

FÄLLNINGSDAMMAR ETT UTVECKLINGS PROJEKT

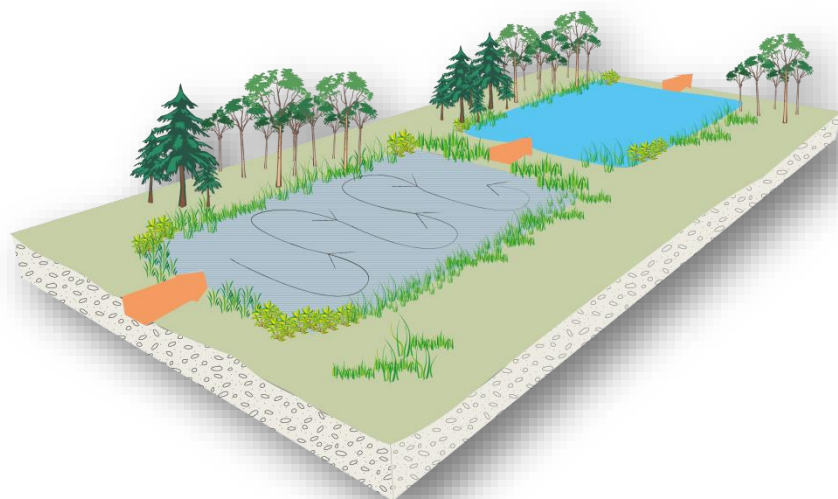


RAPPORT DELPROJEKT 1

KUNSKAPSLÄGET

2014-09-04

Jörgen Hanaeus



INNEHÅLL

INLEDNING	3
Bakgrund	3
MÅL.....	3
GENOMFÖRANDE	3
HISTORIK.....	4
Bakgrund	4
Det började med biodammar.....	4
Fällningsdammar.....	4
Sverige	5
Norge.....	6
Internationellt.....	6
FRAMTIDEN	7
FoU idag.....	7
Utvecklingsfrågor.....	8
Systeminternt	8
Externt	9
Ringar på vattnet	9
TILLGÄNGLIG LITTERATUR.....	9

BILAGA 1: LITTERATURFÖRTECKNING

Fällningsdammar – ett utvecklingsprojekt

Projektet syftar till att utveckla tekniken för att optimera anläggningar och möta framtida krav på avloppsbehandling samt sprida kunskap om tekniken.

Projektet drivs i samarbete mellan Härjedalens kommun, Miljö och vatten i Örnköldsvik AB och Sweco Environment AB.

Kontaktperson: Kjell Jonsson, Sweco
Telefon 063-685 50 56.
E-post: kjell.jonsson@sweco.se



INLEDNING

Initiativet till ett utvecklingsprojekt kring fällningsdammar togs av Härjedalens kommun under början av 2013. Eftersom Örnsköldsviks kommun tillämpar tekniken på ett stort antal avloppsreningsanläggningar kontaktades Miva. Intresset att samverka kring detta var stort även från Mivas sida och i maj 2013 initierade därför Sweco en första träff för att diskutera formerna för ett eventuellt samarbetsprojekt. Vid mötet beslutades att starta ett projekt för att utveckla tekniken och sprida kunskap kring fällningsdammar med Härjedalens kommun, Miva och Sweco som projektägare.

Bakgrund

Fällningsdammar för avloppsrening började användas under slutet av 1970-talet i Sverige som en följd av att befintliga biodammanläggningar kompletterades med kemisk fällning. Initiativet togs bland annat av tjänstemän vid länsstyrelsen i Jämtlands län och Härjedalens kommun. Idag räknas antalet fällningsdammar i Sverige till ett sjuttital varav en stor andel finns i norrlandskommuner.

Både Härjedalens och Örnsköldsviks kommuner har en förhållandevis stor andel fällningsdammar bland sina avloppsanläggningar. I Härjedalen finns idag 6 fällningsdammar av totalt 26 reningsanläggningar och inom Örnsköldsviks kommun 13 av totalt 30 reningsanläggningar. Båda kommunerna har därför ett stort intresse av att utvärdera tekniken i förhållande till framtidens behandlingskrav för avloppsvatten och även att utveckla tekniken för att säkerställa en långsiktig hållbarhet. Det finns även ett gemensamt intresse av att hålla främst miljömyndigheter informerade om teknikens funktion, förutsättningar och fördelar jämfört med annan mer resurskrävande teknik.

En annan informationsaspekt är att den djupgående kunskapen om tekniken ägs av ett fåtal personer (främst Jörgen Hanaeus och Ulf Pettersson samt ett mindre antal kommunanställda). Det är viktigt att deras kunskap tas till vara på ett bra sätt och att teknikkunskandet sprids till en större krets.

MÅL

Delprojektets mål har varit att sammanfatta det rådande kunskapsläget omkring fällningsdammar.

GENOMFÖRANDE

Delprojektet har genomförts genom att:

Upprätta en sammanfattande beskrivning av historiken bakom fällningsdammar i Sverige, Norden och internationellt samt det aktuella FoU-läget.

Tillgänglig litteratur, såväl svensk som internationell, har samlats in och gjorts tillgänglig via huvudprojektets projektportal. En litteraturförteckning medföljer som bilaga till denna rapport.

HISTORIK

Bakgrund

På 1970-talet ökade kraven på avloppsvattenrening i Sverige liksom i övriga Norden. Många stora verk byggdes; underhand med såväl mekanisk som biologisk och kemisk rening. I Sverige delades 50 % -iga (om alla delstegen ingick) statsbidrag för dessa investeringar ut via Naturvårdsverkets försorg. Verket hade därigenom stort inflytande på processvalen. Slamfrågan var ignorerad, underskattad vid denna tidpunkt både avseende svårigheter och kostnader. Kloreringsbassänger avslutade normalt de större verken.

Kraven ställdes främst på syreförbrukande substans och fosfor utgående från recipienterna.

När de större orternas problem fått lösningar vändes intresset mot de mindre. Då trestegsverken bedömdes framgångsrika, föreslogs i princip krympta versioner av dessa för de mindre orterna; tre- eller åtminstone tvåstegsverk (bio- alt kemisk rening). En intensiv marknadssatsning på paketverk blev följden. Aktörerna hade i regel ensidig kompetens: bra på maskiner eller pumpar eller byggnader eller toaletter eller biorotorer eller hygien för att ta några exempel. Marknaden sanerade sig själv under hand, vilket är förstaeligt.

Verken var initialt dyra och en god del av utrustningen importerades. De mindre orterna hade betydligt svårare att upprätthålla en ändamålsenlig verksdrift än de större. Viktiga skäl var tillsynstid (många små verk/maskinist), kompetens (kemi, mikrobiologi, reglerteknik), tillgång till reservdelar samt ringa utjämningsvolym vid ojämn belastning – de större orterna hade mestadels ett stabilare näringsflöde från befolkningen.

Det var rimligt att någon drog i nödbromsen och i Sverige kom signalerna från Norrland, främst inlandet. Höga kostnader, svåra flödestoppar (snösmältning, turism), klagande maskinister (svårt hålla börvärden och få hjälp vid problem) gjorde att alternativa utvägar söktes.

Det började med biodammar

Flera biodammar fanns och (finns) i regionen. Skälen var enkel och billig konstruktion samt god tillgång på yta, varför tekniken avancerade ända upp till Riksgränsen. Långt senare förstod man att drivkraften för dammarnas biologiska rening var den solstyrda produktionen av alger. Omöjlig under flera dm av is och snö, alltså. Naturvårdsverket ville alltså skrota dessa, som endast utgjorde sedimenteringsdammar, underhand med syrebrist, vintertid.

Den kemiska fällningen utvecklades under 70-talet i och med att den introducerats vid de större avloppsverken. Läget i Norrland var alltså att det fanns tillgång på ofunktionella avloppsdammar och en groende kunskap om kemisk fällning. Därmed fanns en potential för fällningsdammar.

Fällningsdammar

Var började man? Inte helt lätt att säga, men troligen var Finland de tidigaste. Redan 1975 görs en sammanställning av fällningsdammar (Vesi....). Tekniköverföringen Sverige-Finland var dålig på den här tiden; främst av språkskäl. Få svenskar, eller skandinaver klarar finska och i mitten av 70-talet var talförheten på engelska i allmänhet dålig bland ingenjörerna i branschen. Inte ens akademikerna var kunniga. Fortfarande är

överföringen inom VA-området begränsad och klart mindre än gentemot Norge och Danmark.

Rapporten från 1975 baseras inte på några mätningar av forskningskvalitet och variationerna i värden stora. Intressantast är nog de skilda dammformer som presenteras. Från traditionella kvadrater till mer dikesliknande strukturer.

Intresset för fällningsdammar förefaller ha minskat i Finland sedan dess – inte självklart varför – en tråd som kan vara intressant att nysta upp.

Sverige

I Sverige började arbetet med fällningsdammar i Jämtland och Härjedalen i mitten av 1970-talet, då man ville söka alternativ till paketverken, som bedömdes ofunktionella. En tunna med släckt kalk ställdes invid en av biodammarna i Lockne och en vattenslang fick brädda kalklösning över dammvallen. I Björnrike doserades aluminiumsulfat till biodammarna och prov togs med Länsstyrelsen Z och Härjedalens kommun som viktiga aktörer. Erik Marell, Staffan Holmgren och Ulf Pettersson från LSt och Bosse Magnusson från LSt Y medverkade aktivt, liksom Tore Kristoffersson och Christer Hedström från Härjedalens kommun. Anders Kers och Börje Lindgren från Örnsköldsviks kommun var tidiga deltagare också, liksom Jörgen Hanaeus, först i Viak och därefter vid Luleå tekniska universitet, som kom att sköta infogandet av tekniken i det akademiska samhället.

En viktig konstruktionsprincip bland de tidiga aktörerna var enkelhet. Svårigheterna med paketverken ledde till att komplicerad teknik undveks liksom att den biologiska reningstekniken vid den här tidpunkten bedömdes svåränvänd i ett kallt klimat. Några misslyckade försök med biorotorer i regionen förstärkte denna hållning. Optimering av processerna fick anstå och ev ofullkomligheter kompenserades genom en väl tilltagen areal.

Den första svenska datasammanställningen från fällningsdammar värd namnet var nog Staffan Holmgren och Lena Holmströms "Fällningsdammar i Jämtlands län" från 1979 och därefter Jörgen Hanaeus och Staffan Holmgrens "Erfarenheter av fällningsdammar" från 1982. De försök som presenterades här var över flera årstider och utan styrning av kemikaliedosering, bara för att demonstrera robustheten hos systemen och förse kritiska myndigheter (NV) med trovärdiga utsläppsdata. En av lärdomarna var här att inte försöka synkronisera inkommande och utgående prover eftersom det gick lång och svårkontrollerad tid mellan dessa.

Försök gjordes också att infiltrera vattnet på väg ut från fällningsdammar i Edsåsdalen genom dammväggen. Lärdom: Låt inte kalkfällt vatten utsättas för något som stör balansen, t ex fasta ytor (materialet i dammvallen). Det satte igen på mindre än en vecka.

Det var däremot uppmuntrande att se den påtagliga nedgången i utloppets fosforhalt vid fällningsstart i t ex Stugun. Det stärkte tron på tekniken.

Örnsköldsviks och Härjedalens kommuner var flitigast att tillämpa den nya tekniken. Härjedalen valde normalt att dosera fällningskemikalie efter den första dammen, vilket medgav att den dammen kunde nyttjas som magasin, med en vattenyta som anpassades till turist- och smältvattensäsong; dvs lägsta möjliga yta vid säsongstarten. Örnsköldsvik hade betydligt jämnare befolkning och flöde till sina dammsystem och valde därför att dosera kemikalie före dammarna. På så sätt kunde alla dammytor nyttjas för att sedimentera fällningen.

Släckt kalk och aluminiumsulfat användes; pH-styrning blev allt vanligare med tiden, liksom arbetet med att hålla pH-elektroder rena.

Dimensioneringsgrunderna diskuterades. 10m²/pe var en vanlig siffra från biodammsepok. Med ett tillkommande fällningssteg borde man kunna halvera detta, framlades som en rätt godtycklig åsikt; men 5 m²/pe gällde länge som dimensioneringspraxis. Mot bakgrund av synnerligen varierande uppehållstider i systemen var det en gångbar policy; det fanns marginal. Modernare arbete (Hede) har visat att 5 dygns (kontrollerad) uppehållstid verkar tillräcklig för att ta bort det mesta av partiklarna; ytterligare tid ger endast marginell förbättring. Om vi ansätter ett flöde av 250 l/pe,d och 5 m²/pe som tidigare samt 1 m dammdjup som varit legio från start (1-1,5m) svarar detta mot 20 dygns uppehållstid; rejäl marginal, alltså.

De hydraulikstudier som genomfördes under 80-talet visade dock på stora kortslutningsströmmar och en huvuddel av vattnet kunde lämna inom 10-15 % av den nominella uppehållstiden (V/Q). Nedtrappningen till uppehållstiden 5 dygn bör alltså genomföras via kontroll på verklig uppehållstid.

Vattendjupet verkar inte ha haft någon stor betydelse. En halvmeter is är dock vanlig i flera områden och slammet ska ha lagringsplats mellan tömningarna; något som är särskilt viktigt vid början av kalkfällningsdammar, där slamtillväxten är snabb. Överdrivet djup är knappast något plus, snarare kan det bli problem med syrsättningen i bottenregionen och anaerobi är ingen fördel vid våra låga vattentemperaturer.

Dubbelis är ett fenomen som kan drabba dammar såväl som sjöar. Den uppstår när vatten av något skäl, t ex smältning av nybildad is, kommer ovanpå den ursprungliga isen varefter detta vatten fryser ytligt. Det blir alltså en vattenspalt mellan islagren. Om isen tryckt ner skärmar kan kortslutning uppkomma genom att inkommande vatten söker sig in i den horisontella spalten i stället för under den ursprungliga isen och på det sättet kan skapa sig en betydligt kortare väg till utloppet (Funäsdalen).

De gamla biodammarna hade separata sommar- och vinterutlopp för att kompensera för isbildning. Det lägre liggande sommarutloppet konstruerades ofta med gjutjärnsventiler som med denna lågfrekventa användning något tiotal år senare gör ett sorgligt rostigt intryck och är tveksamt fungerande. Avstå eller gör en smartare konstruktion i t ex PVC.

Norge

I Norge uppstod ett intresse för fällningsdammar (fellingsdam) ungefär samtidigt som i Sverige. Hallvard Ödegaard beskrev pågående arbete och åtminstone tre dammar var i drift.

Konceptet föll i intresse, då recipientkunskapen ökade och man förstod att det normalt var kväve som begränsade biomassetillväxten i Atlanten. Det betydde att uppgraderingen av enkla norska anläggningar inriktades på s k nitrogenfjerning och då blev fällningsdammarerna med sitt fokus på fosforavskiljning mindre intressanta.

Internationellt

Biodammar är vanliga över större delen av världen, men fällningssteget är mycket ovanligt i anslutning. Fosforkravet är endast långsamt framväxande; separation av organiskt material plus allmän partikelavskiljning och hygieniska aspekter har styrt denna dammutveckling.

Vid MIT (Massachusetts Institute for Technology) i Boston uppstod ett intresse för ett förenklat fällningsförfarande under 1990-talet. Dåvarande professorn Donald Harleman kontaktade Jörgen Hanaeus via mail och ett samarbete påbörjades. Harleman letade enkel vattenförsörjnings- och avloppsteknik till utvecklingsländer och hade förstått att fällningen var en enkel och resurssnål möjlighet. Några av hans doktorander arbetade med fällning i sina hemländer och bl a kunde de visa att fällningen gav bättre resultat än

luftning av dammar som var alternativet i en stad utanför Sao Paulo, Brasilien tillsammans med svenska examensarbetare från Luleå (Karin Reinosdotter, Linda Sjöbohm). Med i det projektet var även vattenlabchefen vid MIT, dr Susan Murcott. Arbete pågick även i Mexico.

Harleman menade även att fällningen kunde vara ett storstadsalternativ och försvarade i offentlig debatt denna teknik. CEPT, Chemically Enhanced Primary Treatment kom den att heta, vilket på svenska motsvarar direktfällning, till vilken ju även fällningsdammarna får räknas. CEPT fick alltså två spår; ett enklare, i mindre skala och mer liknande den nordiska tillämpningen samt en riktig storskalig version, bl a världens femte största avloppsverk i Hongkong.

De stora verken använder alltså direktfällning i betongbassänger och dimensioneringen följer den för dessa traditionella, säg en ytbelastning av 2 m/h. Omräknat till en jämförelse med fällningsdammar blir det $(250 \text{ l/pe, } d) : 0,25 \text{ m}^3/\text{pe}/2 * 24 \text{ m}^3/\text{m}^2, d = 0,005 \text{ m}^2/\text{pe}$ att jämföras med nuvarande (5d uppehållstid) $0,25 \text{ m}^3/\text{pe, } d * 5d = 1,25 \text{ m}^3/\text{pe}$, som vid dammdjupet 1 m blir $1,25 \text{ m}^2/\text{pe}$. Det skiljer alltså en faktor 250 mellan direktfällningen och fällningsdammen.

Och en faktor 1000 om man jämför det gamla dimensioneringstalet för fällningsdammar, $5 \text{ m}^2/\text{pe}$.

Jämförelsen haltar lite beroende på att direktfällningen vid de stora verken har en process för flockupbyggnad och dessutom doserar polymer till sina metallsalter (järn, aluminium). Och bassänghydrauliken är säkert bra. Men fällningsdammen känns ändå inte särskilt pressad.

Don Harleman dog 2005 och därigenom saktade CEPT-arbetet av. Han efterträddes som professor av nämnda Susan Murcott, som också har intresse för dammar, men som numera huvudsakligen fokuserar på praktisk vattenförsörjning i Afrika (i Ghana med 10 doktorander f n).

Hon berättar nu att MIT- doktorander har arbetat med fällningsdammar i Brasilien och Honduras (ibland fällning i större slamavskiljare) med rapportering från ca 2009, liksom att arbete pågick i Kina, som hon besökte 2007. Någon info på engelska därifrån finns dock inte.

Till Honduras åkte tre doktorander som inventerade anläggningsstatus och arbetade med CEPT, särskilt flödesbild i dammarna och slamnyttjande.

FRAMTIDEN

FoU idag

Så vitt känt finns ett fåtal fällningsdammar spridda utanför Norden och så mycket draghjälp i utvecklingen därifrån är inte att förvänta. De syd- och mellanamerikanska dammarnas förutsättningar skiljer sig förstås mycket från de nordiska. En utveckling i Kina kan vara mer överförbar och det är motiverat att följa vad som händer där.

Järven AB (Göran Nordin) arbetar med introduktion av skärmförsedda fällningsdammar i Kina (och Indien) och en avstämning med dem då och då kan vara intressant.

I övrigt gäller det att snappa upp så mycket som möjligt av kringliggande avloppsteknik. I Sverige är ju stora frågor bl a separation av läkemedelsrester, kvävereduktion (anammox mm), slambehandling (biogas, energiöverskott, konvertering till växtbiomassa). Visst

arbete pågår inom algodling och kan ge inspiration till nyttiggörande sommartid i dammarna (biodammskonceptet).

Utvecklingsfrågor

Då Nordsverige alltjämt är största intressent för fällningsdammar i den mindre skalan, blir det logiskt att initiativ kommer härifrån när det gäller att presentera kunskap om tekniken. Teknikens trovärdighet bottnar förstås mycket i detaljkunskap och förståelse för dammarnas funktion.

Ännu finns många biodammar igång i Sverige och potentialen att bygga ut dessa till fällningsdammar kan motivera samarbetsprojekt.

CEPT-arbetet vid de stora verken utomlands kommer att ge erfarenheter om själva fällningssteget, polymerval mm. Då vi arbetat med avloppsfällning i närmare 50 år i Sverige och legat långt framme internationellt, ska vi inte förvänta oss så mycket användbar erfarenhet därifrån.

Dammarna kan utvecklas internt, inom givna dammsystem inkluderande drift och underhåll, men externa tillskott är också fullt möjliga; t ex poleringssteg.

Systeminternt

Dammarna kritiseras för måttlig funktion avseende separation av organiskt material och kväve. Vad finns för frågor att arbeta med här?

Damm 2 i Bruksvallarna, den första efter Al-dosering (damm 1 är magasin/försedimentering) visade såväl i studien 1990 som 2008 en andel organiskt material i slammets torrsubstans om nära 50%. Mycket stabilt med djupet (tiden). Och detta efter en försedimenteringsdamm. Gällande tes är att organiskt material vid fällningen avskiljs i partikelform, och då borde huvuddelen redan sedimenterat i damm 1.

Liknande värden återfanns i Hedeslammet 2008, men i övrigt var det oregelbundet i de dammar som undersöktes då. Är slammet t o m rötbart? Är försedimenteringens funktion viktig? Olika? Bryts slammet ner i förstadammen men inte i andra?

Kväve? Låga halter har uppmätts sommartid, < 10 mg N/l. Orsakerna kan vara flera. I samband med algbildningen soliga dagar stiger pH till nivån 10, vilket möjliggör ammoniakavdrivning (pK = 9,15). Samtidigt råder syreövermättnad (stor fasyta?) i ytskikten då, vilket talar emot höga ammoniakhalter där.

Nitrifikation och denitrifikation är möjlig också, särskilt då temperaturen >10°C.

Algbildningen kan antas omfatta några dm djup under sommaren. Är det intressant att driva t ex en sistadamm med låg vattennivå, säg 0,5m, sommartid. Är alger (Chlorella) en önskvärd produkt (form av organiskt material)? Den frågan har sysselsatt biodammsforskare i många år, med osäkert svar.

På algodlingsfronten försiggår en hel del forskning, mycket beroende på dess stora potential som näringskälla.

Status vad gäller patogena bakterier i dammar med neutralt pH bör fastställas. Idag pekar den lilla datamängd som finns mot att kortslutningsströmmarna är viktiga. God hydraulik = låga halter (ex Hede). Dålig hydraulik = höga halter (ex Billsta). Men, få värden och osäkra slutsatser, som sagt. Då detta kan vara en verklig styrka hos fällningsdammarna bör det verifieras. Kalkfällningsdammar med pH 11 behöver knappast mer dokumentation i detta avseende, det är en av de bästa desinfektionsmetoder för avloppsvatten som finns.

Det estetiska intrycket av dammarna är en potential som bör tillvaratas. En ren vattenspegel genom god förbehandling är viktig och vid nyanläggning kan man tänka på att dammarna kan göras i varierande former.

Vad gäller drift och underhåll är slamupptaget en självklar högsta prioritet för fällningsdammarnas trovärdighet. Utrustningen behöver inte vara exakt densamma som vid kompakta verk; en enkel båt och tillgång till ett slamlod är värdefulla komponenter, t ex. Tillgång till en turbiditetsmätare gör arbetet mer spännande.

Externt

Som tillägg till dammarna kan tänkas, t ex infiltration, våtmark eller odlingsytor. Strandinfiltration tillämpas vid Björnrikedammarnas utlopp i Veman.

Odlingsytor kräver stor magasinsvolym i norra Sverige för att vara en året runt-lösning på grund av kort växtperiod, ex barrskogsbevattning i Klöverträsk. Kanske infiltration vintertid plus växtbevattning sommartid kan fungera för att minska utsläpp av organiskt material och kväve?

Ringar på vattnet

Ett försök att intressera baltländerna för tekniken kan vara ett utvecklingsled av intresse. EU/Vinnova?

TILLGÄNGLIG LITTERATUR

I litteraturförteckningen, bilaga 1, redovisas tillgänglig litteratur som omfattar ca 40 objekt. Litteraturen finns tillgänglig i digital form för projektets deltagare via projektets projektportal.

Litteraturen har delats in i fyra kategorier:

- * [A] Tidig fällningsdammslitteratur, ca 1970-tal, 1980-tal
- * [B] Direktfällningslitteratur, ofta utgående från CEPT-konceptet (Chemically Enhanced Primary Treatment). Har sin bas i MIT, Boston och behandlar stora fällningsverk med gjutna bassänger [B1] eller enklare fällningsdammsystem [B2]. Från 1995 och framåt.
- * [C] Modern fällningsdammslitteratur, från 1990 och framåt.
- * [D] Kompletterande litteratur, närliggande och av intresse gällande fällningsdammar.

Jörgen Hanaeus

Delprojektledare

Bilaga 1 Litteraturförteckning

Litteraturen delas in i 4 grupper:

- * [A] Tidig fällningsdammlitteratur, ca 1970-tal, 1980-tal
 - * [B] Direktfällningslitteratur, ofta utgående från CEPT- konceptet (Chemically Enhanced Primary Treatment). Har sin bas i MIT, Boston och behandlar stora fällningsverk med gjutna bassänger [B1] eller enklare fällningsdammsystem [B2]. Från 1995 och framåt.
 - * [C] Modern fällningsdammlitteratur, från 1990 och framåt.
 - * [D] Kompletterande litteratur, närliggande och av intresse gällande fällningsdammar.
-

1. Al-Alm Rashed, I.G., El-Morsy, A. & Ayoub, M. (2013) "A new approach for upgrading of sewage treatment plants to accommodate excess organic and hydraulic loads". *Journal of Water Sustainability* 3 (3), pp 153-163.[B1]
/Direktfällningsförsök i fullskala (stort avloppsverk i Egypten) för att uppgradera befintliga aktivslamverk./
2. Arcadis Inc. (2013) "Chemically Enhanced Primary Treatment (CEPT) evaluation. PM April 2013. [B1]
/Diskussion om direktfällning som metod i staden Davis (California, 65 000 inv). Koagulant, polymer och slamproduktion diskuteras./
3. Balmér, P. & Vik, B (1978) "Domestic wastewater treatment with oxidation ponds in combination with chemical precipitation." *Progr Wat. Tech. Vol 10, No 5-6, pp 867-880. [A] /En tidig fällningsdammsstudie (NIVA) med pilotförsök i bassänger inkluderade/*
4. Berg, Ingemar (2014) "Rening av avloppsvatten i Härjedalens kommun". Examensarbete vid Ekoingenjörsprogrammet, Mittuniversitetet Östersund . 35 s
/[C] /En översiktlig studie av sju dammar i Härjedalen. Slamproduktion och kemikalieval diskuteras/

5. Bourke Jr (2000) "Full scale study of Chemically Enhanced Primary Treatment in Riviera de Sao Lourenco, Brazil." Master of Engineering Thesis, Dep of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA. [B2]/*Examensarbete med fullskaleförsök med uppgradering av större bassängssystem, ca 30 000 m³/d, Brasilien. Skandinavisk in-pond-dosering diskuteras. Bra bilder./*
6. 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. [B2] /*Bra förarbete till Bourkes fullskaleförsök ovan. Skandinaviska erfarenheter diskuteras./*
7. Camargo Valero, M.; Johnson, M.; Mather, T. & Mara, D. (2007) "Enhanced phosphorus removal in a waste stabilization pond system with blast furnace slag filters". 2nd International Conference SmallWat07, November 2007, Seville, Spain. [D] /*Polering av behandlat vatten i slaggfilter. Främst P-reduktion, någon bra bild./*
8. 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.*[C] /*Turbiditetsloggning av stora kalkfällningsdammen i Tännaldalen. Visar bl a att en ökning av sedimenteringsytan inte skulle förbättra här./*
9. Eriksson, Leif (1996) "Enkel och småskalig reningsteknik i Örebro". *Cirkulation Nr 2 1996, s 11.* [C] /*Liten notis om uppgradering till fällningsdammar i Örebro kommun./*
10. Fries, J. & Nyberg, B. (2003) "Avloppsanläggning Vika Strand, Falu Energi & Vatten". Komplettering till anmälan enligt Miljöbalken, Sweco VIAK AB, september 2003. [C] /*Anläggningen är ett första försök att medvetet utnyttja fällningsdammens biodammspotential och även ta till vara närsalter sommartid./*
11. Gerke, Volker (1995) "Investigations at the fällingsdam in Brändön". Projekt rapport, avd för VA-teknik, Tekniska Högskolan i Luleå augusti 1995. [C] /*En detaljerad genomgång av en mindre fällningsdamm (70 m³/d) med hög alkalinitet. Ekoflock./*
12. Graham, H. & Hunsinger, R. (1971) "Phosphorus removal in seasonal retention lagoons by batch chemical precipitation". Research program for the abatement of municipal pollution within the provisions of the Canada-Ontario agreement on Great Lakes water quality. Project 71-1 Environment Canada, Ottawa Ontario. [A] /*Det kanadensiska sättet att arbeta med fällningsdammar: Magasinering och satsvis fällning. Ambitiös, tidig studie i arbetet med att skydda "The Great Lakes" i Nordamerika./*

13. Grönlund, E., Hanaeus, J., Johansson, E. & Falk, S. (2010) ”Performance of an experimental wastewater treatment High-rate algal pond in subarctic climate”. *Water Environment Research Vol 82, No 9, 830-839*. [D] /*Algodlingsförsök sommartid med grovrenat avloppsvatten i pilotkanal vid fällningsdammen i Orrviken/*
14. Gästrike Vatten (2012). Miljöredovisning för Gammalfäbodarna, Ockelbo kommun. [C] /*Tre års driftdata samt resultat för 2012. Ekoflock, 2-damms./*
15. Hagen, Terje (1989) ”Erfaringer med VAR-anlegg i hytteområder i Trysil kommune”. *VANN 3, pp 413-415*. [A] /*Kort notis om goda erfarenheter med en kalkfällningsdamm i turistområde/*
16. Hanaeus, Jörgen & Holmgren, Staffan (1982) ”Erfarenheter av fällningsdammar”. VIAK AB, Sollefteå. [A] /*En första sammanställning av de tidiga doseringsperioderna i dammar inkl lite teoribakgrund/*
17. Hanaeus, Jörgen (1991) Wastewater treatment by chemical precipitation in ponds. Doktorsavhandling 1991:095 D, Luleå University of Technology. [C] /*Första avhandlingen (i världen) om fällningsdammar; bl a hydraulikens betydelse, slamackumulering och overall-resultat./*
18. Hanaeus, Jörgen (1997) ”Avloppsanläggningar i Torestorp och Öxabäck, Marks kommun”. Rapport, Ideva processteknik juni 1997, 8s. [C] /*Två mindre kalkfällningsdammar undersöks rätt detaljerat under somrardagar med avseende på pH, syrehalt, org mtrl och P./*
19. Hanaeus, Jörgen (2008) ”Framtida fällningsdammar”. Projektansökan till Svenskt vatten Utveckling, juni 2008, 3s. [C] /*Någon sida som visar startläget inför arbetet till Svenskt Vatten-rapporten inför 2009. Härjedalen är aktiva./*
20. Hanaeus, Jörgen (2014) ”Utveckling av fällningsdammskonceptet. Vilka steg har tagits och vad kan anas i horisonten”. Historik med FoU-aspekter, januari 2014. [C] /*Historik och idéer för framtiden med fällningsdammar. Del av Projekt 1./*
21. Hanaeus, Jörgen; Hanaeus, Åsa & Zhang, Wen (2009) ”Fällningsdammar – nuläge och framtid”. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2009-16. [C] /*Relativt färsk och bred nulägesrapport om fällningsdammar. Den som vill sätta sig in i området via bara en rapport, ska välja denna./*

22. 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.[B1, B2]. /*Jämförelse av direktfällning med traditionella reningsmetoder. Kostnadsaspekter med USA-utgångspunkt.*/
23. Harleman, D. & Murcott, S. (2001) "An Introduction to Chemically Enhanced Primary Treatment". (Includes a debate about the article). *Water 21, June 2001*. [B1]/*Beskrivning av direktfällning och dess potential. Intressant debatt, där systemförsvararna är negativa till den enkla tekniken.*/
24. Holmgren, Staffan & Holmström, Lena (1979) "Fällningsdammar i Jämtlands län". Länsstyrelsen Z, rapport A 6. [A] /*Mycket tidig resultatsammanställning av fältförsök i dammarna i Lockne och Björnrike*/
25. Härjedalens kommun (2008) "Kostnadsjämförelse mellan kommunens avloppsreningsverk med naturnära reningsmetoder och jämförbara konventionella reningsverk".[C] /*Sammanställning av 2007 års byggkostnader och driftkostnader för naturnära metoder jämfört med kalkylerade kostnader för konventionella verk. 1 s.*/
26. Johansson, Erica; Grönlund, Erik & Hanaeus, Jörgen (2005) "Fällningsdamm och biodamm – fällningsdammar med avstängd dosering sommartid". VA-forsk rapport 2005-18.[C]/*Two sommars försök med doseringsavstängning för dammarna i Lockne och Orrviken. Ovanligt blöt resp torr sommar försvårar tolkningen*/
27. Järven Ecotech (2010). Fällningsdamm med flytväggar från Järven Ecotech (Broschyr, 2s) [C] /*Alternativet till att bygga dammvallar beskrivs. Även potential för användning i sjöar och gruvdammar.*/
28. Muotka, Britt (1984) "Fällningsdammar – en fältstudie av tre avloppsanläggningar i Örnsköldsviks kommun". Examensarbete 1984:032 E vid institutionen för Samhällsbyggnadsteknik, Högskolan i Luleå. [A] /*Bredbyn, Mellansel och Skorped..Lärorik hydraulikstudie i Skorped.*/
29. Myers, Jerry; Christensen, Mike; Bleth, Joel & Tormaschy, Willy (2004) "Evaluation of phosphorus reduction in wastewater ponds by injecting aluminium sulphate into a high flow solar powered circulator". Report, Solarbee Pump Systems inc. February 2004. [D]/*En teknik med stor omrörare centralt i damm där Al doseras för att reducera P. Omröraren är solcellsdriven, och den idén motiverar platsen i denna litteraturförteckning.*/
30. Petersson, Emma (2011) Gemensamhetsanläggningar för VA i omvandlingsområden. Examensarbete SLU, Uppsala oktober 2011.[D]/*En mycket ambitiös och förhållandevis modern studie av alternativ för småskalig teknik. Fällningsdammar med urinsortering i fastigheterna faller väl ut. Klart läsvärd*/

31. Pettersson, Ulf (1993) Fällningsdammar. Erfarenheter och rekommendationer. Åtgärdsgrupp Nord och UP Miljökonsult HB./*En bra, tidigt tekniksummerande rapport.*/
32. Pettersson, Ulf (2012) ”Avloppsreningsanläggning i Björnrike, Härjedalens kommun. Periodisk besiktning september 2012.” Rapport UP Miljökonsult september 2012. 10s.[C] /*villkor för tillstånd mm*/
33. Prince, D.S., Smith, D.W., & Stanley, S. (1995) “ Intermittent-Discharge lagoons for use in cold regions”. *Journal of Cold Regions Engineering, Vol 9, No 4, 183-194.*[C] / *Funktion och resultat för satsvisa dammar I Kanada*/
34. Pycha, Charles & Lopez, Ernesto (2003) “Municipal wastewater lagoon Phosphorus removal”. Report USEPA, Technical Support, Section; Water Compliance Branch, Chicago.[C]/*En rapport om dammsystem i staten Maine, USA, I huvudsak satsvis dammdrift (magasinering-fällning).*/
35. Reinosdotter, Karin & Sjöbohm, Linda (2000) “ Wastewater treatment in Ponds – Brazil”. Master of Science Thesis, Luleå University of Technology, CIV 2000:242. [C] /*Fältförsök i Brasilien med jämförelse av fällningsdamm och luftad damm i fullskala. Ett samarbete mellan MIT och LTU. Även inventering av ett tiotal svenska fällningsdammar.*/
36. Strang, T. & Wareham, D. (2006) ”Phosphorus removal in a waste stabilization pond containing limestone rock filters”. *Journal of Environmental Engineering and Science, Vol 5, No. 6, 447-457.*[D].
/Ett kalkstensfilter sattes in mellan två biodammar i ett mindre dammsystem i Nya Zeeland. Ojämnt resultat/
37. Ödegaard, Hallvard (1978) ”Biodammer – Fremdeles et aktuelt alternativ for visse avløpssituasjoner.” *VANN 4, 297-310.* [A] /*Ett resonemang utgående från sin tids uppfattning om biodammar plus erfarenheter från ett par tidiga norska fällningsdammar.*/
38. Ödegaard, Hallvard, Balmér, Peter & Hanaeus, Jörgen (1987) ”Chemical precipitation in highly loaded stabilization ponds in cold climates: Scandinavian experiences”. *Water Science and Technology, 19,12, 71-77.*[A]. /*En beskrivning av skandinaviskt fällningsdammsvetande i slutet av 1980-talet. Dammarna presenterades internationellt; troligen för första gången.*/
39. Örnsköldsviks kommun (1991) ”Erfarenheter av fällningsdammar”. [C]/ *En trevlig presentationsbroschyr med enkla drifts- och kostnadsdata.*/
40. Örnsköldsviks kommun (1993). ”Sammanställning av avloppsreningsverken och vattenverken”. [C]