukande. De stora volymerna ger en stabilitet i behandlingen och snabba svängningar i utgående vattenkvalitet är sällan ett problem. Inget vatten bräddas vid dammarna, utan allt behandlas.

Dammarna är lättskötta, med låga drifts- och underhållskostnader. Långa tillsynsresor kan minimeras. Slamupptag görs med långa intervall och kan förläggas till passande tidpunkter. De äldsta fällningsdammarna har brukats i närmare 40 år med stabila resultat.

1.3 Typiska reningsresultat

Fällningsdammarna minskar fosforutsläppet i kommunalt avloppsvatten med mer än 90 %, vanligen till halter klart lägre än 0,5 mg P/l. Avskiljningen av organiskt material är något lägre och till viss del årstidsberoende, men halter som 30 mg BOD₇/l eller 75 mg COD/l är vanliga i utgående vatten. Kvävereduktionen är inte optimerad och är årstidsberoende, men genomsnittliga halter kring 20 mg N/l kan förväntas. Kalkfällningen försig­går vid pH ca 11 och aluminiumfällningen vid pH ca 6 och utgående vatten kommer också att hålla dessa pH-nivåer. Kalkfällningens pH är gynnsamt för avdödningen av patogena bakterier, men en aluminiumfällning med korrekt uppehållstid har också visat sig ge goda effekter avseende hygieniseringen.

Slamproduktionen har varit av storleksordningen 2–3 l/m³ avloppsvatten och en reningsanläggning av modellen fällningsdamm använder totalt i storleksordningen 0,25 kWh el per renad m³ avloppsvatten.

Utvecklingsarbete pågår för att ytterligare reducera halten löst organiskt material från dammarna.



Figur 1-1 Fällningsdammar med doseringsbyggnad och kemikaliesilo (Funäsdalen, Härjedalens kommun).

1.4 Tillämpningsområden

Fällningsdammar tar stora ytor i anspråk då man eftersträvar dammsystem med långa uppehållstider som är förlåtande och tålig mot belastningsvariationer. Detta ska ställas mot traditionella och kompaktare reningsverk med större inslag av teknik. Metoden är alltså mindre intressant där det råder platsbrist, där markpriserna är höga eller där befolkningen – och därigenom flödet – är stort.

För kommunala avloppsvatten är resultaten väl dokumenterade. För industriella avloppsvatten med högt innehåll av organiskt material är fällningsdammarna knappast lämpliga som enda behandlingsmetod men kan vara intressant för att avskilja partikelinnehållet. Verksamheter med höga halter suspenderat material i avloppsvattnet, såsom gruvindustrin, har visat ett befogat intresse av tekniken.

Ett växande intresse för fällningsdammar som ett sätt att hantera problemen med bräddvatten i avloppssystem kan märkas. Den stora magasinvolymen i kombination med möjligheten att åstadkomma en vattenbehandling till låg kostnad ger en klar potential.

1.5 Forskning och utveckling

Fällningsdammar undersöktes på 1970-talet i Finland (Vattenstyrelsen), (Poulanne, 1972), Sverige (Luleå tekniska högskola) och Norge (NIVA), (Balmér & Vik, 1978) med tekniska forskningsrapporter som resultat. Den doktorsavhandling som behandlar fällningsdammar skrevs av Jörgen Hanaeus i Luleå 1991 (Hanaeus, 1991). Några examensarbeten producerades också i Luleå. Metoden ebbade ut i Norge och Finland, men var mer uthållig i Sverige. MIT i Boston uppmärksammade tekniken och ett gemensamt examensarbete Luleå-MIT genomfördes, med jämförelse mellan luftad damm och fällningsdamm i fullskala i Brasilien (Reinosdotter & Sjöbohm, 2000). MIT har också gått vidare med direktfällning av avloppsvatten i även mycket stora reningsverk (Harleman et al., 2005), men riktar fällningsdammsidén mer mot utvecklingsländer (Cabral et al., 1999). Partikelfördelningen i kalkfällningsdammen i Tännadalen undersöktes (Cripps & Hanaeus, 1993) Östersund testades under två år avstängning av fällningen sommartid för att se hur biodammsfunktionen klarade avloppsreningen under denna period (Johansson, E. et al., 2005).

År 2009 gjordes en undersökning av 22 fällningsdammar i mellannorrland som ett påbyggt och utvecklat examensarbete vid Luleå tekniska universitet. Undersökningen innebar att en plattform för den då beprövade tekniken skapades men gav också impulser till vägar för ytterligare utveckling av fällningsdammar. En rapport utgavs i Svenskt Vattens regi (Hanaeus et al., 2009).

För närvarande bedrivs ett flerårigt utvecklingsprojekt om fällningsdammar med kommunerna i Härjedalen och Örnsköldsvik samt konsultföretaget Sweco som huvudintressenter. I Funäsdalsregionen pågår uppgradering av fällningsdammar med våtmarkspolering.

2 Planering för fällningsdammar

Etablering av en avloppsanläggning med fällningsdammar följer i grunden normal arbetsordning, det vill säga lokalisering, utformning och dimensionering, myndighetsprövning, byggande och idrifttagande. I föreliggande avsnitt diskuteras några olika aspekter som bör beaktas i planeringsskedet för en fällningsdammsanläggning.

2.1 Tillstånd och myndighetsprövning

För att driva en avloppsreningsanläggning krävs tillstånd alternativt anmälan enligt miljöbalken hos berörd myndighet. För anläggningar med en anslutning av fler än 2 000 pe, så kallade B-anläggningar, ska tillstånd sökas hos miljöprövnings-delegationen. Länsstyrelsen är tillsynsmyndighet men kan överlåta tillsynen till den kommunala miljönämnden.

För anläggningar med anslutning av mellan 200 och 2 000 pe, C-anläggningar, ska verksamheten anmälas till den kommunala miljönämnden vilken också är tillsynsmyndighet. För avloppsanordningar upp t.o.m. 200 pe ska tillstånd sökas hos den kommunala miljönämnden som också här blir tillsynsmyndighet. Huvuddelen av de fällningsdammar som finns i landet är C-anläggningar.

Prövning av B-anläggningar följer en given process med samråd, upprättande av miljökonsekvensbeskrivning, teknisk beskrivning och ansökan med slutlig prövning hos länsstyrelsernas miljöprövningsdelegation. Viktiga delar i bedömningen av miljökonsekvenserna är bland annat att genomföra naturvärdesinventering och beskriva förhållandena i recipienten. En viktig fråga att belysa är hur fastställd miljö kvalitetsnorm för vattendraget kan komma att påverkas. En prövning av en B-verksamhet innebär normalt en lång process, flera år, från planering till ett färdigt tillstånd. Därför behöver verksamhetsutövaren vara ute i god tid.

Prövning av anläggningar under 2 000 pe sker i form av anmälan till lokala miljönämnden. Anmälningsprocessen är normalt avsevärt enklare än vid prövning av B-verksamhet, men teknisk utformning, miljökonsekvenser, drift- och skötselaserpekter mm ska beskrivas även vid denna prövning och ligger till grund för eventuella villkor, försiktighetsmått, som medföljer ett beslut.

2.2 Lokalisering och omgivningsmiljö

Lokalisering av fällningsdammar görs som alla andra avloppsreningsanläggningar med hänsyn till risken för omgivningsstörningar och med möjlighet till avledning av renat avloppsvatten till en lämplig recipient. Andra lokaliseringaspekter är att dammarna i sig är ytkrävande och markförhållandena måste vara passande för dammkonstruktioner.

Ytbehov och skyddsavstånd

Fällningsdammar kräver stora ytor jämfört med konventionell reningsverks-teknik. Om slamhantering som markbaserad avvattning och lagring också ska ske vid anläggningen blir behovet av markområde ännu större. Därtill kan det vara nödvändigt med ytterligare markyta för att etablera kompletterande reningssteg. Om kompletterande rening ska utföras genom infiltration ställs dessutom andra krav på jordartsförhållandena.

Erfarenheten från fällningsdammar är att olägenhet av lukt inte behöver uppstå om tillräckligt skyddsavstånd till bostadsbebyggelse eller annan lukt-känslig verksamhet upprätthålls. Ett skyddsavstånd på ca 300 m är accepterat i de flesta fall, men läget behöver självklart anpassas till lokala förhållanden som topografi, vindriktning mm. Slamhanteringen är vanligtvis den största orsaken till lukt vid befintliga anläggningar. Detta kan förklaras av att slamhanteringen i normalfallet sker öppet utomhus medan traditionella reningsverk i större uträkning har förtjockning och avvattning inom reningsverksbyggnaden.

Buller uppstår vid slamhantering, vid transporter till och från och vid snöröjning. Vid normala skyddsavstånd orsakar sådana aktiviteter inga störningar för omgivningen.

Markförhållanden

När ett område som är intressant för etablering lokaliserats behöver det undersökas närmare genom geotekniska/geohydrologiska undersökningar. Etableringen av dammarna bör ske där jordarterna är tillräckligt täta. Annars kan tätning med syntetiska geomembran eller täta jordar bli nödvändigt vilket kan leda till att anläggningskostnaderna höjs betydligt. Marken måste även vara stabil och markområdet gärna plant för att undvika stora höjdskillnader mellan dammarna då det ställer stora krav på dammval-larnas täthet. Dammarnas bottennivå bör ligga på ett betryggande avstånd från högsta grundvattenyta eller berg.



Figur 2-1 Fällningsdamm med avlånga dammformer etablerad på tidigare åkermark (Hede, Härjedalens kommun).

Vid utformningen av dammvallar och verksamhetsytor är det viktigt att beakta möjlig markbelastning i form av lastfordon och kranbilar vid t.ex. slamtömning och transporter.

Som berörts ovan är det normalt svårt att hitta lokaliseringar med markförhållanden som passar både dammar med krav på täthet och kompletterande reningssteg som infiltration där marken ska vara genomsläpplig. Om man inte väljer att täta dammarna måste ett infiltrationsområde sökas i annat läge och det finns exempel på fällningsdammar som har avslutande infiltrationssteg över 1 km från huvudanläggningen. Kompletterande rening i form av våtmarker, översilningsytor eller markbäddar går däremot ofta bra att ha i anslutning till fällningsdammarna då kraven på markens beskaffenhet kan vara likvärdig. Utöver jordartsegenskaperna kommer självfallet också yt- och grundvattenförhållanden ha stor betydelse för etableringen.

Anslutande ledningsnät

Då kraven på yta och markförhållanden är specifika kan det bli nödvändigt att placera anläggningen på ett större avstånd från befintligt ledningsnät och samhället. Det innebär att avloppsvattnet måste pumpas till anläggningen via en överföringsledning. Den ökade investerings- och driftskostnad som pumpning och överföringsledning medför måste då beaktas i den totala anläggnings- och driftkostnaden.

Om förutsättningarna finns kan avloppsvattnet ledas till anläggningen med självfall. Då minskas kostnaderna för överföringen och man erhåller en enklare lösning, ofta med en högre driftsäkerhet, vilket är i linje med fällningsdammarnas grundidé. Man undviker också en pumpstation som är en potentiell nödbräddningspunkt i avloppsnätet.

Recipientutlopp

Anläggningens höjdläge måste även beaktas på utloppssidan. Befintliga avloppsreningsanläggningar ligger ofta på en låg nivå då de placerats längst ut på ledningsnätet. I tider när klimateffekter allt oftare diskuteras måste man också ta hänsyn till den högsta vattennivå i recipienten som kan förväntas i framtiden. Det måste ur den aspekten finnas en tillfredsställande marginal på utloppssidan. Annars finns risk för dämning i dammsystemen vilket kan leda till att avloppsvatten rinner över dammkrönen. Finns sådana risker måste anläggningen höjas, även om det kan innebära att man inte kan klara ett helt självfallsbaserat distributionssystem för avloppsvattnet.

2.3 Recipientfrågor

Genom Naturvårdsverkets föreskrift 1994:7 (Naturvårdsverket, 1994) finns lagstyrda reningskrav för BOD7 och CODCr för avloppsreningsverk som omhändertar avloppsvatten från tätbebyggelse motsvarande 2 000 personekvivalenter (pe) eller mer. Kväve regleras för reningsverk överstigande 10 000 pe. För fosfor finns inga krav i lagstiftningen och utsläppsvillkor baseras normalt på en skälighetsbedömning där hänsyn till den aktuella recipientens känslighet och skyddsvärden ingår. Denna bedömning ska numera

grundas på statusklassningen och de miljö kvalitetsnormer som Vattenmyndigheten i distriktet beslutat om med Vattenförvaltningsförordningen (Vattenmyndigheten, 2004).

I och med införlivandet av EU:s ramdirektiv för vatten i miljöbalken tillkom även nya bedömningsgrunder för bland annat inlandsvatten. Ytvatten är indelat i geografiska delområden som kallas vattenförekomster där miljötillståndet kan statusklassas utifrån kvalitetsfaktorer som beskrivs i de nya bedömningsgrunderna (HAV, 2013). För varje ytvattenförekomst (sjöar, vattendrag, kust och vatten i övergångszon) finns en miljö kvalitetsnorm för den ekologiska statusen och en miljö kvalitetsnorm för den kemiska statusen.

Utgångspunkten när man fastställer miljö kvalitetsnormer är att vattenförekomsterna ska uppnå en god vattenstatus till ett fastlagt år och att statusen inte får försämrats. En bedömning av hur utsläpp av avloppsvatten påverkar statusen i en viss recipient kräver dels kunskap om recipientens form och flöde, dels om bidraget av de aktuella parametrarna från hela avrinningsområdet. Vid tillståndsprövning eller anmälan av ny verksamhet är det viktigt att göra en analys av utsläppets påverkan på recipienten. För utsläpp från avloppsreningsverk är det normalt fosfor som kommer i fokus sett till de gränsvärden som tas upp i bedömningsgrunderna. För mindre ytvattendrag med låga flöden kan också ammoniakkväve vara en kritisk parameter.

Valet av fällningsmedel kan också vara värt att beakta vad gäller recipienten, detta diskuteras vidare under avsnittet anläggningsutformning.

2.4 Kompletterande rening

Det kan finnas skäl att uppnå längre gående rening för vissa ämnen än vad som kan uppnås i fällningsdammar. Detta kan vara styrt av såväl lagkrav som aktuella recipientförhållanden. BOD₇ är en parameter som kan behöva minskas i utgående vatten. Andra parametrar kan vara fosfor, ammoniakkväve och kanske sjukdomsalstrande (patogena) bakterier/mikroorganismer, allt beroende på recipientens beskaffenhet.



Figur 2-2 Öppen infiltration som slutsteg efter fällningsdammar (Björnrike, Härjedalens kommun).

För mer långtgående reduktion av syreförbrukande substans kan traditionell biologisk rening (aktiv slam, biobädd, MBBR etc.) utnyttjas och då kommer fällningsdammarna fungera som ett efterfällningssteg. Ett traditionellt biosteg kan självfallet också drivas för att uppnå kvävereduktion.

För polering efter fällningsdammar (och andra fällningsbaserade reningsystem) kan man tänka sig olika kompletterande reningsmetoder. Nedan redovisas exempel på metoder som är markbaserade och "icke-tekniska" vilket kan sägas vara i linje med principerna för fällningsdammar. Inom parentes anges vilka föroreningsparametrar som man kan förvänta sig en reduktion av.

- Biodamm (BOD₇, fosfor, ammonium och totalkväve)
- Infiltration (BOD₇, fosfor, ammonium, totalkväve, patogena bakterier och ev. läkemedelsrester)
- Mark/filterbäddar (BOD₇, fosfor, ammonium, totalkväve, patogena bakterier och ev. läkemedelsrester)
- Skogs- och myrinfiltration/översilning (BOD₇, fosfor, ammonium, totalkväve, patogena bakterier och ev. läkemedelsrester)
- Energiskog (BOD₇, fosfor, ammonium, totalkväve, patogena bakterier och ev. läkemedelsrester)
- Våtmark (BOD₇, fosfor, ammonium och totalkväve)
- Adsorbenter (fosfor, kväve)

Graden av reduktion varierar självfallet mellan olika reningsmetoder och för vissa metoder även mellan olika årstider. Metoder som bygger på biologiska processer fungerar sämre vid låga vattentemperaturer och kräver även en god närsaltbalans.

Val av kompletterande reningssteg styrs således inte bara av faktorer som lokala markförhållanden och utrymmesbehov. Även verksamhetens typ måste beaktas. Det har stor betydelse om verksamheten är säsongbelastad och om högbelastningen infaller under sommar eller vinter.

För att biologisk rening ska fungera väl är kalkfällningssystem ett hinder eftersom de höga pH-nivåerna i vattnet kommer att hämma funktionen. Kalkfällning är inte heller att rekommendera vid kompletterande rening i form av infiltrationer eller markbäddar på grund av igensättningsrisken.



Figur 2-3 Område för myröversilning mellan fällningsdamm och recipient (Tännadalen, Härjedalens kommun).

2.5 Slamhantering

Det normala förfarandet vid befintliga fällningsdammar är att slam från dammarna avvattnas lokalt och ofta sker även tillfällig lagring av det avvattnade slammet vid anläggningarna innan det transporteras bort för slutlig användning. Som beskrivs längre fram i rapporten kan slamtömningen vara en utmaning. Slamavvattningen sker ofta i naturnära system vid anläggningen där dränvatten leds tillbaka till vattenbehandlingen. Mekanisk slamavvattning är inte aktuellt utifrån den enkelhet som eftersträvas.

Detta innebär att anläggningen även ska planeras så att det finns tillräckliga ytor för slamhanteringen. Hur stora ytor och volymer som ska finnas tillgängligt beror på slamtyper, frekvens av slamtömning mm vilket beskrivs längre fram. Vid anläggningar med traditionella slamavskiljare kan hanteringen av slammet dock vara mer konventionell, det vill säga att slamavskiljaren töms av slamsugbil som kör våtslammet vidare till reningsverk eller annan slambehandlingsanläggning. Det förekommer dock att även slamavskiljare inom anläggningen töms och avvattnas lokalt.

Avvattnat slam som lagras under lång tid kan upparbetas vidare till anläggningsjord lokalt eller köras till kommunens ordinarie slamhanteringsplats, t.ex. central avfallsanläggning, för vidare förädling. Hitills har mycket slam kommit att ingå i tillverkningen av anläggningsjord för täckning av äldre deponianläggningar. Det finns även exempel på annan användning för anläggningsändamål. De lokala förhållandena och användningsområdena styr utformningen. Slamanvändningen är normalt ett anmälningsärende hos den lokala miljömyndigheten.

Innehållet av rens i slam är en fråga som kan begränsa användningen, detta diskuteras vidare längre fram i rapporten.

2.6 Aspekter på byggande

En grundlig markundersökning är viktig för att säkerställa bra förutsättningar vid lokaliseringen av fällningsdammar för att på så sätt undvika obehagliga överraskningar i byggskedet. Det är framförallt ogynnsamma förhållanden med höga grundvattennivåer, bergförekomst och genomsläppliga jordar som kan ställa till problem och ge förhöjda anläggningskostnader. Som tidigare nämnts är det viktigt att dammarna byggs så att både in- och utläckage undviks även i ett framtida klimatperspektiv.

Utöver markundersökningar är det viktigt att entreprenadarbeten utförs noggrant. För att säkerställa att dammvallar blir täta kan det vara nödvändigt att material passande till tät kärnor sorteras ut. Vid byggande av vallarna måste sedan packning och kontroll utföras på rätt sätt. I särskilda fall kan tätning behöva utföras med hjälp av syntetiska geomembran (plast- eller gummiduk), se Figur 2-4. För att undvika problem till följd av tjälning är det lämpligt att arbetet utförs under den varma årstiden.

Vid planering av dammarna bör placeringen göras så att vattnet leds genom systemet med självfall. Det är generellt bra om avstånden mellan olika enheter inom anläggningen är så korta som möjligt för att undvika igensättning i ledningar etc. Igensättningsaspekten är särskilt viktig att



Figur 2-4 Nyanlagda fällningsdammar tätade med syntetiskt geomembran då marken består av genomsläppliga jordarter. Dammarna ligger i ett lutande markparti och är terrasserade (Björnrike, Härjedalens kommun).

beakta vid fällning med kalk. Det är även bra att planera för en effektiv slamhantering så att eventuella slamtorkytor ligger i nära anslutning till de dammar där slamtömning sker återkommande.

3 Anläggningsutformning

Fällningsdammar baseras på grundtanken att tekniken ska vara enkel och robust. Detta ska även spegla drift- och skötselbehovet. Tack vare de stora volymerna och sedimentationsytorna är också tekniken förlåtande i den meningen att man normalt bibehåller tillfredsställande reningsgrader vid tillfälliga flödestoppar. Det medför i sin tur att det inom anläggningen egentligen inte krävs några bräddpunkter. Allt inkommande vatten kan normalt ledas genom behandlingsstegen utan behov av bräddning vid extrema flöden.

För att uppnå målet med en lättskött reningsanläggning är det viktigt att tänka igenom utformning och tekniska lösningar för att undvika att ingående arbetsmoment blir omständigare än vad som är nödvändigt. För en del verksamhetsutövare innebär enkelheten att så långt som möjligt undvika mekaniska delar i anläggningen eftersom det minskar risken till driftavbrott och likaså behovet av tillsyn. Ett extra pumpsteg kan samtidigt innebära en förenkling av anläggningsutformningen och bidra till att effektivisera exempelvis kemikalieinblandningen.

I föreliggande avsnitt diskuteras olika tekniklösningar och utformningsaspekter utifrån erfarenheter och nämnda målsättningar.

3.1 Typlösningar

Tre huvudtyper av fällningsdammar kan urskiljas. De skiljer sig åt dels genom var i flödet fällningskemikalien tillsätts och dels på vilket sätt rens och olika slamtyper avskiljs.

Det bildas också något olika restprodukter. Nedanstående begrepp för rens och slam används:

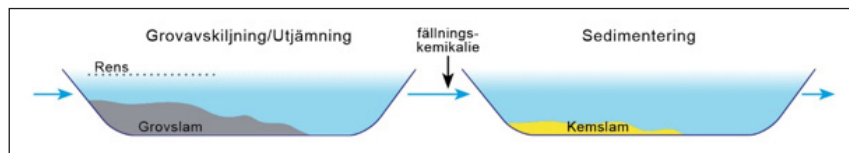
- *Rens*: Synliga restprodukter i avloppsvattnet.
- *Primärslam*: Rensat slam som avsätts i separat försedimenteringssteg.
- *Grouslam*: Rens och primärslam som avskilts tillsammans.
- *Kemslam*: Slam som fällt med fällningsmedel.
- *Blandslam*: Kemslam som blandats med rens eller primärslam.

Det finns flera olika varianter på utformning av fällningsdammar. En tydlig skillnad kommer av om fällningsdammen i grunden utgörs av en konverterad biodammanläggning eller om anläggningen från början byggts för att fungera som en fällningsdamm. För det senare fallet kan anläggningarna ha lite olika utformning beroende på filosofi och när i tiden anläggningen är byggd. Anläggningar uppförda senare har ofta mer långsmala dammformer i linje med de rekommendationer som tagits fram allteftersom erfarenheter vunnits.

I det följande redovisas tre grundtyper sett till utformning av fällningspunkt och lägen där slam avskiljs.

Typ 1. Fällningsdammar med damm för grovavskiljning och försedimentering

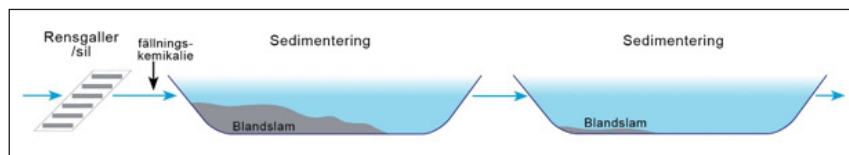
Avloppsvattnet går först till en öppen damm där både rens och primärslam avskiljs tillsammans. Efter den dammen doseras fällningskemikalien före det efterföljande fällningssteget. Slutprodukter är grovslam och kemsлам, se Figur 3-1.



Figur 3-1 Illustration anläggningstyp 1.

Typ 2. Fällningsdammar med mekanisk rensavskiljning

Renset avskiljs först mekaniskt i rens-galler eller sil. Därefter tillsätts fällningskemikalien innan de efterföljande sedimentationsdammar. Huvuddelen av slammet avsätts i den första dammen medan de efterföljande dammarna fungerar som slutsedimentering. Slutprodukter är rens och blandslam, se Figur 3-2.

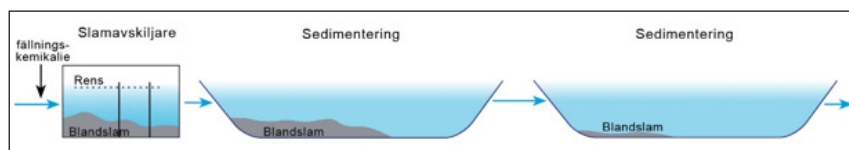


Figur 3-2 Illustration anläggningstyp 2.

Typ 3. Fällningsdammar med slamavskiljare

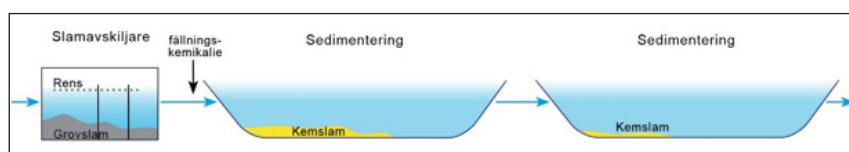
Avloppsvattnet kommer först till en traditionell slamavskiljare och leds därefter vidare till dammar för sedimentering. I anläggningar med utpräglad fällningsdammsdrift sker fällningen i något steg efter slamavskiljaren vilket illustreras av typ 3a och 3b nedan. Fällning före eller i slamavskiljaren, typ 3c nedan, förekommer också. Om sedimentationsdammar används efter slamavskiljaren kan metoden ses som en variant av en fällningsdamm. Att utnyttja slamavskiljare för kemisk fällning är dock inte ovanligt som kommunal reningsmetod även utan efterföljande sedimentationsdammar.

Typ 3a innebär att fällningen sker direkt efter slamavskiljaren. Rens och primärslam avskiljs till största delen i slamavskiljaren medan i huvudsak kemsлам avskiljs i följande dammar. Slutprodukter blir således grovslam respektive kemsлам, se Figur 3-3.



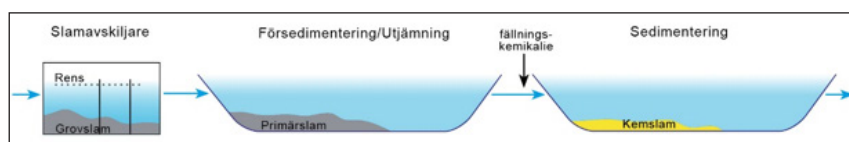
Figur 3-3 Illustration anläggningstyp 3a.

I den andra varianten inom gruppen, typ 3b, ligger fällningspunkten efter en försedimenteringsdamm. Slutprodukter blir då ett grovslam i slamavskiljaren, ett primärslam i försedimenteringen och ett kemsлам i den avslutande sedimenteringen, se Figur 3-4.



Figur 3-4 Illustration anläggningstyp 3b.

Typ 3c innebär att fällningen sker direkt före eller i slamavskiljaren. Rens och en stor del av slammet avsätts då i slamavskiljaren och därefter i efterföljande dammar. Slutprodukter blir ett blandslam med rens och i mindre utsträckning ett kemsлам (blandslam) i sedimentationsdammarna, se Figur 3-5. Utformningen finns vid anläggningar i bland annat Örnsköldsviks kommun och benämns då fällningsdammar.



Figur 3-5. Illustration anläggningstyp 3c.

3.2 Inloppet

Avloppsvatten kan nå anläggningarna antingen med självfall eller genom pumpning. Detta avgörs bland annat av de lokala förutsättningarna.

Vid pumpning in till anläggningen skapas förutsättningar att ganska fritt utforma anläggningen hydrauliskt. Rörelseenergin i inkommande vatten kan nyttjas så att man erhåller en effektiv kemikalieinblandning och det efterföljande dammsystemet kan anpassas så att dammkrön och utlopp ligger på en lämplig nivå i förhållande till recipienten.

Om läget och nivåskillnaderna på platsen tillåter det kan hela systemet, från inkommande huvudledning till utloppet, också drivas som ett självfallssystem. I gynnsamma lägen kan höjdskillnaden i inloppsdelens även användas för inblandning av fällningskemikalien i en brunn eller ett överfall där turbulens skapas. Om självfallsprincipen kan användas skapas ett enkelt och driftsäkert system vilket även reducerar drift- och underhållskostnaderna. Som vid alla självfallssystem måste lutningar och vattenhastigheter liksom flödesvariationer beaktas så att man klarar självrensningen i ledningsnätet. Rörelseenergin i vattnet (pulsen) in till sedimenteringsdammar kan behöva begränsas.

Även om tillrinningen till anläggningen kan ske med självfall kan det vara motiverat att ha ett pumpsteg vid eller inom anläggningen. Ett motiv till detta kan vara att anläggningen måste placeras på en säker höjd ovanför recipientens högsta vattennivå vilket diskuterats tidigare. Som nämnts kan

det också användas för att skapa förutsättningar för turbulens och ombländning i doseringspunkten. Detta berörs vidare i kommande avsnitt.

3.3 Grovrening

Grovreningen syftar till att avskilja rens och större partiklar i avloppsvattnet. Separationen görs på olika sätt i de ovan beskrivna typlösningarna. I det följande beskrivs de olika principerna mer ingående.

Damm för grovavskiljning

Ett enkelt sätt att separera grövre föroreningar är att avskilja dessa i behandlingssystemets första damm, grovavskiljningsdammen, vilket sker vid anläggningstyp 1. I dammen sedimenterar tyngre partiklar medan material med låg densitet flyter upp till ytan. Då rens och primärslam avskiljts avlastas fällningssteget. Dammen kan även fungera som ett utjämningsmagasin vilket ger ett jämnare flöde in till kemikaliedoseringen. Om dammen är stor kan den rensbemängda ytan begränsas med en läns eller flytskärm. Små dammar (Figur 3-6) underlättar slamtömning och möjliggör att ”grovslammet” kan omhändertaras för sig.



Figur 3-6 Försedimenteringsdammar där rens avskiljs blandat med primärslam. I exemplet är dessa dammar för grovavskiljning små för att underlätta tömning (Hede, Härjedalens kommun).

Lösningen är inte tilltalande ur ett estetiskt perspektiv då rens blir synligt på dammytan. Dessutom kan tömning av bottenslam och bortförsl av rensbemängd flytslam vara omständligt.

Mekanisk rensavskiljning

Vid anläggningstyp 2 utnyttjas mekanisk rensavskiljning. Denna lösning är ovanlig vid dagens fällningsdammar som vanligen avskiljer rens i grovavskiljningsdammar eller i slamavskiljare. Med ökade krav på bättre slamkvalitet kan det dock bli vanligare med denna typ av lösning vid fällningsdammar i framtiden.

Mekanisk rensavskiljning utgörs vanligen av rens-galler (t.ex. trappstegsgaller) eller rens-silar. Moderna utrustningar har ofta någon typ av rensvätt och press där det avskilda och avvattnade rens-et leds till en sopbehållare eller container. Dessa typer av utrustningar kräver elkraft, en automatik för styrning och larm till larmcentral vid felfunktion. Även spolvattenanslutning kan behövas. Innan anslutning av mekanisk rensavskiljning måste man beakta den hydrauliska funktionen i anläggningen då dessa skapar en nivå-förlust på några decimeter.

Slamavskiljare

Vid anläggningstyp 3 avskiljs huvuddelen av rens-et i en slamavskiljare tillsammans med en viss del primärslam och bildar ett grovslam. Det är en enkel och robust metod utan behov av el och utan rörliga delar. Dimensioneras slamavskiljaren rätt kan det räcka med några få tömningar per år. En viktig skillnad från de mekaniska metoderna är att rens-et kommer att vara blandat med slam och att ytterligare ett avskiljningssteg krävs senare om rens-et ska kunna hanteras separat. På så sätt fungerar slamavskiljaren på samma sätt som "grovavskiljningsdammarna", dock med skillnaden att det rens-bemängda slammet kan hanteras ännu mer koncentrerat.

Slamavskiljaren bör vara utformad med votad botten mot inloppet så att det mesta slammet samlas på inkommande del av slamavskiljaren. Detta gör att slamavskiljaren blir enklare att slamsuga.

3.4 Fällningssystem

Kemikalieval och hantering

De vanligaste fällningskemikalierna vid dagens fällningsdammor är släckt kalk eller aluminiumsulfat (AVR). Dessa förvaras vid anläggningen som torra produkter och tillsätts avloppsvattnet via skruv till en upplösare eller inblandningsbrunn etc. Det innebär att det vid anläggningarna finns en silo med tillhörande doseringshall (Figur 1-1).

Att torra fällningskemikalier som släckt kalk och AVR kommit att bli de dominerande produkterna har flera orsaker. Kalk kom att användas på 1970-talet då det var en billig produkt och doseringen också ansågs vara till fördel för försurade recipienter. Om kalk senare övergavs låg det nära till hands att välja en granulerad produkt som AVR eftersom befintlig silo kunde användas fortsättningsvis. Järnsulfat är en annan torr produkt som förekommer vid fällningsdammor, men endast vid någon enstaka anläggning.

Flytande fällningsmedel som järn- eller aluminiumklorid är ovanligare. Orsaker till det kan vara prisnivå, tradition, men även praktiska. Kemikalier i lösning förvaras i större plasttankar som måste stå i uppvärmt utrymme. Befinnliga doseringsstationer kanske inte har det utrymme som krävs.

I det följande diskuteras för- och nackdelar med olika typer av fällningsmedel.

Aluminiumsulfat (AVR) i granulatform har fördelen att silon inte behöver stå i uppvärmt utrymme. Hanteringen kan innebära viss damning. Man bör beakta att sulfathalten höjs i utgående vatten och även risken för förhöjd aluminiumhalt.

Polyaluminiumklorid (lösning) kan fälla i ett bredare pH-intervall än AVR och flockar snabbare i kallt vatten. Behållare måste stå i uppvärmt utrymme. Höjer kloridhalten i utgående vatten och risken för förhöjd aluminiumhalt måste beaktas även i detta fall.

Järn(III)klorid (lösning) fungerar i ett brett pH-intervall, normalt under ca 5 och över ca 8. Behållare måste stå i uppvärmt utrymme. Höjer kloridhalten i utgående vatten.

Järn(III)sulfat (granuler) fungerar processmässigt som järn(III)klorid. Höjer sulfathalten i utgående vatten.

Släckt kalk (pulver) ger genom den höga pH-nivån en effektiv bakteriereduktion i avloppsvattnet. Högt pH försvårar samtidigt biologisk nedbrytning som kan eftersträvas i kompletterande reningssteg. Som nämns kan hanteringen vara besvärlig genom damning, avsättningar mm, dessutom ger pH-nivån förutsättningar för ammoniakavgång. Ger stor slammängd (TS-mängd). Ger lokalt högt pH i recipienten (efter utspädning försvinner normalt pH-höjningen). Ingen alkalinitet kvar i utgående vatten vilket gör att alkaliniteten (buffertkapaciteten) i recipienten riskerar att minska vid inblandningen av avloppsvattnet (volymförhållande och vattenkemin avgör effekten).

Vid hantering av torra fällningsmedel måste utrymmet under silon hållas uppvärmt för att inte botten på kemikaliesilon och vattnet till upplösningen skall frysa. Utrustningarna är väl beprövade, men det finns detaljer att beakta, exempelvis att kemikaliesilon bör vara rund invändigt för att den inte ska behövas invändiga stag för stabilisering. Stag kan leda till att kalk eller AVR hänger sig i silon.



Figur 3-7 Upplösare för AVR i botten av silo.

Som nämnts är de problem (arbetsmiljö och underhåll) som förknippas med kalk inte lika allvarliga med AVR. AVR har ett surt fällnings-pH, men det

begränsar inte möjligheten att använda kompletterande biologiska renings-system efter fällningsdammarna på det sätt som kalk gör. Vid byte från kalk till AVR eller annan fällningskemikalie med lågt fällnings-pH måste man beakta att förändringen till sura förhållanden kan lösa ut fosfor som ligger bundet i kalkslam. Det kan därför vara nödvändigt att tömma dammarna helt innan en sådan förändring.

Från korrosionssynpunkt rekommenderas att använda plastmaterial i brunnar och ledningar som de upplösta kemikalierna kommer i kontakt med. Förhöjda halter ammoniak eller svavelväte i luften kan orsaka korrosion på metalldelar.

Dosering och styrning

Styrning av kemikaliedoseringen kan utföras på olika sätt. Den enklaste är en fast dos utan hänsyn till processparametrar. Man har då alltid en grunddos även om den sällan är optimal för de rådande betingelserna. Överstyrning mot fällnings-pH innebär att man har en fast grunddosering som kompletteras med en rörlig dos som justeras automatiskt utifrån rådande pH. Detta ger en mer flexibel och exakt dosering. Den tredje varianten är styrning av doseringen mot inkommande flöde. Detta ger en varierad dosering men tar inte hänsyn till inkommande föroreningshalt. Därför bör man vid sådana system sätta en maxdosering så att kemikalietillsatsen begränsas vid extrema flöden, exempelvis vid snösmältning.

Erfarenhetsmässigt kan pH-styrning vara svårt att tillämpa vid kalkfällning eftersom utfällningar på pH-elektroden blir ett problem.

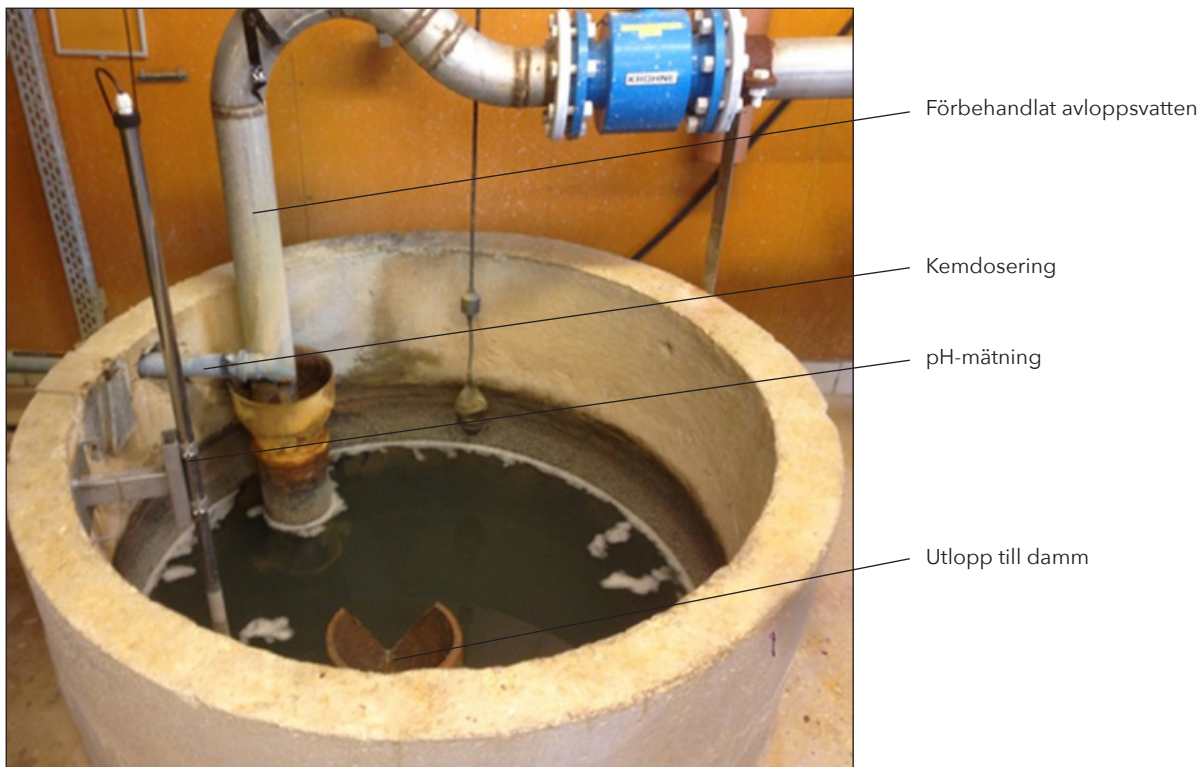
Inblandning

En viktig parameter i fällningsförfarandet är inblandning av kemikalien. Man har inget flockningssteg motsvarande det i ett konventionellt reningsverk utan kemikalien blandas in mer eller mindre aktivt och vattnet leds sedan ut i fällningsdammen. Normalt leds fällningskemikalien från upplösare till inblandningspunkten med självfall, men pumpning förekommer också.

En förekommande metod är att använda en inblandningsbrunn där kemikalien doseras till avloppsvattnet för att sedan blandas in under vattnets rörelse i brunnen innan avledning till fällningsdammen. Exempel på inblandningsbrunn vid fällning med AVR visas i Figur 3-8.

En annan lösning är att dosera direkt vid inloppet till sedimentationsdammen. Då används ofta en propelleromrörare i inloppsdelen av dammen för snabb inblandning. Det finns även exempel där man doserar i inloppsröret till sedimentationsdammen och utnyttjar turbulensen i ledningen för inblandning av kemikalien. Detta är inte att rekommendera vid kalkfällning då den har en benägenhet att bilda beläggningar som leder till igensättning av röret.

För upplösningen av kemikalien har en speciell metod använts i Örnsköldsviks kommun. Efter doseringsskruven från silon faller kemikalien ca 4–5 dm, omgiven av en löstagbar gummikjol med tät anslutning till upplösningsskärlet. Höjdskillnaden mellan doserskruven och vattennivån säkerställer att man inte får vatten bakvägen in i silons botten. Gummikjolen går



Figur 3-8 Inblandningsbrunn för AVR (Hede, Härjedalens kommun).

ner under vattenytan i ett cirkulärt kärl där det sitter en mixer. Efter beredning leds slurryn till ett mindre kärl som fungerar som pumphump med en pump som skickar blandningen vidare till doseringspunkten. Pumpen har en inställbar, ganska kort, eftergångstid där rent vatten beskickas som tvättar rent sump och ledning. Doseringslangen bör vara indragen i ett skydds rör för att den skall vara enkel att byta ut.

Det förekommer också att kalk blandas in direkt i avloppsvattnet i torr form utan att först lösas upp. I och med detta behövs ingen upplösare av kalken och mycket av problemet med kalkbeläggningar i upplösningsfasen och ledningarna ut i avloppet kan undvikas. Metoden används med gott resultat i Myckelgensjö i Örnsköldsviks kommun visas i Figur 3-9 på nästa sida. En skiljevägg gör att vattnet måste passera omrörningszonen i botten delen av brunnen innan det når utloppet.

3.5 Sedimentationsdammar

Av praktiska skäl görs dammvallarna så breda att det går att köra maskiner på dem för slamtömning och underhåll. De bör byggas så att det finns en betryggande nivåskillnad mellan dammkrönet och vattenytan i dammarna, vanligen ett antal decimeter. Samtidigt ska inte höjden på dammkrönet överdrivas då det ökar anläggningsytan som ska underhållas i form av grönyteskötsel. Makadam eller annat grovt material som ytbeläggning på dammvallarna kan bidra till att reducera skötselbehovet.

Normalt leds vatten mellan dammarna i ledningar. Dessa kan vara förlagda som ett rör tvärs genom dammvallarna vilket gör att rörets höjd kom-



Figur 3-10 Kalkslamavsättning i första delen av sedimentationsdamm efter fällning (Tännedalen, Härjedalens kommun).

Det är generellt bra att alltid eftersträva så korta avstånd som möjligt mellan anläggningsdelar för att minska risken för avsättning och igensättning i slangar och rör.

Vid flerdammsystem kan det vara bra att ha möjlighet till förbikoppling så att enskilda dammar kan ställas av för underhåll samtidigt som de övriga är i drift. Detta kräver täta dammväggar för att undvika läckage från de dammar som är i drift till den damm som tömts.

Utgående ledning från dammsystemet byggs vanligen med överfall i brunn eller med fast rör genom dammvallen till utloppspunkten som då kan vara ett dike eller recipienten. Utloppet kan även göras reglerbart för att medge nivåreglering i den sista dammen.

3.6 Utformning för slamtömning

Dammarna skall vara lätta att tömma på slam med pumpning eller grävning från kanten. Även detta underlättas av en långsmal form på dammen då man kommer åt hela dammytan. Det avlägsnade slammet skall enkelt kunna överföras till slammupplaget som bör ligga i nära anslutning till dammen.

Den första dammen efter doseringssteget kommer att få de största slam-mängderna och behöver därmed tömmas oftare än efterföljande dammar. Det är därför bra att planera denna damm särskilt för att slamtömning ska kunna utföras effektivt.

Om dammar ska tömmas genom pumpning är det praktiskt att ha iordninggjorda platser för uppställning av fordon med utrustning för slampumpning. För att effektivt kunna utnyttja en pump som är traktormonterad kan ett L-stöd sättas i kanten av dammen (Figur 3-11). För att underlätta slampumpning är det bra om slamtorkbäddar är placerade i anslutning till dammsystemet och eventuellt kan ett stationärt rörsystem byggas för pumpning. Därmed undviks långa pumpslanglängder.



Figur 3-11 Särskild iordninggjord uppställningsplats för traktorburen pumputrustning för slamtömning av sedimentationsdamm (Härjedalens kommun).

Ett annat sätt att underlätta slamtömning är att göra botten körbar. I något fall har den första dammen efter doseringssteget (vid kalkfällning) utformats särskilt med gjuten botten där hjullastare kunnat köra och enkelt tömma slammet efter att vattenfasen dekanterats (Figur 3-12). En sådan damm görs gärna något mindre än de efterföljande dammarna för slutsedimentering.



Figur 3-12 Kalksilo med första sedimentationsdamm till höger, utformad med gjuten bottensula och nedfartsramp för tömning med traktor (Myckelgensjö, Örnsköldsviks kommun).

3.7 Provtagning och flödesmätning

Provtagningen på utgående flöde görs normalt som stickprov. Då det är lång omsättningstid på vattnet i dammarna blir det mycket små variationer på provet under ett provtagningsdygn. Vid manuell stickprovtagning utformas utloppsbrunnen med ett rejält stalp så att provkärlet kan placeras under utgående flöde utan risk för störningar (slam kan sitta fast på rörmynningen). En utloppsbrunn med överbyggnad efter sista dammen möjliggör provtagning av utgående vatten med automatisk provtagare.

Flödesmätning kan antingen ske med induktiv mätare på fylld ledningssektion i det fall vattnet pumpas till eller inom anläggningen, alternativt med skibord eller annan mätsektion och nivågivare vilket ofta används vid självfallsflöden in till reningsanläggningen. Flödesmätning vid fällningsdammar sker vanligen på inkommande flöde i anslutning till fällningssteget (i doseringsstationen). Detta är den bästa placeringen både för att underlätta underhåll och för att få den bästa kopplingen till en flödesstyrd dosering.

Induktiva flödesmätare är normalt tillförlitliga och kräver ett litet underhåll.

En flödesmätare med överfall och nivåmätare skall placeras där den enkelt går att rengöra och kontrollera. Flödesmätaren kan även placeras i anslutning till slamavskiljare, men då måste det finnas luckor på slamavskiljaren så att rengöring och kontroll av flödesmätaren möjliggörs. Som nivåmätare används ekolod eller tryckgivare.

3.8 Ytor för slamhantering

Hantering av slam kan skilja sig åt beroende på vilken typ av anläggning som drivs. Ett grovslam som innehåller rens har till exempel ett mer begränsat användningsområde än ett rensat slam. I de fall man har olika slamkvaliteter från anläggningen är det en fördel att hantera dessa på separata ytor.

Slam som tas upp från dammarna är till olika grader vattenmättat. Oavsett om slammet pumpats eller grävts upp har det ofta mycket hög vattenhalt, vanligen 1–5 % TS beroende på kompakteringsgrad. Kalkslam kan ha avsevärt högre torrhalt, särskilt efter en tids kompaktering. Oavsett måste slammet läggas i en slamavvattningsdamm eller invallad slamtorkbädd som medför avvattning om det ska hanteras lokalt. Volymen på en slamtorkbädd blir lika stor som volymen på den slammängd som töms från bassängen. I avsnittet Dimensionering ges en fördjupad beskrivning av förväntade slammängder.

Slamavvattningsanläggningar kan ha en varierande utformning. I sin enklaste form handlar det om en invallad yta på marken med avledning av dränvatten tillbaka till vattenbehandlingsdelen. Dessa dräneringsbäddar kan vara mer eller mindre sofistikerat utformade och ibland tätade med syntetiskt geomembran för att undvika okontrollerat läckage till grundvattnet. Mer avancerade anläggningar är utförda med körbar botten så att tömning kan ske med traktor. Slamfrysäddar utformas ibland med asfalterad yta och väggar av betongelement som ger en mycket rationell hantering av det torkade slammet.



Figur 3-13 *Slamtorkbädd dit slammet pumpas från sedimentationsdamm som skymtar till höger. Dräneringsvatten från torkytan rinner med självfall tillbaka till den lägre liggande sedimentationsdammen (Indal, Sundsvall kommun).*

Vatten kommer att avgå från slammet genom avdunstning och dränering. Dränerat vatten ska avledas tillbaka till vattenbehandlingslinjen om det inte i tillståndsgivningen medgetts något annat, exempelvis infiltration. Vid dekantering av klarfas från slamdammar genom pumpning eller avtappning måste man vara uppmärksam på att vattnet kan innehålla mycket finpartiklar. Även dränvatten från slamavvattningsytor kan innehålla en hel del slampartiklar. Det är därför viktigt att leda tillbaka dekantat- eller dräneringsvatten till försedimenteringen eller inloppsdel av fällningsdammarna, annars finns en risk för att man får förhöjda slamhalter i utgående vatten från anläggningen.

I avsnittet Dimensionering ges en fördjupad beskrivning av slamavvattningens mekanismer.

3.9 Stängsel, inhägnad

Behovet av inhägnad beror på anläggningens läge och eventuella krav i tillstånd. Vid närhet till bostäder bör anläggningen vara inhägnad för att hindra att dammarna blir en lekplats för barn. På landsbygden kan det även vara nödvändigt att hindra skotertrafik på ytorna. Stängsel kan även hindra djur från att röra sig inom området, men det är något som ändå normalt är svårt förhindra även om stängsel satts upp.

Ur underhållssynpunkt kan stängsel vara en betungande anläggningsdel som kräver återkommande tillsyn. Då dammarna sällan är ett störningsmoment finns det verksamhetsutövare som överväger om anläggningen mer kan integreras i samhället genom att utnyttjas som strövområde.

4 Dimensionering

I föregående avsnitt diskuterades förekommande anläggningstyper. För avskiljning av primärslam används både traditionella slamavskiljare och försedimenteringsdammar. Det normala är att sådan slamavskiljning sker först och att fällningssteget med tillhörande sedimenteringsdammar följer därefter. I föreliggande kapitel beskrivs dimensionering av fällningsdammarnas viktigaste anläggningsdelar och som avslutning visas ett beräkningsexempel.

4.1 Slamavskiljare

Om slamavskiljare ska föregå fällningssteget och efterföljande sedimenteringsdammar dimensioneras den lämpligen på konventionellt sätt; lämpligen enligt svensk standard (SIS, 1986).

Dimensioneringsanvisningarna vad gäller yta och volym syftar till att ge en så låg hastighet och så lång uppehållstid att önskvärd sedimentering hinner ske i avskiljaren. Dessutom måste volymen vara så stor att den rymmer det avsatta slammet som ska lagras under den tid man vill ha mellan slamtömningarna. Om sediment tar upp för stor del av volymen blir det slamerosion och slamflykt, vilket naturligtvis inte är önskvärt. Dimensioneringen bygger därför på tre faktorer: ytbelastning, uppehållstid och slam-lagringsvolym.

Vid dimensionering och utformning av slamavskiljare bör man se till hela reningssystemets funktion, det vill säga belastningssituation, var i kedjan fällning sker och hur efterföljande dammsystem är dimensionerat. Man bör även överväga vilka typer av slam man vill hantera inom anläggningen. Det kan vara så att slamavskiljarens syfte i första hand är rensavskiljning. Då kanske man inte fullt ut behöver följa dimensioneringsnormerna eftersom konsekvensen av en underdimensionering blir begränsad vid en anläggning med fällningsdammar där fällning och sedimentering sker efter slamavskiljaren. Om man eftersträvar en väl fungerande avskiljning av primärslam rekommenderas att följa tillgängliga dimensioneringsriktlinjer.

4.2 Försedimenteringsdammar

Dimensionering av försedimenteringsdammar beror på vilket syfte dessa ska tjäna. För enbart sedimenteringsfunktionen gäller liksom för slamavskiljare ovan att den inte behöver vara avancerad eftersom efterföljande fällning och partikelavskiljning är god. Ett riktvärde för fungerande sedimentering kan vara den storleksordning på belastning som gäller för försedimenteringsbassänger i konventionella avloppsverk, det vill säga ytbelastningen 1–5 m/h vid Q_{dim} som i det fallet är beräknad för ett högt korttidsflöde (timbasis). Mot den bakgrunden kan man ansätta att $Q_{\text{dim}} = Q_{\text{maxdygn}}$ och en tillåten ytbelastning av 1 m/h.

Ur sedimenteringssynpunkt är ett djup av 1 m tillräckligt, men försedimenteringsdammen kan ha andra uppgifter såsom slamlagring och flödesutjämning. Då får djupet en större betydelse.

Slamproduktionen i en försedimentering varierar och volymen avsatt slam minskar med tiden, se nedan. Utifrån mätningar har produktionen konstaterats vara i storleksordningen 4 l per m³ avloppsvatten (siffran varierar bl.a. beroende på graden av ovidkommande vatten). Årsproduktion av försedimenterat slam blir således överslagsmässigt $Q_{\text{år}} \text{ (m}^3\text{/år)} \times 0,004 \text{ m}^3\text{/år}$. En viss kompaktering av bildat slam kan man dock förvänta sig och driftserfarenheter visar att tillväxttakten av avsatt slam i försedimenteringsdammar blir lägre än det teoretiska. Om detta beror på någon form av erosion eller slamnedbrytning är inte känt. Vilken slamfyllnadsgrad som tillåts beror även på om dammen ifråga används för utjämningsändamål.

Flödesutjämning i försedimenteringen är framför allt av intresse vid ojäma belastningsförhållanden. Om försedimenteringen kan utnyttjas aktivt som en utjämningsvolym kan den dimensionerande kapaciteten på fällningssteget vara lägre än det flöde som uppstår under toppbelastningsperiod T_t . Detta kan vara typiskt för turistanläggningar i fjällvärlden med flödestoppar exempelvis semesterperioder som påsk eller sportlov.

För dimensionering av en försedimenteringsdamm för utjämning kan en beräkning utgå från det dimensionerande flödet Q_{dim} för hela fällningsdammen (m³/d). En nedtömd försedimentering kan under en toppbelastningsperiod T_t (d) hantera ett flöde $Q_{\text{max}} = V/T_t + Q_{\text{dim}}$ där V är försedimenteringens volym (m³), och på så sätt kan det maximala flödet tillåtas överskrida det för fällningsdammen dimensionerande under perioden T_t . Detta förfarande kan upprepas under ett belastningsår med flera toppbelastningsperioder, men då måste försedimenteringsdammarna hinna tömmas och dess lagrade vatten, V , fällas under mellanperioderna tillsammans med ordinarie tillrinning.

4.3 Fällningsdammar

När fällningsdammar avhandlats i den svenska avloppslitteraturen har ofta dimensioneringsriktlinjerna utgått från ett ytbehov (typiskt 3–5 m²/person). I Svenska Kommunförbundets kompendium nr 2 (Svenska kommunförbundet, 1993) diskuteras också att det saknas säkra data om uppehållstidens betydelse. Genom senare undersökningar har dock uppehållstidens betydelse kunnat verifieras och i Hanaeus et al. (2009) anges bakomliggande studier som ligger till grund för dagens rekommendationer.

Upphållstid och flöde

För dimensioneringen av sedimenteringsdammarna är utgångspunkten att nettoupphållstid bör vara ca 5 dygn. Denna uppehållstid tar hänsyn till dammarnas form och hur de utnyttjas hydrauliskt vilket diskuteras i det följande.

Då en uppehållstid i dammsystemet på i storleksordningen 5 dygn gäller är det största förväntade flödet under fem sammanhängande dygn, $Q_{\text{dim}} = Q_5$, det lämpligaste dimensioneringsunderlaget.

Finns inget sådant värde tillgängligt kan man utgå från exempelvis det största registrerade veckoflödet och fastställa det dimensionerade flödet Q_{dim} till maxveckoflöde $\times 5/7$.

Yta och dammform

Då huvudfunktionen i fällningsdammar är sedimentering, är dammytan av fundamental betydelse liksom strömningsbilden. Det är viktigt att undvika kortslutningsströmmar, inte minst från smittskyddssynpunkt, då patogena bakterier kan få en snabb genomströmning. Då fällningsdammar inte enbart är sedimentationsbassänger har man via undersökningar kommit fram till att uppehållstiden är en robustare och mer anpassad dimensioneringsparameter än ytbelastning.

Ytbehovet bedöms således efter en önskad nettouppehållstid om 5 dygn vid vattendjupet 1 m. Att tillgodoräkna sig uppehållstid från ett eventuellt större djup är inte tillämpligt, då dimensioneringskriteriet 5 dygn kommer från mätningar vid djupet 1 m.

Med nettouppehållstid avses vad som kan förväntas vid ett pluggflöde, det vill säga inga kortslutningsströmmar. Nettouppehållstiden kan tecknas αT , där $T = V/Q_{\text{dim}}$ och ibland benämnd medel- eller nominell uppehållstid. α är en faktor, $0 < \alpha < 1$ som anger graden av pluggflöde och är en empirisk storhet som får skattas ur försök. Långsmala dammar, gärna flera i serie, med en låg inloppspuls (erfarenhetsmässigt $< 0,5$ m uttryckt som höjdskillnad mellan inloppsfödet och dammytan) ger ett α -värde nära 1, medan en kvadratisk damm ger α ca 0,1.

Teoretiska betraktelser över dammars hydraulik finns i litteraturen (t ex Persson & Wittgren, 2003). Dessa studier utmynnar också någon form av faktorbestämning, varför den enkla formen med α -värde ovan valts i harmoni med övriga empiriska erfarenheter av fällningsdammar.

Lämpligt längd/bredd-förhållande är inte detaljstuderat, men storleksordningen 10:1 bedöms vara en god utgångspunkt. De hydrauliskt väl fungerande fällningsdammar i Hede (sju i serie) har längd-breddförhållandet $(L/B) = 90/8$. Långsmala dammar kan också underlätta slamupptagningen då grävmaskiner når hela dammytan från sidorna.

Djup och volym

Utgångspunkten ovan är att dammdjupet ska vara ca 1 m, vilket också är vanligt vid befintliga dammar. Om dammarna är påtagligt grundare kan vattenhastigheten bli så hög att man riskerar erosion och flykt av avsatt slam. Vidare kan bildat istäcke ge samma risk. Djupare dammar förbättrar erfarenhetsmässigt inte sedimenteringsfunktionen utan innebär normalt bara en mer kostsam anläggning.

Om naturförutsättningar, t ex djup till fast berg, skulle motivera något grundare dammar är det fullt möjligt om hänsyn tas till slam- och istjocklek. Slamtjockleken kan kontrolleras genom tömning och istäckets tjocklek kan uppskattas utifrån erfarenheter av det lokala klimatet. Att göra dammar

djupare gör ingen känd skada på reningsprocessen, men heller ingen direkt nytta. Möjlighet till istillväxt måste också tillåtas och vid fritt flytande is kommer ca 90 % av istjockleken att ta plats under vattenytan. Den största istjockleken att räkna med på en fällningsdamm i norra Sverige är ca 60 cm.

Slamproduktionen i fällningsdammar (kemfällt slam) varierar med kemikaliedoseringen, art och mängd, och olika värden har uppmätts i fält. Vidare kan lagrat slam förtjockas från enstaka % TS för slam som avsatts nyligen till uppemot 50 % TS för kalkslam. Högst TS uppnås där mekanisk omrörare använts för inblandning av kalk i dammen då detta bidrar till en kompaktering.

Det är alltså svårt att beräkna vilken volym som avsatt kemslam upp-tar, men ett genomsnittligt värde från mätningar indikerar 3 l slam per m³ avloppsvatten. Detta kan ligga till grund för en bedömning av nödvändigt slamtömningsintervall.

Det är viktigt att beakta risken för slamerrosion eftersom det kan äventyra reningsresultatet. Här spelar det fria vattendjupet en stor roll för att uppnå en fungerande sedimentering och i det följande diskuteras teorierna bakom detta.



Figur 4-1 *Inloppet till sedimentationsdamm som innehåller stora mängder kalkslam som resulterat i att delar av flytskärmarna tyngts ner. Ett erosionsförlopp kan avläsas i det flödesmönster som avtecknats i slammet. (Funäsdalen, Härjedalens kommun).*

En skattad vattenhastighet genom avlånga dammar vid antaget pluggflöde, 1 m dammdjup och dimensionerande vattenflöde blir av storleken 5 m/h. I litteraturen anges vattenhastigheten för att i slamytan riva upp avsatt aluminiumhydroxidflock (scouring) till 5 cm/s eller 180 m/h. För att åstadkomma den hastigheten i fritt vatten krävs alltså att vattendjupet 1 m minskar till $180/5$, ca 3 cm. Om man utgår från 1 m vattendjup skulle alltså slamlagring och/eller is få plats med marginal.

Kan då sedimentering fungera vid en så stor vattenhastighet? För att undersöka om en laminär strömning behålles kan Reynolds tal, Re , beräknas.

$Re = v \times R/\nu$ där R är den hydrauliska radien = $B \times H/(B+2H)$ och ν den kinematiska viskositeten (i m^2/s).

ν är vid $0^\circ C$ $1,792 m^2/s$ och vid $15^\circ C$ $1,141 m^2/s$.

Om bredden 8 m antas kommer Re att variera mellan 620 (1 m djup, $0^\circ C$) och 1 129 (3 cm djup, $15^\circ C$). I litteraturen råder osäkerhet om vid vilket Reynolds tal påtaglig turbulens inträder, men för rektangulära bassänger nämns värden kring 1 000. Beräkningsformeln är mycket okänslig vid små djup (H) eftersom bassängbredden (B) som stabiliserar flödet är mycket större än bassängsidorna som hjälper till ($2H$). Det empiriska underlag som finns är dessutom säkert baserat på betongbassänger medan fällningsdammarnas slamtäckta botten och jordmaterialsidor har andra friktionsegenskaper.

Det är alltså svårt att ange ett fritt vattendjup som nödvändigt för laminär strömning och god sedimentering. I praktiken kommer flockar/partiklar, som på grund av lågt fritt vattendjup och åtföljande turbulens inte hinner sjunka, att fortsätta en bit nedströms i systemet och sedimentera där slamskiktets tjocklek minskar och vattendjupet ökar.

4.4 Slammängder

Slamproduktionen i fällningsdammar skiljer sig inte från motsvarande processer i kompakta avloppsverk. Skillnaden beträffande slammets tillstånd i den långa lagringstiden i vattenbehandlingen; den kan vara upp emot 30 år jämfört med några dygn för det kompakta verket. Det möjliggör fysikaliska, kemiska och biologiska reaktioner som förändrar slammets över tid. Av detta skäl kan karakteristika för upptagna slamprov vara svåra att tolka. I det följande beskrivs mekanismer som påverkar slamvolymen i sedimentationsdammarna.

Fysikaliska processer

Den främsta fysikaliska processen är kompression. För aluminiumfällt avloppsvatten i Bruksvallarna kunde efter 10 års drift slamhöjden beskrivas med:

$$h_{init} \cdot TS_{init} = h_c \{TS(0) + 0,63 (\ln 2 h_c - 1)\}$$

där h_{init} är ursprungshöjden för slammets i cm och TS_{init} är ursprunglig torrsubstanshalt i %. $TS(0)$ är TS-halten vid slamytan och h_c är slammets höjd i cm efter kompression under lång tid; här 10 år. Detta avser enbart kemfällt slam, det vill säga inte försedimenterat slam.

Exempel

En vanlig ursprunglig TS-halt är 1 % och halten vid slamytan var här 0,5 %. Om slamhöjden initialt var 100 cm blir slamhöjden:

$100 \cdot 1 = h_c \{0,5 + 0,63(\ln 2 h_c - 1)\}$ och $h_c = 39$ cm. Av ursprungliga 1 m blev slamhöjden således 39 cm efter lång lagringstid. Detta är ett skäl till att lagringsvolymen kan räcka överraskande länge.

Volymerna i dammen varierar alltså, men för aluminiumslam kan 2–4 l/m³ vara en tumregel. Torrsubstanshalten varierar med kompression och således olika beroende på slammets mäktighet och ålder. För tidigt avsatt slam nära dammbotten kan mycket höga värden uppmätas, t ex TS 65 %, medan i ytligare lager värden TS 2–5 % är vanliga.

Med kalkfällt avloppsvatten får slammets annorlunda form; det är tyngre och stora andelar av utfällda partiklar avsätts nära mynningen till dammen. Det är därför vanligt att fördjupa detta område eller anlägga mindre men djupa slamdammar närmast doseringspunkten.

Kalkslammet har ofta höga TS-värden, >20 % och huvudbeståndsdelen är kalciumkarbonat, CaCO₃, men även kalciumhydroxofosfat (apatit) återfinns. På grund av hög och variabel TS-halt är det vanskligt med bestämningar av specifik volym, men över lång tid har 2–3 l/m³ uppmätts.

Kemiska processer

Om likartat avloppsvatten och fällningskemikalie förs på under åren är inga omfattande kemiska reaktioner att förvänta i slammets. Nämnas kan dock risken att järnfällt slam (järn finns i fällningskemikalien AVR t ex) med tilltagande syrebrist i slammets kan undergå förändring från trevärt järn till tvåvärt järn med risk för uppluckring av det utfällda järn(hydroxo)fosfatet åtföljt av fosforläckage. Inga tydliga sådana effekter har dock noterats för fällningsdammar.

Den mest påtagliga effekten är vid byte av fällningskemikalie och främst vid byte från kalk till aluminium- eller järnfällning. Då ändras den kemiska miljön ovan kalkslamytan från pH ca 11 till pH ca 6.

Försök i Funäsdalen visar att ett avloppsvatten med pH 7 (avstängd dosering) som passerade över avsatt kalkslam löste upp slammets, men fosforhalten i det ofällda vattnet sjönk längs vägen, vilket indikerar att vattnet tar upp kalk från slammets som faller ut fosfor. Avsatt kalkslam kan alltså utgöra en säkerhet vid doseringshaverier under en period av åtminstone flera dygn.

Biologiska processer

Mikrobiell aktivitet kan främst förväntas i slammets i en försedimenteringsdamm. Här finns dock inga mätningar presenterade.

En analys av aluminiumslammet med mäktigheten (2 m) i Bruksvallarna har efter 10 år visat mycket stabila nivåer av organiskt material längs hela vertikalprofilen, vilket indikerar att någon omfattande bakteriell nedbrytning inte pågått. Som nämnts tidigare kommer den höga pH-nivån i kalkslam hämma biologisk aktivitet och sådan nedbrytning är således inte att vänta.

4.5 Slamavvattning

Som nämnts kan slamavvattningsanläggningar utföras på olika sätt och formen beror på tillgängliga utrymmen och även ambitionsnivå, det vill säga hur långt man avser att driva avvattningen.

Slamavvattningen vid markbaserad teknik baseras på torkning via parallell dränering och avdunstning – slamtorkbäddar, eller via parallell dränering och avdunstning efter frysning och tinande – slamfrysning. Dräneringen är snabbare än avdunstningen och dominerar i början av torkförloppet. Överslagsmässigt kan ca 1/3 av slammets vatteninnehåll avgå som dränering under ett normalt torkförlopp.

Torkning via frysning kommer i varierande grad att uppnås om slammet får ligga exponerat för kylan under en vintersäsong. Graden av uppnådd frystorkning beror dels på hur slammet exponeras, det vill säga hur tjocka lager slam man lägger ut, dels på vilket sätt man låter slammet tina, dränera och avdunsta efter fryssäsongen.

Slamtorkning kan således utföras isolerat till sommarhalvåret då avvattningen uppnås genom dränering och avdunstning. Slamfrysning kräver lagring under åtminstone en del av en vintersäsong och det är genomförandet och tiden som avgör om processen kan benämnas slamfrysning eller inte. För en given yta i kallt klimat kan frysningen avvattna mer slam än den renodlade torkningen (Hellström & Kvarnström, 1996).

Slamfrysning

Slamfrysning är en mycket effektiv metod som kan eftersträvas från åtminstone mellersta Sverige och norrut. Metoden kan vara naturlig att använda vid fällningsdammar där det ofta finns tillräckligt med ytor att ta i anspråk. Att slamfrysning ger goda avvattningsresultat beror på att frysningen frigör cellbundet vatten. Efter slutdränering efter genomfrysning är TS-halter på 50–60 % eller mer inte ovanliga.

Normalt kan slamupptaget väljas fritt i årstid och då är senhösten en lämplig period i och med att vinterns hela frysning kan utnyttjas. Den dimensionerande formeln för infrysningstjockleken är:

$h = k_f \sqrt{S}$ där h är infrusen slamtjocklek i cm, k_f en graddagarskonstant som har värdet ca 2 och S är antalet minusgraddagar efter vad som är känt på orten. Alltså summan av de dygn som har minusgrader i medeldygnstemperatur gånger respektive dygns medeltemperatur. Avbryts en period med minusgraddagar av en period med plusgrader ska dessa subtraheras på motsvarande sätt.

Exempel

Tre dygn efter varandra har följande temperaturer: -10°C , $+2^\circ \text{C}$, -5°C . Då blir $S = 10 \cdot 1 - 2 \cdot 1 + 5 \cdot 1 = 13$. h blir $2 \sqrt{13} = 7,2$. Det är alltså möjligt att frysa in ca 7 cm under tredagarsperioden.

Ett tjockt snötäcke är förstas till nackdel, om snöröjning är möjlig förbättras förutsättningarna.

Ju högre värde på h desto svårare blir fortsatt infrysning eftersom bildad is isolerar. Vill man uppnå ett stort infrysningsdjup ska man därför lägga ut slammet skiktvis, säg i decimeterlager, och låta skiktet frysa innan nästa lager förs på. Vid fällningsdammar kan detta dock vara svårt att utföra praktiskt.

Tinandet följer samma formel:

$h = k_t \sqrt{V}$. k_t är graddagarskonstanten för tinande och värden kring 4 har uppmätts. h är tinandedjupet i cm och V är periodens plusgraddagar och beräknas analogt med S fast med omvända tecken.

När tinandet pågått en tid börjar vattnet att avgå från slammet. En grov tumregel är att 1/3 av slammets vatteninnehåll dränerar efter tinande och återstoden avdunstar. Därefter avdunstar vatten från slamytan och om slammet får tina hela sommarperioden kan mycket höga TS-halter uppnås, 60 % eller mer, om detta är önskvärt för den fortsatta slamdispositionen.

Vid anläggningar som har slamfrysanläggningar anses lukttörningar inte vara något som förekommer. Observera att slamfrysning inte är en hygieniseringsmetod, även om avvattningen i sig minskar förutsättningarna för patogena bakteriers överlevnad.



Figur 4-2 *Slamfrysbeddar med olika faser av upptorkningsprocessen. Slamkakorna i det högra facket har en TS-halt långt över 50 %. Anläggningstypen förekommer vid reningsverk med kontinuerligt slamuttag (Ramsjö, Ljusdals kommun).*

Ytbehov för slamavvattning

Som berörts tidigare bestäms volymbehovet helt av den slammängd som tas upp från dammarna. I det fallet är metoden för slamtömning helt avgörande och den faktiska slammängden av underordnad betydelse. Om tömning sker genom pumpning kommer ett vattenmättat slam tas upp och pumpas till slamavvattningen. Volymen beror på om och i vilken grad dekantering av dammen sker innan pumpningen.

Vid slamtömning genom grävning kommer alltid långtgående dekantering att ske före urgrävningen och då blir volymen mindre.

Ytbehovet för slamavvattningen bestäms däremot av vilken slamavvattningsmetod man eftersträvar och när på säsongen slamtömningen sker.

Vid slamfrysning bör man eftersträva att begränsa slamdjupet till i storleksordningen 0,5–0,7 m innan fryssäsongen startar och begränsningen görs bland annat med hänsyn till att ett snötäcke kan komma att begränsa frysdjupet.

I ett fall som ovan blir angivna djup dimensionerande för yta och volym om slamtömningen till slamfrysbädden sker sent på hösten. Om slamtömningen sker tidigare kan man räkna hem en volymreduktion till följd av primärdränering och avdunstning under sommarhalvåret. Vad denna blir är beroende på väderleksförhållanden som värme, vind och nederbörd. Erfarenhetsmässigt kan man dock räkna med en volymreduktion på omkring 30 % under den varma årstiden.

Exempel

1 000 m³ vattenhaltigt kemslam ska pumpas från damm till slamfrysyta. Pumpningen sker i juni månad. Utifrån den långa kvarstående sommarperioden antas att 40 % av volymen avgår genom primärdränering och avdunstning och därmed återstår 600 m³ när fryssäsongen inleds. Målsättningen är att ha ett slamdjup då på 0,6 m vilket ger ett ytbehov på $600 / 0,6 = 1\,000$ m² för att säkerställa att huvuddelen av slammet fryser. Tömning av slamfrysytan ska ske först när slammet tinat fullständigt och slutdränerat vilket tidigast väntas ske i juni månad året efter.

5 Drift och underhåll

En väl utformad anläggning leder ofta till ett behandlingssystem som medför rimliga tillsynsinsatser och ett enkelt underhåll. Många av de anläggningar som idag upplevs som besvärliga att sköta, till exempel vad gäller slamtömning, har ofta haft ogenomtänkta eller oprövade lösningar redan från början. I kapitlet beskrivs drift- och underhållsaspekter vid de vanligast förekommande anläggningstyperna.

5.1 Renshantering

Rens samlas in på olika sätt vilket beskrivits i kapitlet Anläggningsutformning. I den enklaste formen (anläggningstyp 1) samlas rens i anläggningens första damm, grovavskiljningsdammen. Insamling av det rensbemängda slammet sker vanligen genom pumpning till slamtorkyta.

Som beskrivits för anläggningstyp 2 med mekanisk rensavskiljning samlas rens typiskt upp i plastsäck i ett avfallskärl. Renset hämtas med ordinarie renhållningsfordon och transporteras normalt till förbränning. Maskinutrustningen servas enligt leverantörens anvisningar och i övrigt är tillsynen kopplad till avfallskärlet som ska bytas när det är fullt. Av arbetsmiljöskalet kan utrustningen ha särskilda ventilationslösningar.

Vid anläggningar med slamavskiljare kommer rens att fångas in, men vara blandat med annat slam. Normalt bildas det dels en flytslamkaka, dels botten slam i avskiljaren. Vid traditionell tömning med slambil brukar hela våta volymen sugas upp vilket ger ett rensblandat slam med högt vatteninnehåll. Det är eftersträvarvärt att minska vattenmängden i slammet. Detta gäller både vid biltransport och om slammet ska avvattnas lokalt på torkbädd. För att minska slamvolymen kan man försöka separera slam från vattenfasen vid tömningen. Olika angreppssätt förekommer. Ett sätt är att suga ur den mellanliggande vattenfasen och leda detta vatten till dammsystemen. Detta kan dock vara svårt att utföra utan att dra med sig botten slam.

5.2 Fällningssteget

De torra fällningskemikalierna släckt kalk och aluminiumsulfat är dominerande vid dagens fällningsdammar. Att de är torra innebär särskilda utmaningar eftersom det i samband med dosering och upplösningen av kemikalierna kan uppstå bekymmer med damning och igensättning. Särskilt kalk som är mycket finkornig orsakar damning.

Påbyggnader på omrörare, i brunnar och i ledningar är ett problem som kan uppstå framförallt när kalk används eftersom upplöst kalk kan falla ut som hård kalciumkarbonat. Påbyggnad på omrörare kan skapa obalans med haveri som följd. Det är därför nödvändigt att rengöra omrörare och även andra anläggningsdelar med jämna mellanrum.



Figur 5-1 Brunn för kalkdosering. Utfällningar av kalciumkarbonat ger hård påbyggnad som kan kräva dagliga insatser för att hållas i schack. (Tännaldalen, Härjedalens kommun).

Vid dosering av kalk är normalt fällnings-pH mellan 11 och 12 vid mjukt vatten. Vid hårda vatten blir optimalt fällnings-pH något lägre. Används AVR bör pH hållas mellan 6 och 6,5. För järnbaserade fällningsmedel är ett gynnsamt pH normalt omkring 5,5.

Att utvärdera fällningen inom anläggningen är inte lika enkelt vid en fällningsdamm som vid ett konventionellt reningsverk. De långa omsättningstiderna i dammarna gör att det dröjer innan man ser resultatet av en förändring. Optimalt fällnings-pH kan också vara temperaturberoende, för kalk kan pH behöva variera mellan 10 och 11,5 mellan sommar och vinter. Gäller frågan byte av fällningsmedel kan man alltid utföra orienterande bänkförsök för att utreda lämpligheten med alternativa fällningsmedel.

Kemikaliedoseringen är en av de viktigaste delarna inom anläggningen som måste fungera för att god reningsfunktion ska säkerställas. Där krävs övervakning av ett antal parametrar och larm vid problem, till exempel bör fällnings pH övervakas. Vid pH-styrning krävs regelbunden kontroll och rengöring av pH-metern. Vidare ska larm finnas för avvikande pH-värden. Används pumpar och doseringsbrunn bör larm finnas för hög nivå samt för pumpavbrott. Högnivåalarm bör även finnas på blandningstanken för kemikalier.

5.3 Slamtömning

Slamtömning är som tidigare nämnts något som bör tas i beaktande redan då anläggningen planeras och utformas. Lättåtkomliga dammar för tömning och korta avstånd till avvattningsytor underlättar hanteringen.

Slamtömning sker normalt på två sätt:

- Urgrävning
- Pumpning

Hur ofta slamtömning sker vid anläggningar varierar och beror på faktorer som utformning, slamlagringsvolym, slamtyper mm. Årlig tömning av försedimenterat slam och kemsлам förekommer, men det förekommer även

anläggningar där slamtömning aldrig skett. Då kan det röra sig om flera tiotals års slamlagring i dammarna.

Urgrävning av slam kräver att slammets vattenhalt inte är för hög. Dekantering av vattenfas är därför nödvändigt vilket antingen kan ske genom avtappning eller genom pumpning. För att avtappning ska vara möjligt måste dammen ha ett utlopp som tillåter det. Bortpumpning av klarfas är flexiblere, men kräver ett arrangemang med flyttbar pump på traktor.

Generellt är det enklare att gräva upp kalkslam som kan ha TS-halter på upp till 50 % efter långvarig kompaktering. Aluminiumslam är svårare då andelen bundet vatten är högre. För att få upp TS-halten krävs förmodligen att aktuell damm kan ställas av under relativt lång tid för att vatten ska kunna avdunsta och dränera, störst effekt uppnås om en vintersäsong kan nyttjas då man kan dra nytta av frystorkeffekten. En variant kan vara att ställa av och dekantera vatten så långt det går innan vintern och sedan gräva upp fryst slam allteftersom slamkakan fryser. Denna ”frysmuddring” måste sannolikt upprepas flera gånger under vintern då man förmodligen inte uppnår hel bottenfrysning om inte slamdjupet är begränsat. Frysta slamkavor flyttas helt enkelt till särskild slamtorckyta.

Som berörts tidigare kan grävning antingen ske från dammvallarna med hjälp av grävmaskin eller genom att en traktor kan köra ner i dammen vilket kräver att dammen har en nedfartsramp och körbar botten.

Pumpning av icke dränerat slam direkt till slamtorckyta är den andra metoden som också används. Flera metoder har testats vid olika anläggningar, vanligen har olika typer av större pumpar använts. Typiskt bärs pumparna av en traktor eller grävare och flyttas runt i dammen. Vid tjocka slam, som kalkslam, är metoden omständlig då slammet inte rinner efter och pumpen måste flyttas kontinuerligt.

En mer utvecklad metod används systematiserat i Härjedalens kommun. Där anlitas en entreprenör med en särskild traktorburen pumputrustning, från början avsedd för gödselhantering, Figur 5-2.



Figur 5-2 Slamtömning genom pumpning. Grävmaskinen homogeniserar slammet så att även bottenlammet följer med vid urpumpningen. Våtslammet leds till slamdräneringsyta. (Härjedalens kommun).

Metoden bygger på att traktorn med pumpen ställs upp nära dammen, helst vid dammens djupaste del och pumpar kontinuerligt medan man med hjälp av en grävare samtidigt blandar upp bottenlammet i dammen för att möjliggöra pumpning av hela innehållet, se Figur 5-2.

Vid vissa anläggningar har särskilda uppställningsplatser gjorts i ordning där ett L-stöd i betong placerats vid pumpstället. Samtidigt kan dammen utformats med en fördjupning, slamficka, i anslutning till stödet för att enklare kunna slamtömma hela dammen till bottenivån.

Det är viktigt att beakta hanteringen av vattenfasen både vid dekantering av klarfas och vid dränering av slam som tagits upp från dammar. Både dekantat och dränvatten kan innehålla en hög halt av partiklar och måste ledas tillbaka tidigt i reningssystemet, helst före doseringspunkten. Om den slambemängda vattenfasen leds in sent i dammsystemen kan denna orsaka förhöjd partikelhalt i utgående vatten.

5.4 Avvattning och lagring av slam

Varianter finns alltså för lokal markbaserad slamavvattning. Funktionen är till stor del beroende av dimensionering och utformning. Vad gäller drift- och skötselåtgärder är normalt behovet av insatser begränsat.

Uppgrävning av avvattnat och torkat slam sker när önskvärd torrhalt uppnåtts. Vid slamfrysning ska detta ske efter att slammet tinat och slutligen dränerat vilket normalt uppnåtts på försommaren. Om metoden bygger på filtrering genom grus eller något typ av filter ska detta ses över efter avslutad torkningscykel när ytan eller slamdammen är tom. Eventuella ledningar från slamtorkytan spolas vid behov.

Om slamdräneringsbädden är en helt separat enhet utan koppling till fällningsdammarna, det vill säga om denna bygger på filtrering genom sand och infiltration, kan det översta lagret av sandfiltret behöva ersättas med jämna mellanrum. I detta skikt fastläggs fosfor och genom materialbytet kan fosforavskiljningen upprätthållas.



Figur 5-3 Dräneringsdamm för försedimenterat slam med upplag för avvattnat slam från föregående säsong (Vemdalskalet, Härjedalens kommun).

Lokal lagring av avvattnat slam innan slutanvändning ska ske på plats där man har kontroll på var dräneringsvatten tar vägen. Vid regn och snösmältning kan nederbördsvattnet förorenas av slammet. Antingen ska denna typ av förorenat dagvatten ledas tillbaka till reningsanläggningen eller infiltreras under kontrollerade betingelser, det vill säga med kontroll av grundvattenpåverkan.

5.5 Användning av slam

Användning av slam styrs vanligen av de lokala behoven. Vanligast är att slammet utnyttjas för produktion av anläggningsjord. Eventuellt genomförs först enklare stabilisering genom kompostering följt av inblandning av mineraljord. Hygienisering är sällan någon stor fråga då slammet vanligen lagras avvattnat i flera år innan det blir aktuellt för brukande.

Största driftfrågan torde vara rensavskiljning i torkat orensat grovslam. Under en flerårig lagring kommer rens att brytas ner och inte bli lika påtagligt. Vid brukande i anläggningsjord för deponitäckning är rensinnehållet sällan något problem. Om slamblandad anläggningsjord ska användas i mer publika sammanhang kan dock kvaliteten till följd av rensinnehållet vara oacceptabel.

Rens i slam är således ett estetiskt problem som måste hanteras. Försök har gjorts med att sikta bort synliga föroreningar med olika typer av siktar, men detta har visat sig vara mycket svårt då det inte föreligger någon betydande densitetskillnad mellan rens och slampartiklar.

5.6 Dammar med mera, yttre underhåll

Fällningsdammar är ytkrävande anläggningar. Stora dammsystem ger stora mellanliggande områden i form av körytor, dammvallar, slamlagringsytor mm. För att säkerställa en god funktion och möjliggöra tillsyn krävs att alla ytor hålls hävdade och fria från sly och annan växtlighet som annars snabbt tar över. Røjning av gräs och sly eller renodlad gräsklippning är därför normala underhållsåtgärder (se Figur 3-6).

Att dammarna är täta är ett annat tillsynsområde. Dammvallar måste kontrolleras kontinuerligt vad gäller erosion och läckage, särskilt viktigt är i vallarnas utsidor när ojämnt vattentryck föreligger. Upptäcks läckage är det ofta i släntfoten, men vatten kan även läcka och komma upp i dagen längre från själva vallkonstruktionen.

Andra delar som ska kontrolleras kontinuerligt är ledningar och rör mellan dammenheter liksom brunnar och eventuella nivåregleringar. Skibord och nivåluckor i metall kan rosta och vara odugliga den dag de ska användas om dessa inte ses över med jämna mellanrum.

I övrigt är ofta omgärdande stängsel en anläggningsdel som kräver fortlöpande underhåll då djur eller omkullvälta träd kan riva ner stängselnät.

5.7 Egenkontroll

Provtagning

Provtagningen styrs av föreskrifter och tillståndsvillkor. Vid fällningsdammar tas ofta utgående prov som stickprov. Automatisk provtagning förekommer också, men denna är då tidsstyrd eftersom flödet i systemet mäts på inkommande avloppsvatten och det till följd av utjämningen i bassängerna sällan finns något samband mellan in- och utgående flöde.

Vid stickprovtagning är den största felkällan vanligen att provet tas på sådant sätt att slam från rörändan, brunnskant etc. av misstag kommer med i vattenprovet. Vid automatisk provtagning är det viktigt att utrustningen och slangar hålls rena. Vid tidsstyrning kan man överväga om provtagningsintervallen ska anpassas efter en normaldygnsbelastning.

Oavsett provtagningsmetod ska provhanteringen ske enligt vedertagna normer. Att förvara proverna kylda är viktigt, särskilt om analys på BOD₇ ska göras.

Flödesmätning

Flödesmätning med induktiv mätare kräver ingen återkommande kalibrering, dock bör kontroll ske med vissa mellanrum. En enkel kontroll kan ske genom avsänkingsmätningar, annars är man hänvisad till leverantören av mätaren. Avsänkingskontroll innebär att volymförändringen per tidsenhet i pumpsumpen mäts manuellt under pumpning. Genom att ta hänsyn till den samtida tillrinningen erhålls momentan pumpkapacitet. Kontrollen ger ett ungefärligt värde eftersom även nivån i pumpsumpen har betydelse.

Flödesmätare som baseras på mätsektion eller mätöverfall och nivåmätare bör kontrolleras ofta. Slampåbyggnad i överfallet och rännan är en felkälla, felaktig nivåmätning en annan. Att nivåmätaren visar rätt kan enkelt göras mot nollnivå eller med tumstock mot mätvärde. Vidare bör man säkerställa att geometrin på mätutrustningen är riktig och att nivåmätning sker i rätt läge.

Övrig övervakning och tillsyn

Då grundidén är att fällningsdammar skall vara enkla anläggningar är tanken också att behovet av tillsyn och övervakning skall vara litet. Tillgång till en mindre båt för inspektion och mätning i större dammar är praktiskt. Tillsynsområden har tagits upp tidigare, här följer en sammanfattning av normala tillsynsområden:

- Lagernivå för kemikalielager så att beställning sker i tid.
- Kontroll och kalibrering av mätinstrument som pH-meter och flödesmätare.
- Underhåll av mekanisk utrustning t.ex. motorer, pumpar, omrörare, ev. rensanterningsutrustning
- Rensning av kalkavsättningar i brunnar och på utrustningar (vid kalkfällning)
- Kontroll av slamnivåer i slamavskiljare och dammar för att utföra slamtömning i rätt tid
- Allmän funktionsöversyn, luktsituation, svavelväteförekomst, städbehov etc.

- Kontroll av yttre anläggningsdelar (stängsel, dammvallar, utlopp)
- Fungerande dricksvattenförsörjning, till ögondusch och upplösare mm.

Vanligen finns fjärrlarm kopplade till avvikande fällnings-pH, motorskydd och nivåer i pumpbrunnar eller kärl inom doseringsanläggningen.



Figur 5-4 Kontrollpanel med instruktion om rengöring av pH-elektrod (Funäsdalen, Härjedalens kommun).

5.8 Arbetsmiljöaspekter

Fällningsdammar är enkelt uppbyggda med få komplicerade installationer som kräver besvärliga arbetsförhållanden. Normalt finns en doseringsbyggnad där maskinutrustning och kemikaliehantering är placerad på ett lättillgängligt sätt medan dammarna ligger i direkt i anslutning till denna byggnad. Driftmaskinister uppskattar ofta enkelheten och den okomplicerade tekniken som ofta finns placerad i ett väl tilltaget utrymme. Utomhusdelarna kan också uppskattas av många inom driften särskilt som flera av underhållsåtgärderna utförs i huvudsak under sommarhalvåret.

De främsta arbetsmiljörelaterade frågorna rör kalkfällning och slamhantering.

Kalken är så fin att den har en benägenhet att läcka ut från silo och transportskruvar vid minsta lilla otäthet. Då kalken har så finkornig konsistens är den inte lätt att hantera vilket också ställer höga krav på leverantören vid tömning av kalkbilen. Om inte lossning sker med försiktighet kan kalken spridas runt hela anläggningen, till exempel som en följd av att luftfiltret kollapsat. Används aluminiumsulfat är risken för dammrelaterade problem mycket mindre eftersom denna kommer i granuler och andelen finpartiklar är mycket mindre.

Problem relaterat till svavelväte, som lukt och korrosion, kan förekomma vid fällningsdammar på samma sätt som vid andra reningsanläggningar. Problemet är vanligare vid användning av aluminiumsulfat än kalk som fäll-

ningsmedel och kan visa sig såväl i doseringsstation som i slutet av dammsystemen. Korrosion kan också orsakas av ammoniak vilket blir en risk att beakta vid fällning med släckt kalk.

Slamhanterings påverkan vad gäller arbetsmiljö hänger främst samman med anläggningens utformning och hur anpassad den är för enkel rensning och slamtömning. Finns det ingen möjlighet att tömma dammar på slam med pump eller med grävmaskin efter erforderlig dekantering och avvattning kommer slamtömningen att bli ett mycket besvärligt företag med spill och lukt. Detta är ett viktigt skäl till varför bristfälligt utformade system bör byggas om för bättre funktion.

6 Bräddvattenrening

Fällningsdammar har på senare tid visat sig vara intressanta för att minska mängderna obehandlat bräddavloppsvatten från kombinerade avloppsnät.

De egenskaper hos fällningsdammar som då är intressanta är en stor volym och en förhållandevis enkel behandlingsprocess som dessutom klarar varierande flöden. En låg anläggningskostnad är också intressant för en enhet som inte är tänkt att utnyttjas särskilt frekvent.

Dammarna kan göra nytta såväl längs ett avloppsnät som vid det avslutande verket.

6.1 Bräddning från ledningsnätet

Bräddning längs ledningsnätet sker främst vid pumpstationer. Naturliga tillrinningspunkter till en fällningsdamm blir alltså brädd- eller nödutlopp från pumpstationer. Dammar placerade för bräddvattenhantering längs ledningsnätet, här kallade nätdammar, kan utformas utifrån två principer.

I det ena fallet ser man nätdammens funktion som ett renodlat utjämningsmagasin där dammen fylls under en högflödesperiod och där återpumpning från dammen till nätet (pumpstationen) sker när flödessituationen normaliserats. Nödutlopp kan självfallet finnas även från dammen, men här eftersträvas en fullständig lagring av vatten som nödbräddar från pumpstationen.

I ovanstående fall dras ingen egentlig nytta av behandlingsprocessen (utöver viss sedimentation); vattnet kommer att behandlas efter återpumpningen till nätet och det är onödigt att behandla två gånger. Om höga flöden håller i sig länge efter en flödestopp i avloppsnätet kan det vara svårt att direkt få utrymme för återpumpat vatten, varför allt bräddat vatten under perioden måste magasineras. Ett mycket stort magasin kan därmed krävas.

Det andra sättet är att låta allt bräddvatten passera dammen med ett normalt fällningsförfarande lika som vid en fällningsdamm. En acceptabel recipient måste finnas tillgänglig för detta.

Exempel fällningsdammar vid ledningsnät

I Luleå har man problem med periodvis stora inläckage i avloppsnätet från de södra byarna och tillhörande pumpstationsbräddningar när nätkapaciteten överskrids. Pumpstationerna i Alvik och Antnäs bräddar till Aleån. Samtidigt vill man ha expansionsmöjlighet för områdena. Det är förenat med stora kostnader att renovera nätet i ett sammanhang. I båda fallen har man kunnat nyttja gamla biodammar för slamavskiljning av bräddvattnet.

Nu har man projekterat en uppgradering av biodammarna till fällningsdammar. I Alvik, där nätet är dimensionerat för ca 150 m³/h, har tillskottsvattnet periodvis varit av samma storlek. En ny pumpstation har anlagts med ett bräddsystem bestående av rensgaller med renspress följt av doserstation med järnklorid. Därefter följer en damm med inledningsvis 1 000 m²

med djupet 0,75 m och i övrigt 5 000 m² med djup ca 1,5 m och flytväggar för att säkerställa en transportlängd för vattnet av 500 m i dammen.

I Antnäs anläggs en ny damm då den gamla biodammen är i dåligt skick. Den dimensioneras för motsvarande 1 500 pe och omfattar 8 000 m² med ca 1,5 m djup. Liner (syntetiskt geomembran) ska läggas för botten tätning. Anläggningarna beräknas komma i drift hösten 2016 (Norén, 2016).

Ett annat exempel på tillämpning av fällningsdammar vid bräddvattenrening är Mölnlycke Centrum där principen har utretts. I det fallet rör det sig om möjligheten att använda befintliga dagvattendammar som sedimentation för tillfällig rening av bräddat avloppsvatten genom fällning. Avloppsfödet i bräddpunkten på nätet kan momentant uppgå till 100 l/s och befintliga dagvattendammar har tillräcklig yta för att ett fungerande avskiljningssystem för kemsam ska klaras. Anläggningen är inte etablerad (tillståndsprovning pågick vid arbetet med denna rapport).

6.2 Bräddning vid reningsverk

Bräddning från reningsverk är vanligt vid mindre anläggningar som periodvis har svårt att behandla allt avloppsvatten från ett kombinerat nät. Vid bräddvattenbehandling förläggs fällningsdammen på måttligt avstånd från verket och normalt utnyttjas samma recipient som för avloppsverket.

Dimensionering kan utföras på samma sätt som tidigare angetts för fällningsdammar. Slamproduktionen är begränsad eftersom fällningsdammen endast aktiveras vid högflödesperioder med låga föroreningskoncentrationer.

Exempel fällningsdammar vid reningsverk

Råneå avloppsnät i Luleå kommun har dragits med stora inläckage; främst under snösmältningen. En äldre polerdamm med dimensionerna ca 100 · 20 · 1,5 m vid det stegvis moderniserade avloppsverket försågs därför med kemisk fällning.

Mekanisk förbehandling av allt vatten sker vid avloppsverket, varefter pH-styrd dosering av den fällningskemikalie som verket använder, polyaluminiumklorid, sker innan vattnet rinner till dammen. Fällningsdammen trädde i funktion 2008 och sedan dess har bräddning skett enligt Tabell 6-1 som även visar resultatet av behandlingen i fällningsdammarna. Recipienten är densamma som för verket; Råne älv (Viklund & Larsson, 2016).

De reningsresultat som ges av uppföljningen vid Råneå visar att reduktionen är i storleksordning av vad man uppnår vid normala fällningsdammar, dock något lägre för fosfor. Procentuellt ligger BOD-reduktionen mellan 50 och 80 % och fosforreduktionen mellan 60 och drygt 90 %.

Tabell 6-1 Resultat av bräddvattenbehandling i fällningsdammen vid Råneå avloppsverk 2008-2015.

Datum	Volym, m ³	BOD ₇ In/Ut mg/L	COD _{Cr} In/Ut mg/L	Tot-P In/Ut mg/L	Tot-N In/Ut mg/L	Susp. In/Ut mg/L
2008 25/4-13/5	24 750	39/6	152/29	2,0/0,14	9/6,8	70/10
2008 13/5-30/5	336	46/14	122/50	1,2/0,46	13/7,7	36/14
2009 27/4-13/5	879	37/16	91/53	1,2/0,49	13/12	22/8
2010 28/4-11/5	3 042	28/10	84/51	1,2/0,5	12/11	25/10
2010 20/5-27/5	2 324	94/26	332/83	2,5/0,85	18/6,8	153/24
2012 22/4-31/5	59 524	34/16	100/64	1,4/0,64	15/8,3	47/-
2013 18/4-23/5	19 372	248/23	162/21	8/0,61	21/9,5	565/-

6.3 Dimensionering, drift och skötsel mm

Vid dimensionering av fällningsdammar för behandling av bräddvatten är utgångspunkten samma kriterier som vid normala fällningsdammar. Beroende på var i systemet bräddvattenreningen placeras kommer rensavskiljningen att skilja sig åt. Om reningssteget placeras vid pumpstation eller annan bräddpunkt längs ledningsnätet kommer viss mängd rens nå dammarna vilket bör beaktas vid framtida slamhantering. Om reningssteget är placerat vid reningsverket kan avloppsvattnet ha genomgått mekanisk rensavskiljning inom verket innan bräddning.

Mängden ackumulerat slam kommer att bli liten jämfört med en konventionell anläggning och slamtömning måste anpassas till användningsgraden i det enskilda fallet. I övrigt kommer behovet av skötsel och underhåll vara ungefär motsvarande som vid en vanlig dammanläggning.

7 Kostnader

Då fällningsdammsanläggningar i stor utsträckning anpassas till de förhållanden där de byggs blir varje anläggning unik och platspecifik. I och med det varierar även kostnader för exempelvis markarbeten, men det kan även skilja sig åt vad gäller priser för entreprenadarbeten beroende på var i landet man befinner sig och på vilket sätt arbetena handlats upp och genomförts. De redovisningar av byggkostnader som ges i avsnittet blir måste därför betraktas som exempel.

7.1 Exempel anläggningskostnader

Härjedalens kommun har sammanställt investeringskostnader för ett antal utförda anläggningar åren (Tabell 7-1). Tabellen visar direkta byggkostnader vid byggtillfället och omfattar anläggning av dammar, doseringsanläggningar, hårdgjorda ytor, stängsel etc. men är exklusive kostnader för projektledning, byggleddning, administration etc. För att få den totala projektkostnaden tillkommer således påslag för det senare vilket kan ligga på i storleksordningen 20–30 % beroende på hur projekten drivs. Uppräkning av byggkostnaderna till 2015 års prisläge har gjorts utifrån SCB:s byggprisindex.

Tabell 7-1 Byggkostnader för fällningsdammar i Härjedalen.

Anläggning	Byggår	Dim. (pe)	Byggkostnad vid byggnadsår (kkkr)	Indexerad byggkostnad 2015 (kkkr)
Björnrike	1979	4 000	1 000	4 100
Bruksvallarna	1981	2 000	1 500	5 600
Tännaldalen	1985	6 000	5 600	15 100
Funäsdalen	1986	5 000	3 000	7 800
Ytterhogdal	1995	1 000	2 500	4 300
Hede	1999	2 500	2 000	3 300

Anläggningen i Björnrike byggdes ut 2014 för att hantera en belastningsökning från 4 000 till 7 000 pe. Åtta dammar om totalt 5 000 m² byggdes till för efterpolering. Sex av dammarna utrustades med tätduk för att förhindra infiltration och området inhägnades. Den totala byggkostnaden för detta uppgick till 2 300 000 kr. Sammanslaget med den ursprungliga anläggningen skulle etableringen av en anläggning för 7 000 pe innebära en byggkostnad på omkring 1 000 kr/pe.

Inför en utbyggnad av ett nytt vintersportområde i anslutning till Björnrike upprättades 2012 en kalkyl för ny fällningsdammsanläggning för 7 500 pe. Indexuppräknat till 2015 års prisnivå skulle anläggningen innebära en byggkostnad på 6 200 kkr vilket inkluderar inloppspumpstation, doseringsbyggnad, erforderliga dammar och slamtorkbäddar, elanslutningar, hårdgjorda ytor och stängsel. Denna anläggning skulle ge en specifik byggkostnad på <1 000 kr/pe.

Även Örnsköldsviks kommun har tidigare sammanställt byggkostnader för flera av sina fällningsdammar (Tabell 7-2). Data avser byggkostnader med ungefär motsvarande innehåll som för Härjedalens kommuns anläggningar och finns redovisad i Pettersson (1993). Dessa kostnader hade i underlaget indexerats för att kunna jämföras vid år 1988 och har i denna redovisning även uppräknats till 2015 års prisläge (SCB:s byggprisindex).

Tabell 7-2 Byggkostnader för fällningsdammar i Örnsköldsviks kommun.

Anläggning	Byggår	Dim. anslutning (pe)	Indexerad byggkostnad 1988 (kkr)	Indexerad byggkostnad 2015, (kkr)
Skorped	1982	2000	426	1 000
Långviksmon	1984	370	1 024	2 400
Solberg	1985	350	726	2 100
Skulnäs	1986	100	912	1 700
Bredbyn	1988	1 300	1 000	2 300
Mellansel	1988	1 500	900	2 100

Ytterligare ett exempel från Örnsköldsviks kommun gäller den föreningsdrivna anläggningen i Myckelgensjö som dimensionerades för 90 pe. Denna byggdes 1997 till en kostnad på 1 500 kkr (anläggningskostnad inkl. projektledning och övrig projektadministration). Indexuppräknad till 2015 års priser motsvarar detta 2 500 kkr. Detta innebär en specifik investeringskostnad på 28 000 kr/pe.

Som väntat varierar den specifika byggkostnaden, kr/pe, kraftigt och är i de flesta fall helt beroende av anläggningsstorleken. Typiskt är att de största anläggningarna har byggts för en kostnad motsvarande ca 1 000 kr/pe medan de små kan ha en specifik kostnad på 15 000–20 000 kr/pe eller mer. Främsta anledningen till det är att anläggningsdelar som kemikalieförvaring, doseringssystem, provtagning, mätning och styrning med tillhörande byggnad innebär en tung grundinvestering som inte är direkt proportionell mot dimensioneringstalet. Kostnaden för markyta och dammvolymer får däremot en tydligare koppling till dimensionerande belastning.

Jämfört med traditionella, kompakta reningsverk är det ingen tvekan om att fällningsdammar kan anläggas till en lägre kostnad om det finns tillgång till lämplig mark. Då etablering av fällningsdammar till stor del innebär byggande av markanläggningar och i mindre utsträckning innebär investering i maskininstallationer blir anläggningens genomsnittliga avskrivningstid längre än för motsvarande storlek av reningsverk.

7.2 Drift- och underhållskostnader

Drift- och underhållskostnader för fällningsdammar utgörs i princip av samma grundposter som andra reningsanläggningar:

- Elförbrukning (maskiner, pumpar, omrörare, uppvärmning)
- Fällningsmedel
- Tömning slamavskiljare eller dammar
- Ev. kvittblivningskostnader slam

- Underhåll och reparationer (maskiner, byggnader, dammanläggningar, stängsel etc.)
- Personalkostnader för tillsyn
- Vattenanalyser och administration (besiktningar, årsrapporter, tillsynsavgifter)

En genomgång av elförbrukningar för fällningsdammar visar att utformningen och de tekniska lösningarna får stor betydelse för den specifika förbrukningen (kWh el/m³ behandlat avloppsvatten). Sett till teknik för att blanda in fällningsmedlet kan man grovt dela in anläggningarna i tre grupper.

Vid anläggningar som varken har omrörare eller pumpar för att skapa omrörningsenergin, det vill säga renodlade självfallsanläggningar, är elförbrukningen lägst, typiskt 0,1 kWh/m³.

Anläggningar som använder ett pumpsteg för att skapa rörelseenergi till keminblandningen, vilket är typiskt i Härjedalen, använder i medeltal omkring 0,3 kWh/m³. Förbrukningen av omrörningsenergi är här flödesberoende; förbrukningen blir direkt kopplad till flödet.

Kalkfällningsanläggningar som utformats med kontinuerligt gående propelleromrörare i dammens inloppsdel har däremot en elförbrukning som är oberoende av inkommande flöde. Om inte storleken (effekten) på omröraren inte anpassats till anläggningens storlek kan förbrukningen bli oproportionerligt stor för mindre anläggningar. En specifik förbrukning på 0,7 kWh/m³ avloppsvatten är typiskt vid befintliga anläggningar.

Jämförs fällningsdammar med elförbrukning med traditionella, kompakta kemverk så är förbrukningen för fällningsdammar generellt lägre. Reningsverket har till skillnad från fällningsdammar ofta en större byggnad som ska värmas upp och fler maskinkomponenter som drar el.

Jämförs fällningsdammar med kompakta reningsverk med kemisk fällning ska kemikalieförbrukningen inte skilja sig åt i någon betydande utsträckning. Typiska kemikalieförbrukningar är 150–200 g/m³ då AVR används och 500–800 g/m³ då kalk doseras.

Som berörts tidigare är kostnadsposter som rör underhåll, reparationer och reinvesteringar normalt avsevärt lägre för fällningsdammar än för det traditionella kemverket. När det gäller slamhanteringskostnader är också kostnaderna ofta jämförelsevis låga vid fällningsdammar där slamtömningen inte alltid behöver ske årligen och där slamavvattning sker lokalt i markbaserad teknik. Slamhanteringskostnaden skiljer sig dock åt betydligt mellan olika anläggningar. Vid vissa anläggningar har inte slamtömning skett på flera tiotal år medan det vid andra sker tömning årligen.

Det löpande tillsynsbehovet för fällningsdammar är begränsat och skiljer sig sannolikt mycket från ett traditionellt reningsverk, särskilt om det senare har mekanisk slamavvattning. När det gäller övriga kostnader som rör provtagning och administrativa rutiner ska det rimligen inte vara någon större skillnad mellan olika anläggningstyper.

De årliga driftkostnaderna varierar beroende på utformning, belastning, typ av fällningsmedel, slamhantering mm. För Härjedalens anläggningar ligger driftkostnaderna mellan 150 000 och 600 000 kr per år och som specifik kostnad per behandlad avloppsvattenmängd ganska och anläggningarna i Örnsköldsvik visar på ett spann mellan 50 000 och 300 000 kr per år.

Tabell 7-3 visar en sammanställning av medelvärden för driftskostnader i Härjedalen och Örnsköldsviks kommun år 2015. Siffrorna från Härjedalen baseras på sex anläggningar och från Örnsköldsvik tio.

Tabell 7-3 Medelvärden av driftskostnader för fällningsdammar i Härjedalens och Örnsköldsviks kommuner under 2015.

		Härjedalen	Örnsköldsvik
Genomsnittlig dim. anslutning	pe	3 420	820
Inkommande flöde, genomsnitt	m ³ /år	156 500	75 000
Genomsnittlig driftkostnad	kkkr/år	350	150
Specifik kostnad	kr/m ³	1,8-2,8	0,8-6,5
Specifik kostnad, medel	kr/m ³	2,2	2

Som tabellen visar ligger medelkostnaden omkring 2 kr/m³ behandlat avloppsvatten. Dock kan driftkostnaden variera relativt mycket och ser man till respektive kommun finns det ingen tydlig koppling mellan driftkostnadsnivån och storleken på verksamheten.

Elförbrukningen har tidigare belysts som en driftkostnadspost som varierar med den tekniska utformningen. Även anläggningens utformning och val av fällningsmedel har betydelse vilket också påverkar slamhanteringskostnaden. Bland de betraktade anläggningarna finns exempel på anläggningar som har årlig slamtömning av dammar eller slamavskiljare, medan andra anläggningar låter flera år gå mellan slamtömningen. Ett exempel på att slamtömningskostnaden har betydelse ges av Lidens fällningsdammar (typ 3a) i Sundsvall där slamtömning av såväl slamavskiljare som sedimentationsdamm sker årligen och där man även kan specificera en kostnad för avyttringen av slammet. Slamhanteringen svarar där för drygt hälften av driftkostnaden och vid anläggningen har man en total specifik driftkostnad på mellan 5 och 6 kr/m³ behandlat avloppsvatten. Hantering av slam är en driftaspekt som diskuteras vid många anläggningar, förändringar i strategi eller metoder för slamhantering vid anläggningar kan därför komma att påverka kostnaderna för verksamheten.

Litteraturförteckning

- Balmér, P. & Vik, B. (1978). "Domestic wastewater treatment with oxidation ponds in combination with chemical precipitation". *Progress in Water Technology* 16 (5/6) 867–880.
- Cabral, C., Chagnon, F., Gotovac, D., Harleman, D. & Murcott, S. (1999). "Design of a chemically enhanced wastewater treatment lagoon in Brazil". Dep of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA.
- Cripps, Simon & Hanaeus, Jörgen (1993). "The effects of chemical precipitation by slaked lime on suspended particle dynamics in wastewater ponds". *Water Science and Technology*, Vol 28, No. 10, 215–222.
- Hanaeus, Jörgen (1991). Wastewater treatment by chemical precipitation in ponds. Doktorsavhandling 1991:095 D, Luleå University of Technology.
- Hanaeus, Jörgen; Hanaeus, Åsa & Zhan, Wen. Fällningsdammar – nuläge och framtid. Svenskt Vatten Utveckling rapport nr 2009-16.
- Harleman, D. & Chagnon, Frederic (2005). "An Introduction to Chemically Enhanced Primary Treatment". Report, Master of Engineering Thesis, Dep of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA. 5s.
- HAV (2013). Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten
- Hellström, D. & Kvarnström, E. (1996) "Natural freezing and drying as sludge dewatering methods – a full-scale pilot plant study in Northern Sweden." *Vatten* 52, 245–255.
- Johansson, Erica; Grönlund, Erik & Hanaeus, Jörgen (2005) "Fällningsdamm och biodamm – fällningsdammar med avstängd dosering sommartid". VA-Forsk, Svenskt Vatten, Rapport 2005-18.
- Naturvårdsverket (1994). Kungörelse med föreskrifter om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse. SNFS 1994:7.
- Norén, Torbjörn, Luleå kommun, personlig kommunikation. 2016.
- Persson, Jesper & Wittgren, Hans-Bertil (2003). "How hydrological and hydraulic conditions affect performance of treatment wetlands" *Ecological Engineering*, Vol 21, No 4–15, pp 259–269.
- Poullanne, J. (1972) "Wastewater treatment ponds – design and efficiency". National Board of Waters, Helsinki. Report 24. (In Finnish).
- Reinosdotter, Karin & Sjöbohm, Linda (2000) "Wastewater treatment in Ponds – Brazil". Master of Science Thesis, Luleå University of Technology, CIV 2000:242.
- SIS – Standardiseringskommissionen i Sverige (1986). Avloppsvattenrening – Slamavskiljare för 26-500 pe, Allmänna fordringar.

Svenska kommunförbundet (1993). Avloppsteknik 2.

Vattenmyndigheten (2004). Förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.

Viklund, Petra & Larsson, Erik, Luleå kommun, personlig kommunikation. 2016.



Box 14057 • 167 14 Bromma
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svenskvatten@svenskvatten.se
www.svenskvatten.se