



**Examensarbeten inom Landskapsingenjörsprogrammet
2008:23**

Algblomning i dammar, i stad och på golfbanor.



Göran Hansson

LTJ fakulteten

SLU, Alnarp

ISSN 1651-8160

FÖRORD

Föreliggande arbete - ”Algblomning i dammar, i stad och på golfbanor ” är ett femton poängs examensarbete på C-nivå inom ämnet teknologi. Det ingår i det tredje årets studier på landskapsingenjörsprogrammet och har genomförts inom området landskapsplanering på LTJ-fakulteten, SLU Alnarp.Handledare för arbetet var Dr. Jesper Persson och examinator var Dr. Tobias Emilsson.

Jag vill skicka ett stort tack till alla er som jag hade möjligheten att få intervjua för att få höra era erfarenheter om problemen kring algblomning.

Jag vill även tacka er som har stöttat och hjälpt mig i arbetet med denna uppsats. I synnerhet vill jag tacka Ann-Charlotte Hjern och Anna-Carin Forsman som båda läste igenom arbetet och gav sina synpunkter.

Framförallt vill jag tacka min handledare Jesper Persson som har inspirerat och stöttat mig i arbetet med att framställa denna rapport.

Göran Hansson

SAMMANFATTNING

Att anlägga våtmarker och dagvattendammar inom urban miljö och golfbanor är i dag av stort intresse. Vid nyproduktion eller ombyggnation av bostadsområden finns det idag ett stort intresse att ta hand om dagvattnet lokalt (LOD). Dammar anläggs därför inom bostads- och industriområden för att fördröja flödet, d.v.s. att förhindra översvämningar och för att reducera mängden närsalter och tungmetaller. Dammarna på golfbanor byggs till stor del av spelstrategiska och estetiska orsaker, men till viss del även för att kunna användas som vattenreservoarer.

Vissa konstruktioner och förhållanden medför dock att algblomningen tidvis blir mycket omfattande, vilket innebär att dammarna förlorar en stor del av sin prydnad och ger ökade skötselkostnader. Detta gäller för dammar på golfbanor, såväl som inom den urbana miljön.

Anledningen till varför alger blommar kan bero på flera olika komplexa sammanhang i deras livsmiljö och är även avhängigt till vilken art den specifika algen tillhör. Algerna är nämligen anpassade till olika slags miljöer. En del trivs t.ex. i näringsfattiga vatten, men andra behöver näringsrika vatten för att utvecklas optimalt. Det är framförallt tillgången på kväve och fosfor som styr tillväxten av algblomning eftersom behovet av andra näringsämnen oftast är uppfyllt. Tillsammans med fosfor och kväve, är även vattnets pH och syrehalten i dammkroppen viktiga parametrar som påverkar algernas förmåga att blomma.

De viktigaste komponenterna för att minska risken för algblomning är att förhindra att näringsämnen når dammen och ackumuleras i vattnet, eller i sedimentet. Andra viktiga komponenter är att vattnet inte blir stillastående och syrefattigt, utan har en bra omsättning. Detta gäller i synnerhet i grunda dammar.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	
INLEDNING	1
Bakgrund	1
Syfte.....	1
Metod och material	1
Avgränsning	2
ALGER.....	3
Algers liv och leverne.....	3
Indelning och släkten.....	3
Algers ekologi och utbredning	4
VAD GYNNAR ALGTILLVÄXT?.....	7
Algblomning.....	7
Fosfor- och kvävebehov	7
Vattenkvalitet.....	9
pH-värdets inverkan på algblomning	10
REDUCERING AV ALGTILLVÄXT.....	12
Växter	12
Syresättning	14
pH-justering	15
Halm	16
Kemiska insatser.....	17
UV-ljus	18
Naturliga fiender.....	18
PRAKTISKA ERFARENHETER AV DAMMKONSTRUKTION OCH ALGPROBLEMATIK	21
Problemets storlek och karaktär	21
Dammar med algblomning	21
Dammar utan algblomning	22
Åtgärder för att minimera algtillväxt.....	23
Åtgärder i befintliga dammar	23
Åtgärder vid nyprojektering av dammar	24
DISKUSSION OCH SLUTSATS	26
KÄLLFÖRTECKNING	29
Litteratur	29
Muntliga källor	32
BILAGA 1 Intervjufrågor till respondenterna.....	33
BILAGA 2 Ordlista	34
BILAGA 3 Våtmarksväxter.....	35
BILAGA 4 Fotografier	36

INLEDNING

Bakgrund

Att anlägga våtmarker och dagvattendammar inom urban miljö och golfbanor är i dag av stort intresse. Vid nyproduktion eller ombyggnation av bostadsområden finns det idag ett stort intresse att ta hand om dagvattnet lokalt (LOD). Dammar anläggs därför inom bostads- och industriområden för att fördröja flödet, d.v.s. att förhindra översvämningar och för att reducera mängden närsalter och tungmetaller. De flesta av dessa anläggningar byggs dessutom för att ge ett estetiskt värde till den omgivande bebyggelsen. Vissa konstruktioner och förhållanden medför dock att algblomningen tidvis blir mycket omfattande vilket innebär att dammarna förlorar en stor del av sin prydnad och ger ökade skötselkostnader. Detta gäller för dammar på golfbanor såväl som inom den urbana miljön.

I samband med kursen ”Vattenbyggnad för urbana miljöer” inom landskapsingenjörsprogrammet behandlades frågor som rörde vad algblomning beror på och vilka metoder det finns för att förhindra och reducera uppkomsten av algblomning i anlagda vatten. Mitt intresse för problemet cementerades när jag insåg att det inte fanns någon samlad bild över problemets art och lämpliga åtgärder. Jag tror att det kan finnas ett stort intresse för landskapsingenjörer och andra yrkesgrupper som kommer i kontakt med vattenkonstruktioner, att få en inblick i algernas ekologi, hur de agerar i olika miljöer och hur man åtgärdar problemet.

Syfte

Syftet är att redogöra för algblomning i urbana och golfbane anknutna dammar och vilka metoder det finns för att reducera denna algblomning, samt vilka erfarenheter och lösningar på problemet som finns inom branschen.

Metod och material

En stor del av tiden för att genomföra detta arbete har lagts på att hitta och tillgodogöra sig relevant litteratur. I min litteratursökning har jag använt mig av internetbaserade bibliotekskataloger och databaser, tillgängliga via SLU-biblioteket, som ”Lukas”, ”Libris” och ”ISI Web of Knowledge”. En stor del av litteraturen kommer från Lunds Universitetsbibliotek (huvudbibliotek och biologibibliotek), men jag har även lånat böcker från KTH i Stockholm, Högskolebiblioteket i Jönköping och inte minst SLU´s bibliotek i Alnarp och Ultuna. ”ISI Web of Knowledge” har varit ett bra instrument och hjälpmedel för att söka och spara texter om alger, algblomning och algreducering. Jag har också använt mig av sökmotorn Google, vilket resulterade i ett par träffar på användbara källor. I mitt sökande av litteratur har jag även försökt använda mig av andra författares källhänvisningar. Tyvärr har jag trots det inte alla gånger lyckats hitta den specifika litteraturen eller författaren och därmed, till viss del, gått miste om viktig och relevant information inom ämnet. En del av min instuderingslitteratur har varit tillgänglig i det studiematerial som ställdes till förfogande i kursen ”Vattenbyggnad för urbana miljöer” och en del har jag införskaffat från bokhandel. Jag har även tacksamt

mottagit tillsänt material från Helsingborgs stad som har utfört undersökningar av plankton i våtmarker.

För att få information om branschens bild av algblomning och vilka metoder man använder sig av för att stävja problemet genomförde jag ett antal telefonintervjuer. Lämpligt urval av respondenter och intervjufrågor diskuterade och analyserade jag tillsammans med min handledare i början på processen. Personerna som är intervjuade har i sina respektive yrken erfarenheter av vattenanläggningar från olika miljöer, såsom bostadsområden, kyrkogårdar, golfbanor, privata trädgårdar och agrara områden.

Intervjuerna spelades in och lagrades på en dator med hjälp av ”Olympus Digital Wave Player”. Detta var ett mycket smidigt och lättanvänt system som gjorde det möjligt för mig att enkelt leta upp och lyssna av valfria partier i intervjuerna.

Jag har även gjort studiebesök vid ett flertal dammar för att skapa mig en bild av hur mycket alger det finns i dammen, i relation till hur den är konstruerad och i vilken miljö den är placerad.

Avgränsning

Arbetet fokuserar på generella faktorer och förhållanden i dammarna eller våtmarkerna som kan ligga till grund för algblomning och motsvarande åtgärder för att eliminera algblomning som estetiskt problem. Arbetet berör inte konkreta konstruktionsmetoder som t.ex. hur man använder olika bygg- och växtmaterial, eller andra tekniska lösningar, som i sig har reducerande inverkan på algblomningen.

ALGER

Algers liv och leverne.

Indelning och släkten

Organismer är av vetenskapen indelade i två klasser: Prokaryota, vilka saknar cellkärna och Eukaryota som har cellkärna. De är i sin tur uppdelade i olika rikena, se tabell 1 (Lindholm 1998:10).

Tabell 1. Organismernas indelning

Namn	Rike	Övrigt
PROKARYOTA (saknar cellkärna)		
Monera	bakteriernas rike	blågröna alger
– Archaeobacteria	ärkebakterier	
– Eubacteria	eubakterier	
EUKARYOTA (har cellkärna)		
Protista	protistriket	majoriteten
Fungi	svampriket	
Plantae	växtriket	(grönalger)
Animalia	djurriket	

Benämningen alg eller alger, skulle man kunna säga vara en taxonomisk avvikelse eftersom de ingår i flera av de organiska rikena som bebor vår planet. De olika arterna skiljer sig dessutom i storlek från mycket små grönalger till 30m långa brunalger även kända som kelp (Biology of plants, 2003:348).

De flesta algerna tillhör riket Protista, vilket fungerar som ett uppsamlingsrike för de encelliga organismerna som inte tydligt tillhör bakterie-, svamp-, växt-, eller djurriket (Biology of plants, 2003:348). Undantagna från den indelning är blågröna alger (cyanobakterier) som ingår i Monera och även grönalger (division: *Chlorophyta*) som av vissa forskare brukar hänföras till växtriket (*Plantae*) (Lindholm, 1998:10).

De organismer vi kallar alger är mycket gamla eller har mycket gammalt ursprung. Blågröna alger är förmodligen en av de äldsta organismerna som vi kan hitta på jorden med lämningar som är 3 500 miljoner år gamla (Lindholm, 1998:14). Enligt Jonsell (1980) fanns det trichala (trådlika), d.v.s. sammanhängande blågröna alger och encelliga eukaryota alger redan vid prekambrisk tid för 800-900 milj. år sedan. Flertalet av de divisioner av alger som vi kan se idag, fanns redan för ca 480 milj. år sedan (Jonsell, 1980:14).

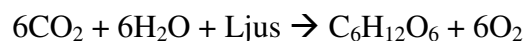
Alger delas in i olika divisioner (phyla), dit man även för cyanobakterier (*Cyanophyta*). Det finns en viss diskrepans mellan olika källor om vilka alger som tillhör vilka divisioner, men enligt Lindholm så finns det 11 divisioner av alger som kan betecknas som viktiga. För övrigt indelas alger på samma sätt som övrig biologi med: art, släkt, ordning, klass och division (Lindholm, 1998:10).

Algers ekologi och utbredning

Alger finns i princip överallt där det finns tillgång till ljus och vatten. De flesta arterna lever i hav och sjöar, men en del är även knutna till land (Lindholm, 1998:15).

Som växtplankton är alger viktiga för den globala koldioxidcykeln. Genom sin fotosyntes, som för övrigt är hälften av jordens totala (Bra Böckers Lexikon 2000, 1997) så omvandlar de koldioxid (CO₂) som är en växthusgas till kolhydrater och vidare till kalciumkarbonat CaCO₃, vilket de till viss del är uppbyggda av. En stor del av dessa kalciumkarbonater hamnar så småningom på havsbotten och sedimenteras till kalksten (Biology of plants, 2003:350).

Som i alla andra växters fotosyntes omsätter algerna koldioxid och vatten med tillskott av energi (solljus) till socker och syre (Brönmark och Hansson, 1998:23).



Sötvattentalgernas och cyanobakteriernas betecknande klorofyll är klorofyll *a*, som därför ofta används för att mäta hur stor biomassan av alger är i ett vatten (Brönmark och Hansson, 1998:23). Alla växtalger är inte enbart fotosyntetiska utan det finns även de som livnär sig på andra plankton och bakterier (Lindholm, 1998:19, Brönmark och Hansson, 1988:66).

Flera eukaryota alger är tillsammans med cyanobakterier viktiga för den marina och limniska (sötvatten) miljön. Små alger och cyanobakterier är även mycket viktiga för hela jordens ekosystem. Samlade under benämningen växtplankton utgör de basen i de akvatiska näringskedjorna. I sötvatten anges de viktigaste arterna vara: guldalger, kiselalger, grönalger och dinoflagellater (Biology of plants, 2003:349). Dessa nämnda och några till har även allt som oftast förmågan, vid rätt förhållanden, att blomma (Willén, 1981:346). Ovanför växtplankton i näringskedjan, befinner sig ett flertal djurplanktonarter och kräftdjur som är viktiga predatorer på alger (Brönmark och Hansson, 1998:145).

Alger finns följaktligen både i oligotrofa och eutrofa limniska vattensystem. De oligotrofa sjöarna ställer större krav på algernas förmåga att överleva. Det är bristen på fosfat och kväve som reducerar algernas möjlighet till tillväxt. Trots det, eller tack vare, så är artrikedomen av alger stor i dessa sjöar. De alger som påträffas i oligotrofa sjöar finns för det mesta även i mesotrofa sjöar. Är förhållandena de rätta kan det även i oligotrofa sjöar uppstå algblomning, framförallt då av cyanobakterier tillhörande släktet *Anabaena* (Lindholm, 1998:49).

I eutrofa sjöar är algerna mer dominerande både i antal och i artrikedomen. Det finns oftast både gott om kväve och fosfor, men det kan uppstå en ”relativ” näringsbrist när kväve/fosfor kvoten inte är i balans (Lindholm, 1998:50).

Blågrönalger, cyanobakterier (Cyanophyta)

Blågröna alger, eller som de även kallas cyanobakterier, skiljer sig från andra alger genom att de är prokaryota och saknar därmed cellkärna. Cyanobakterierna anses vara en av de första organismerna på jorden. De har en lång och intressant historia då de har haft en stor betydelse för livets utveckling och uppkomst på vår planet. Det finns spår av cyanobakterier som är 3500 miljoner år gamla. Man tror att cyanobakterierna var bland de första organismerna som använde sig av fotosyntes och därför en av de första som började producera syre (Lindholm, 1998:13). Cyanobakterier har under sin långa utvecklingstid anpassat sig till flera olika sorters krav och miljöer. De kan överleva i de mest skiftande förhållanden som t.ex. på botten av kalla issjöar på Antarktis, vid varma källor, i ljusfattiga miljöer som grottor och i anaeroba svavelrika miljöer. De flesta cyanobakterierna är limniska, men en del arter lever i havs eller brackvatten. En del släkten är terrestra varav några lever i symbios med svamporganismer i lavar (Willén, 2001:13).



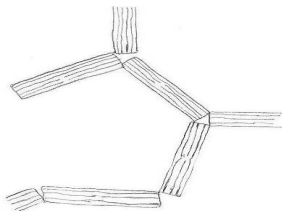
Figur 1. Anabaena solitaria med kväveupptagande heterocyst, (ofylld cirkel). (Efter Sandhall, 2001).

En annan överlevnadsstrategi som vissa cyanobakterier har, är att de vid brist på lösta näringsämnen kan fixera kväve från atmosfärens kvävgas och konvertera detta till ammonium, vilket då blir tillgängligt för biologisk nedbrytning. Detta sker i synnerhet i syrefattiga miljöer eftersom enzymet som utför processen är känsligt för syre (Willén, 2001:14). De har även förmågan att kunna lagra fosfor i flera veckor, vilket är en förklaring till att de kan blomma intensivt på sommaren när tillgången på fosfor är låg p.g.a. konkurrens från andra växter (Willén, 1981:352).

Cyanobakterier finns i flera olika livsformer, från små runda planktiska, till trådformiga och fastsittande (Willén, 2001:14). Det är hos de trådformiga arterna som förmågan finns att ta upp kväve från atmosfären, se figur 1 (Brönmark och Hansson, 1998:64). De är mycket vanliga i näringsrika dammar, vilka kan domineras av olika cyanosläkten (Lindholm, 1998:53). Generellt är det cyanobakterier som vanligen blommar i våra vatten och då i synnerhet på sommaren när vattnet är varmt (Willén, 1981:349).

Kiselalger (Bacillariophyceae)

Kiselalger, se figur 2, är som namnet antyder uppbyggda av kisel. De innehåller inte speciellt mycket klorofyll, vilket gör att de får en något brunare färg än andra alger (Sandhall, 2001:11). De är ofta dominerande vid högt pH och trivs både i eutrofa och oligotrofa vatten (Brönmark och Hansson, 1998:65). Det som är avgörande för deras mångfald är till stor del tillgången till kisel (Willén, 1981:351). De har inga stora krav på ljusstillgången och vill inte heller ha det för varmt för att trivas (Sandhall, 2001:8). De är vanligast på våren och sensommaren till hösten (Lindholm, 1998:50). Ökar näringshalten blir de oftast utkonkurrerade av cyanobakterier (Willén, 1981:351, Willén, Willén, & Ahlgren, 1995:50).



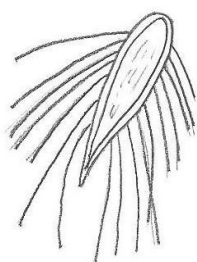
Figur 2. Tabellaria fenestrata. (Efter Sandhall, 2001).

Dinoflagellater (*Dinophyta*)

Dinoflagellater är framförallt marina till sin utbredning, men flera arter finns även i sjöar och dammar. I synnerhet en art *Ceratium hirundinella* är vanlig i näringsrika sjöar (Lindholm, 1998:50). Deras särdrag är att de är beklädda med ett kraftigt pansar av cellulosa, (Sandhall, 2001:10) som utmärker sig speciellt hos en av sötvatten arterna som ser ut som ett litet eiffeltorn i formen, se figur 3 (Lindholm, 1998:34).



Figur 3. *Ceratium hirundinella*.
(Efter Sandhall, 2001).



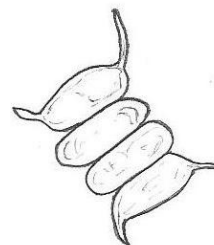
Figur 4. *Mallemonas caudata*.
(Efter Sandhall, 2001).

Guldalger (*Chrysophyceae*)

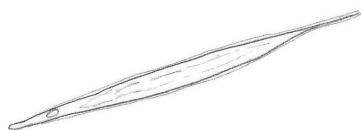
Guldalger lever oftast i sötvatten och finns både i sjöar och dammar. I vissa lokaler kan de bli dominerande under våren (Lindholm, 1998:50) och avger då en för klassen karakteristisk fisklukt (Lindholm, 1998:30). Flertalet arter trivs också bäst med förhållanden som innebär starkt solljus och lägre temperaturer, se figur 4 (Sandhall, 2001:8).

Grönalger (*Chlorophyta*)

Som tidigare sagts har grönalger vissa likheter med växter, i synnerhet då med mossorna (Lindholm, 1998:31). Det är även den alg som är rent grön i färgen och har den största artrikedomen i sötvatten (Sandhall, 2001:12). De kan förekomma rikligt i vissa sjöar sommartid och man kan se dem i övergödda dammar som en bubblande grön filt på ytan (Lindholm, 1998:53). En del grönalg arter bildar även stora algmattor på sjö eller dammbottnar. Blir botten täckt, uppstår det syrebrist, vilket dels skapar livsfarligt svavelväte och dels löser fosfor från sedimentet, se figur 5 (Lindholm, 1998:69).



Figur 5. *Scenedesmus quadricauda*. (Efter Sandhall, 2001).



Figur 6. *Euglena acus* med ögonfläck. (Efter Sandhall 2001).

Euglenor (Ögondjur) (*Euglenophyta*)

Eugleoner finns vanligast i små mycket näringsrika vatten (Sandhall, 2001:11) och kan bilda algblomning på stillastående vattenytor (Lindholm, 1998:31). Många av dem livnär sig till viss del på också på bakterier och är därmed även heterofyter, se figur 6 (Brönmark och Hansson, 1998:66).

VAD GYNNAR ALGTILLVÄXT?

Algblomning

Algblomning är inte ett nytt fenomen utan det har troligen alltid funnits. Förmodligen är några av världens kalkstensklippor och även oljefyndigheter lämningar efter algblomning (Biology of plants, 2003:350). Den ökning av algblomning vi ser idag beror på ökad nedsmutsning, men den finns även i relativt opåverkade vatten (Willén, 1981:345).

De viktigaste parametrarna för att algblomning skall uppstå är temperatur, ljus och tillgången till olika näringsämnen (Sandhall, 2001:8). Algblomning kan uppstå under hela året och i alla sorters vatten. Hur länge en pågående algblomning varar skiftar från gång till gång och är helt beroende på hur kraven är uppfyllda (Aneer, 1996:12). Vilka krav som behöver bli tillgodosedda för att algblomning ska uppstå, skiljer mellan de olika divisionerna. Blågröna alger och grönalger trivs bäst i varma vatten med höga närsalter medan kiselalger och guldalger trivs i svalare vatten (Sandhall, 2001:8), men det finns även skillnader inom divisionerna, eftersom blågröna alger av släktet *Anabaena* kan blomma i näringsfattiga vatten (Lindholm, 1998:49).

Generellt är det blågröna alger, kiselalger och dinoflagellater som oftast ger upphov till vattenblomning (Willén, 1981:345) och bland dem är det blågröna algerna som blommar vanligast i våra vatten. Detta beror på att de med sin anpassningsförmåga konkurrerar ut andra arter, framförallt då dinoflagellater och kiselalger (Willén, 1981:349). En viktig fördel som vissa blågröna alger har är förmågan att kunna röra sig vertikalt i vattnet. Det gör de genom att utnyttja sina gasvakuoler (gasblåsor) och med dem förflytta sig till en för varje tillfälle lämplig livsmiljö (Willén, 1981:354).

Willén har tagit fram ett gränsvärde för när algblomningen kan anses vara estetiskt diskvalificerande. Willén (2001) visar att det finns ett förhållande mellan totalfosforhalten (TP), totalvolym växtplankton och hur stora klagomålen på algblomningen är. Willén (2001) har funnit att vid en biomassa vid 5mg l^{-1} börjar klagomålen komma och vid 10mg l^{-1} uppfattas algerna som mycket störande. Dessa siffror korrelerar med en totalfosforhalt på $40\text{-}50\mu\text{g l}^{-1}$ respektive $100\mu\text{g l}^{-1}$ (Willén, 2001:18).

Fosfor- och kvävebehov

Fosfor är viktigt för alla levande organismer. Det används bl.a. för att lagra genetisk information och hjälper till att transportera energi inom cellerna. Kvävet i sin tur är en viktig beståndsdel i aminosyror och protein (Brönmark och Hansson, 1998:30).

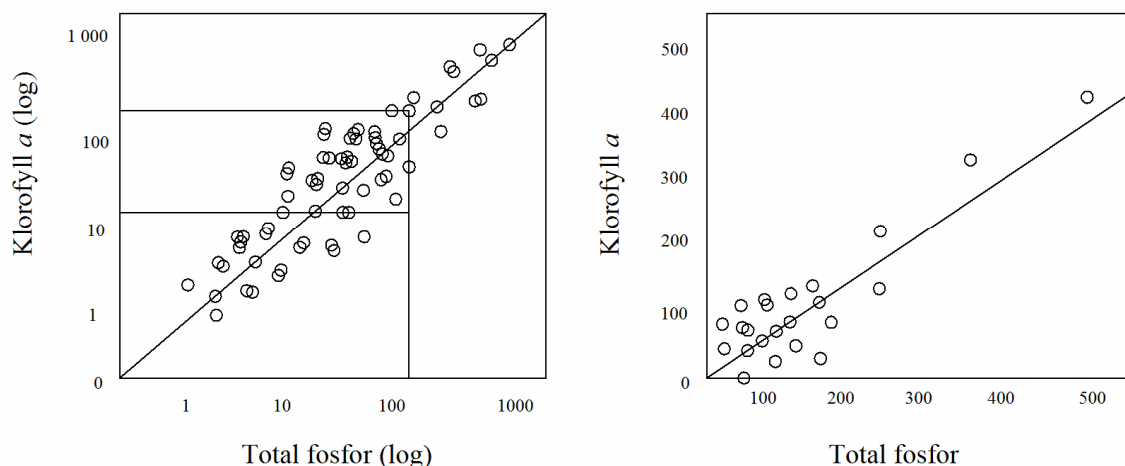
Tillgången till fosfor och kväve styr tillväxten av algpopulationen och ligger till grund för eventuell algblomning. Detta faktum beror på att det oftast finns gott om andra näringsämnen, vilket gör att mängderna fosfor och kväve blir avgörande (Brönmark och Hansson, 1998:29). I havet är det oftast tillgången till kväve som är avgörande, medan det i sötvatten är tillgången till fosfor som är avgörande för hur omfattande algblomningen blir. Ett undantag är vid mycket förorenade sjöar där fosforhalten kan bli mycket hög och det istället blir brist på kväve (Hagberg, Krook & Reuterschöld, et al. u.å.).

I synnerhet är det stor konkurrens om fosfor i form av fosfat (PO_4^{3-}). Enligt Brönmark och Hansson (1998) upptas fosfater snabbt av alger och andra mikroorganismer. Det visade sig i en undersökning att 50 % av tillfört fosfat var inkorporerat i biomassan redan 30 sekunder efter det blivit tillgängligt (Brönmark och Hansson 1998:34).

Det råder en form av optimal balans mellan tillgången på fosfor och kväve för vissa alger. Enligt Brönmark och Hansson (1998) finns det en kvot mellan kol, kväve och fosfor som anger hur stor del snabbväxande alger behöver utav varje ämne (i färskvatten miljö). Proportionerna de anger är 106C/16N/1P (Brönmark och Hansson, 1998:34). Det är också mängden totalfosfor i en sjö som anger om den är oligotrof eller eutrof. Mängden totalfosfor för oligotrofa sjöar anges vara $5\text{-}10\mu\text{g l}^{-1}$, för mesotrofa sjöar $10\text{-}30\mu\text{g l}^{-1}$ och för eutrofa sjöar är mängden totalfosfor $30\text{-}100\mu\text{g l}^{-1}$ (Brönmark och Hansson, 1998:30).

Tillgången till fosfor kan förändra sig ganska radikalt på grund av något som kallas för intern gödsling. Orsaken till denna är att fosfor som ligger bundet i bottensedimentet lösgörs p.g.a. att det genom övergödning uppstår syrebrist på botten. Den ökade fosforhalten i vattnet, gynnar blågröna alger som kan ta upp mer kväve från atmosfären, vilket spår på övergödningen (Hagberg, Krook & Reuterschöld, et al. u.å:51).

Att halten av fosfor inte alltid är helt avgörande för mängden alger, visar Brönmark och Hansson (1998). De redogör för en undersökning där förhållandet mellan halten totalfosfor och algrelaterad biomassa (klorofyll a) i sjöar inte är fullständigt linjärt. (Trots att trenden är tydlig, min anm.) Genom att presentera siffrorna i en logaritmisk skala åskådliggörs att massan av klorofyll a kan variera mellan 15 och $280\mu\text{g l}^{-1}$ vid en fosfor halt av $200\mu\text{g l}^{-1}$, se figur 7. Förmodligen har näringskedjans utseende med hänseende till mängden av djurplankton och fisk betydelse för förhållandet (Brönmark och Hansson, 1998:141).



Figur 7. Förhållandet mellan fosfor och klorofyll a , beroende på om det illustreras logaritmiskt eller linjärt. Illustrationen visar att mängden klorofyll a kan variera mellan 15 och $280\mu\text{g l}^{-1}$ vid en fosfor halt av ca $200\mu\text{g l}^{-1}$. (Efter Brönmark och Hansson, 1998).

I de fall det uppstår kvävebrist, har kvävefixerande alger en stor fördel genom att de kan hämta sitt kväve i form av ren kvävgas (N_2) från atmosfären. Som tidigare nämnts så har vissa cyanobakterier den förmågan. Cyanobakterierna fixerar kvävet genom speciella celler som kallas heterocyster. Dessa bildas när cyanobakterierna sitter ihop i de tidigare nämnda trichala formationerna. Genom att heterocysterna har en annan kemisk sammansättning kan de omvandla kvävgas till ammonium i syrefri miljö. Det sker sedan ett utbyte av ammonium och produkter från fotosyntesen mellan heterocysterna och de andra cellerna via de tunna cellväggarna (Biology of plants, 2003:290). Andra alger behöver kvävet i form av ammonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-) eller nitrat (NO_3^-), för att kunna tillgodogöra sig det (Granéli, 2006:165).

Mängden av det tillförda kvävet kan vara ganska omfattande. Willén anger att så mycket som 30 % av kvävet i Östersjön är tillfört genom fixering och att det i vissa sjöar kan vara upp till 50 % av det årliga tillförda kvävet som är tillfört genom cyanobakteriers kvävefixering (Willén, 2001:13). Även dinoflagellater (*Dinophyta*) är anpassade till att klara sig en längre tid utan tillgängligt kväve. De kan istället bygga upp lager av kväve för flera månader, vilket gör att de klarar en tillfällig kvävereduktion (Miljövårdsberedningen, 1982:37).

Vattenkvalitet

Dagvattnets kvalitet vad gäller hur förorenat det är från det omgivande landskapet bör ha stor betydelse för det biologiska livet i dammen. Urbana dagvattendammar med industrier eller större vägar i avrinningsområdet belastas av högre halter av tungmetaller och svårnedbrytbara organiska föreningar än vatten från bostadsområden i stadens utkanter (Lönngrén, 1995:17). Enligt schablonvärden framtagna av VA-forsk är även halterna av totalfosfor och totalkväve högre i dagvatten som är påverkade av industrier och vägar, men även dagvatten från tätbefolkade bostadsområden har höga halter av näringsämnen (Malmqvist, et al. 1994:4). Det finns även lokala skillnader på dagvattnets pH. Regnvatten som har ett ganska lågt (surt) pH får ett förhöjt värde om det transporteras över eller via material som i sig har ett högre pH. Dagvattens generella pH-värde ligger därför på värden närmare neutralt (pH 6,0-7,2) (Malmqvist, et al. 1994:6).

Alger och deras predatorer har olika känslighet för hur vattnet är påverkat av främmande och giftiga substanser. Crossland och Stephenson (1979) nämner att alger har en bättre återhämtningsförmåga än deras predator hinnkraften efter kontaminering av insektsgiftet cypermethrin (Crossland och Stephenson, 1979:456). Även Wendt-Rasch (2003) har undersökt hur bekämpnings-medel påverkar vattenlivet och kommit fram till att växtbekämpningsmedlet metsulfuron-metyl och insektsmedlet cypermethrin, av samma anledning har en positiv inverkan på algblomning (Wendt-Rasch, 2003).

Fisk i dammen kan ha en negativ påverkan på vattenlivet. Ofta vill man plantera in dammrudor eller gräskarpar i dammen för att begränsa vegetationen men kan istället få problem med vattenkvalitén. Både rudan och braxen rotar i bottensedimentet efter föda och frigör därmed näringsämnen och grumlar vattnet (Tonderski, et al. 2002:57,38). Fisk som äter djurplankton har en direkt dålig konsekvens för vattenkvalitén. Innebörden är att djurplanktonpopulationen minskar, antalet växtplankton ökar, bottenvegetation som skyddar djurplankton blir utskuggad, vilket medför att algmängden ökar (Wagner, u.å.).

pH-värdets inverkan på algblooming

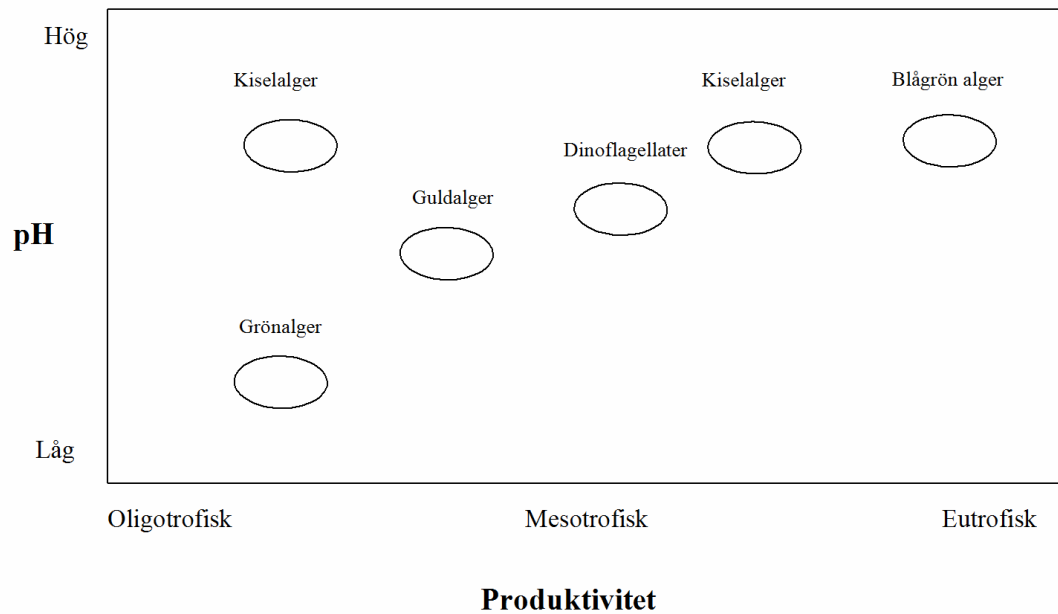
pH-värdet i en våtmark är beroende av dels hur den lokala omgivande miljön ser ut dels var i landet den är placerad med hänsyn till regnets surhet och hur mycket kalk det finns i marken. Globalt kan det finnas lokaler med väldigt låga eller höga värden men majoriteten av världens sjöar har ett pH-värde mellan 6 och 9 (Brönmark och Hansson, 1998:27).

pH-värdet i den limniska miljön har betydelse för vilken utveckling eller stabilitet systemet har. Det påverkar hur hårt olika näringsämnen och metalljoner är bundna till bottensediment. Vid pH över 8 börjar fosfater som är bundna i sedimentet att lossna och sprida sig i det omgivande vattnet och blir därmed tillgängliga för växtplankton (Brönmark och Hansson, 1998:30).

pH under 6 innebär att halterna av aluminium, koppar och andra metaller ökar vilket för med sig att livsbetingelserna för vissa växtplankton bli svåra (Brönmark och Hansson, 1998:183). Vid ännu lägre pH påverkas även högre djur som fiskar, vilka kan försvinna helt, och diversiteten bland resterande vattendjur som t.ex. djurplankton minskar allmänt (Brönmark och Hansson, 1998:184).

Enligt Brönmark och Hansson (1998) är de flesta växtplankton anpassade till neutralt pH och däröver, men i relation till näringskrav, är det blågröna alger som har störst behov av, eller störst anpassningsförmåga till näringsrika (eutrofa) miljöer, se figur 8 (Brönmark och Hansson, 1998:64). Willén (1981) säger att blågröna alger har sin bästa tillväxt mellan pH 7,5 och 9 och sjunker pH-värdet under 6 minskar de i antal (Willén, 1981:353). Det syns ganska tydligt, regionalt i landet, då cyanobakterier har minskat på västkusten där miljön är något surare än i resten av Sverige (Willén, 2001:11).

Lägre pH värde (Wallsten, 1988:31) och lägre näringshalt (Brönmark och Hansson, 1998:100) i vattnet skapar bättre förutsättningar för påväxtalger, i synnerhet trådformiga grönalger (Wallsten, 1988:31). De har i princip samma krav på ljus och näring som växtplankton, men eftersom sedimentet är näringsrikare än vattenkolumnen i lågproduktiva vatten har de därigenom en fördel. Vid ökande näringshalt når miljön för de perifytiska algerna snabbt sitt optimum och de utkonkurreras efterhand av en ökande mängd växtplankton (Brönmark och Hansson, 1998:100).



Figur 8. Den relativa dominansen av olika alggrupper i relation till näringsvärde och pH. (Efter Brönmark och Hansson, 1998).

Rikligt med undervattensväxter och växtplankton har genom fotosyntesen en pH höjande effekt på vattnet. Resultatet av denna pH höjning skiljer beroende på om våtmarken är placerad i mindre bördiga eller i kalkhaltiga näringsrika lerjordar. Även djupet eller egentligen tillgången till syre har betydelse för vad som sker. Utanför de kalkhaltiga områdena frigörs fosfater om vatten med högt pH-värde kommer i kontakt med sedimentet, trots att förhållandena är aeroba (Tonderski, et al. 2002:62). I kalkhaltiga områden gynnas fosfatbindningen vid samma förhållanden, eftersom bindningen av kalciumkarbonater till fosfor är stabil vid högt pH. Belastas vattnet av organiskt material bidrar nedbrytningen och oxidationen vid denna, till att pH-värdet sänks och fosfater frigörs (Tonderski, et al. 2002:63).

REDUCERING AV ALGTILLVÄXT

Växter

Vattenväxternas indelning (Wallsten och Solander, 1988:13).

- Övervattensväxter (*Helofyter*) som vass
- Flytbladsväxter (*Nymphaeider*) som näckros
- Kringflytande arter (*Lemnider*) som andmat
- Undervattensväxter långskott (*Eledoider*) som vattenpest eller kortskott (*Isoteider*) som braxengräs

Vilka växter som är lämpliga och i vilken omfattning de kan användas beror på var dammen är placerad (estetiska krav) och hur näringsrikt vattnet är. Oavsett detta har växter generellt följande egenskaper:

- A. konkurrerar om viktiga näringsämnen som kväve och fosfor
- B. gynnar nitrifikation och denitrifikation (retention av kväve)
- C. binder sediment och partiklar
- D. skapar habitat för djurplankton och ger biologisk diversitet
- E. skapar skugga

Konkurrens om näringsämnen

De olika växtslagens utbredning och förmåga som näringsupptagare går att följa via en gradient från näringsrika till näringsfattiga vatten. Det finns även en motsvarande gradient i förhållandet till djupet, i vilken växternas förmåga att ta upp näring minskar med djupet (Brönmark och Hansson, 1998:103).

Övervattensväxter (*Helofyter*) har sitt näringsupptag från sedimentet och har generellt ett stort näringsbehov. Även deras storlek är en fördel eftersom de skuggar för andra primärproducenter (Brönmark och Hansson 1998:103). Goda näringsupptagare bland dessa, i synnerhet av fosfor, är t.ex. kaveldun (*Typha sp.*) och jättegroe (*Glyceria maxima*) (Hammer, 1991:77). Helofyternas storlek och näringsbehov gör att de har svårt att hävda sig i miljöer där näringstillgången inte är stor (Brönmark och Hansson, 1998:103). De växer i strandlinjen och i grunda vatten, men vid god syretillgång kan vass (*Phragmites australis*) växa där vattnet når ner till 2m djupt. Enligt Tonderski är det inte vanligt att vass når det djupet i våtmarker eftersom bottenarna där brukar vara syrekrävande (Tonderski, et al. 2002:266).

De andra växtslagen (se ovan) hämtar i olika omfattning sin näring från vattenkolumnen (Hammer, 1991:77). Växter som andmat och andra Lemnider, tar upp sitt näringsbehov direkt ur vattnet och konkurrerar därför till stor del direkt med algerna (Engstrand, 2005:103). Resterande växter hämtar näring ur både vattnet och botten sedimentet, som t.ex. näckros och vattenpest (Hammer, 1991:77). De rent bottenlevande växterna, isoteiderna, kräver näringsfria och klara vatten, och är därför känsliga för algbloomning (Wallsten och Sollander, 1988:14,26).

I en del fall med hänsyn till växternas art och dammens utformning kan det vara lämpligt att skörda och föra bort en del växtlighet. Detta förhindrar att näringsämnen ackumuleras i vattenregionen och eliminerar även risken för kanalisering av flödet

genom dammen. Skörden bör ske tidigt på hösten innan näringsämnen har börjat transporteras till rotsystemet för vinterlagring (Tonderski et al. 2002:53).

Vid val av växter bör man vara synnerligen försiktig eftersom en del arter, som förvisso har gott näringsupptag (eller andra fördelar), kan visa sig vara mycket aggressiva och på sikt utkonkurrera annat önskvärt växtmaterial, se bilaga 2 (Lönngren, 1996:8).

Nitrifikation och denitrifikation

Nitrifikationen sker i sedimentets ytskikt, i vattenmassan och på växternas undervattensdelar. Genom nitrifikationen, som kräver syrerik (aerob) miljö, omvandlas det för algerna upptagbara ammoniumet NH_4^+ till nitrat NO_3^- . Denitrifikationen sker sedan i syrefri (anaerob) miljö där en del av nitraten omvandlas till kvävgas N_2 . Processen i sig är relativt komplex och avhängig till olika parametrars värde men faktum är att det blir ett netto av löst kväve i form av kvävgas (N_2) från dammen till atmosfären (Tonderski, et al. 2002:44). Optimal denitrifikation får man i långsamt strömmande vatten där pH är nära neutralt och när temperaturen är närmare 30°C . Den är förvisso aktiv ner till fryspunkten för att sedan i princip avklinga (Lönngren, 1995:20). Även växtsammansättningen har stor betydelse för hur väl denitrifikationen blir utförd. Dammar med övervattensväxter har oavsett uppehållstid större kväveavskiljning än dammar med undervattensväxter. Detta beror förmodligen på undervattensväxternas syresättning av sedimentet (Tonderski, et al. 2003:263). Förutom att örtvegetation bidrar till denitrifikationen är även träd och i synnerhet deras förna en lämplig kolkälla för denitrifikationsbakterier (Tonderski, et al. 2002:111).

Det finns icke desto mindre ett samband mellan sedimentation, retention och dammens hydrologiska och hydrauliska effektivitet. För att sedimentation och denitrifikation ska bli tillräckligt omfattande bör vattnets uppehållstid i dammen (hydrologiska effektivitet) vara mellan 1-3 dagar (Persson, 1998:25). Även vattnets spridningsförmåga (hydrauliska effektiviteten) är viktig eftersom det vid låg hydraulisk effektivitet bildas "död-zoner" i dammen som dels försämrar reningskapaciteten och dels ligger till grund för igenväxning och kanalisering av flödet genom dammen (Persson, 1998:25, Tonderski, et al. 2002:91). Det har också visat sig att igenväxta dammar tappar sin förmåga att rena vattnet från näringsämnen (Lönngren, 1995:48).

Binder sediment

Sedimentering av vattenburna partiklar sker när flödande vatten minskar i hastighet då det når en större djupare volym (Tonderski, et al. 2002:55).

I den uppkomna vattenvolymen är det stor konkurrens om näringsämnen, speciellt fosfor i form av fosfat. En del av det obundna tillgängliga fosfatet blir direkt upptaget av växtlighet och primärkonsumenter, resten binds till olika mineralkomplex i vattnet eller vid sedimentytan. Även det organiskt bundna fosfatet når så småningom sedimentet via döda organismer eller deras utsöndringar (Tonderski, et al. 2002:49). Är förhållandena de rätta kan fosfor via koppling till mineraler låsas in i sedimentet under lång tid (Tonderski, et al. 2002:57).

Växternas inverkan är att de ökar sedimentationen genom nedfallande partiklar men även att de förhindrar att redan sedimenterat material lösgörs till vattenkolumnen

(resuspension) (Tonderski, et al. 2002:54). De har också betydelse som vindskydd eftersom en stillastående och lugn vattenkropp dels låter partiklar sjunka snabbare och dels inte virvlar upp redan sedimenterat material (Tonderski, et al. 2002:56).

Tonderski (2002) anger tre olika strategier för hur man motverkar resuspension:

- genom att ge våtmarken stor yta och volym i relation till tillflödenas vattenvolym under högflödesperioder,
- genom att våtmarken ges ett stort djup i anslutning till det största eller de större tillflödena så att vattnets rörelseenergi snabbt dämpas,
- genom att våtmarkerna utformas så att vegetationen kan expandera ut över större delen av sedimentytorna, vilket reducerar vågrörelsernas verkan på sedimenten.

Beskuggning och habitat.

Generellt är växterna även viktiga som habitat och gömslen för algätande djurplankton. Där finner de skydd mot fiskar och andra predatorer men finner även skyddande skugga (Fredriksson, 2006:30). I synnerhet växter som täcker vattenytan med sina blad som t.ex. näckros och andmat skapar skugga för algerna (Engstrand, 2005:103).

Lönngren (2001) säger att man kan plantera träd längs med dammen för att skapa skugga mot algerna (Lönngren, 2001:51) men även fallna löv och annan förna från träden har en reducerande effekt på algblomning. Ridge et al. (1999) har förutom halm även undersökt vilken effekt ekförna har som reducerare av algblomning. Deras fältförsök som utfördes i mindre dammar (ponds) visar att en blandning av lövförna från: ek (*Quercus robur*), lönn (*Acer pseudoplatanus*) och bok (*Fagus sylvatica*) har negativ inverkan på algtillväxten hos, i det fallet, grönalgen *Cladophora glomerata* (Ridge et al. 1999:175).

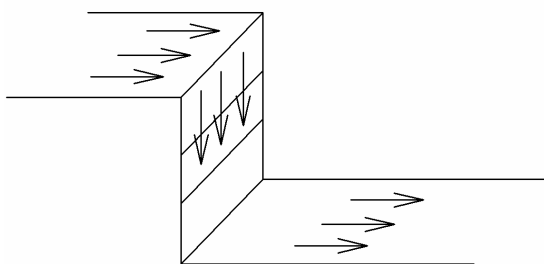
Syresättning

Syrgas i vatten har en livsavgörande betydelse för vattenlevande växter och djur. Problematiken är att i vattenanläggningar med stillastående eller långsamt flödande områden minskar syretillgången i samband med den mikrobiella nedbrytningen. Vatten har i jämförelse med luft en långsam diffusion och har därför svårt att återställa balansen. Detta gäller framförallt i små vattenmagasin med grunt vatten och lång omsättningstid (Ridderstolpe, 1987:13). Enligt Bosch-Willebrand (1985) uppstår detta problem framförallt på sommaren, vilket banar vägen för algblomning (Bosch-Willebrand, 1985:40).

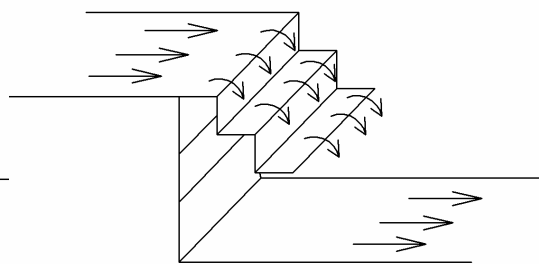
Närvaron av syre i bottensediment har stor betydelse för bindningen av fosfater till framförallt järn. Uppstår det anaeroba förhållanden frisläpps fosfor till vattnet och är därmed tillgängligt som näringskälla för olika organismer, däribland alger (Brönmark och Hansson 1998:35). Det är därför av vikt att säkerställa ett homogent syrgasinnehåll i hela vattenkolumnen för att hålla vattnet rent (Bosch-Willebrand, 1985:40).

Det finns då några metoder för att öka syrgasinnehållet i en vattenanläggning. Enligt Engstrand (2005) och Bosch-Willebrand (1985) kan man använda växter som har en hög förmåga att tillföra syre till vattnet, se bilaga 3 (Engstrand, 2005:104, Bosch-Willebrand, 1985:40).

Syresättning genom rörelse på vattnet är en annan möjlighet. Det som bestämmer utförandet av vilket system man ska använda sig av är till stor del avhängigt till vilket förutsättningar som finns på platsen. Alternativ kan t.ex. vara olika system med luftpumpar, springvatten eller något som Ridderstolpe (1987) förordar, nämligen gravitationsluftare. Gravitationsluftning är att helt enkelt att låta syresätta vattnet genom att det via fall genom luften rör sig från en hög punkt till en lägre. Det finns i två olika typer: Enskiktad luftning och flerskiktad luftning. Vid den enskiktade syresätts vattnet till största delen i vattenvolymen under fallet se figur 9. Vid den flerskiktade sker syresättningen under transporten mellan de två olika vattenytorna, se figur 10. En inte helt oviktig fördel med dessa metoder är att det inte behövs underhålls- och skötselkrävande pumpar men förutsättningen är då att vattnet har en naturlig möjlighet till flöde (Ridderstolpe 1987:19). Även Lönngrén (1996), Bosch-Willebrand (1985) och Engstrand (2005) framhåller fördelen med syresättning av vatten på mekanisk väg. De anger då elektriska pumpar som ett alternativ; antingen då som vatten eller luftpumpar. menar att man ska vara försiktig med att använda fontäner om det finns näckrosor eftersom dessa inte tycker om hårt fallande vatten (Bosch-Willebrand, 1985:40)



Figur 9. Enskiktad luftning
(Efter Ridderstolpe, 1987).



Figur 10. Flerskiktad luftning
(Efter Ridderstolpe, 1987).

pH-justering

Eftersom majoriteten av alger blommar när pH värdet är lite högre än neutralt (Willén, 2001, Brönmark och Hansson, 1998:64) så är det en intressant åtgärd att försöka sänka det till något lägre värde. När pH-värdet börjar närma sig 6 frigörs metaller som aluminium och koppar i vattenpelaren. Detta medför att livsbetingelserna försvåras för algerna men kan vid lägre pH även bli toxiska för högre djur (Brönmark och Hansson, 1998:184).

En metod som man kan använda sig av är att lägga torvblock i vattnet. Antingen i samband med att man använder det som planteringssubstrat eller enbart för att sänka pH-värdet (Bosch-Willebrand 1985:40, Engstrand, 2005:98). Engstrand (2005) säger också att ett lämpligt pH-värde för en damm ligger mellan 6,5 och 7,5 (Engstrand, 2005:96).

Halm

Det har utförts flera försök och undersökningar med att använda kornhalm och ”kornhalm-vatten” för att reducera algblooming. Flera försök har utförts i England men även i USA och Sverige har man undersökt vilken effekt kornhalm har på alger. Flera av försöken visar att ruttnad kornhalm kan ha en inhiberande (tillväxthämmande) effekt på alger. I några försök visar det sig att befintliga alger inte dör men att celledningen upphör (Ferrier et al. 2005:1789, Fransson, 2001:13). Halmens inhiberande påverkan visar sig på flera olika sorters sötvattenalger: Både encelliga, strängformade och kolonier. Den har även visat sig ha effekt på algerna oberoende vilken division de tillhör inklusive cyanobakterier (Ferrier et al. 2005:1789, Ridge et al. 1999:174).

Laboratoriestudier

I laboratorieförsök har det kommit fram att den hämmande effekten inte är kopplad till divisionerna utan snarare är artspecifik. Vid en undersökning utförd av bl.a. Ferrier et al. (2005) använde de sig av filtrerat och ofiltrerat halmsubstrat, ekvivalent till 7,2g tv/l (torrvikt/liter), för att kontrollera dess inhiberande effekt på tolv olika algarter. De flesta av dessa tillhörde divisionerna grönalger och cyanobakterier. Deras resultat blev att alger tillhörande samma division reagerade helt olika på substraten. T.ex. grönalgen *Synura petersenii* försvann helt, medan grönalgen *Navicula sp.* fick en kraftig tillväxt. Motsvarande förhållande uppträdde bland cyanobakterierna *Microcystis aeruginosa* och *Anabaena flos-aquae* (Ferrier et al. 2005:1791). Även Ridge et al. (1999) har funnit alger som är resistenta mot halmsubstrat. Då i synnerhet en kiselalg som trivdes och växte i tanken där halmen ruttnade (Ridge et al. 1999:174).

Fältförsök

Det har även utförts flera undersökningar i fält på halmens förmåga att reducera algblooming. Enligt Fransson (2001) får man den bästa effekten på algerna efter att halmen har fått ligga under vatten en månad och förruttnelse processen har tagit fart (Fransson, 2001:14). Den alghämmande funktionen kvarstår sedan mellan 6 till 12 månader (Ridge et al. 1999:174). Enligt Ridge et al. (1999) går förfarandet till så att man sänker och förankrar löst pressad halm under vattenytan. Det är viktigt att säkerställa ett aerobt förhållande; därför föreslår de att man stoppar halmen i samma nät som används för att packa julgranar (Ridge et al. 1999:174). Det finns även beräkningar, framställda av Newman, på hur mycket halm som behövs (Fransson 2001:15). Ferrier et al. (2005) använde 112kg ha^{-1} i deras försök (som inte heller gav någon effekt på algerna), vilket de anger vara i lägsta laget med hänvisning till Newmans rekommendationer (Ferrier et al. 2005:1794). Vid ett lyckat försök i England tillsattes det 50g halm per m^3 vatten i en $50\,000\text{m}^3$ stor vattenvolym, vilket medförde en mycket tydlig reduktion av algmängden (Ridge et al. 1999:174).

Det anges i fler undersökningar att ruttnande halm har stor effekt mot algblooming. Fransson (2001) nämner ett, ej närmare preciserat, fall från England då reduktionen av alger var upp till 95 %. Då använde man sig även av urlakningsvätska från förruttnelseprocessen tillsammans med halmen (Fransson, 2001:16). Ferrier et al. (2005) nämner att med två undantag har alla publicerade fältstudier visat att algmängden har minskat och att artförhållandena av alger inte har ändrats (Ferrier et al. 2005:1794).

Aktiva ämnen

Det är inte helt klarlagt vilka av de ämnen eller organismer som bildas vid nedbrytningen av halmen som har negativ påverkan på alger. Ridge et al. (1999) menar att det kan vara oxiderade polyfenoler som har emanerat från ligninet i halmen (Ridge et al. 1999:173). Fransson (2001) nämner ett par teorier vilka också har ligninet som huvudfaktor: Att det bildas toxiska fenoler vid förmultningen och att ligninet vid höga halter av syre oxiderar till humussyra som vid solinstrålning bildar väteperoxid. Peroxid sägs ha en negativ effekt på alger (Fransson, 2001:14). Lindholm antyder att möjligen kan det även bero på att halmen medför en ökning i bakteriefloran, som inducerar en ökning av antalet djurplankton, vilka konsumerar både bakterier och alger. Bakterierna konkurrerar även om närsalterna på algernas bekostnad och kan eventuellt även angripa alger (Lindholm, 1998:132).

Risikanalyser

Vad gäller kornhalmens negativa inverkan på andra vattenlevande organismer finns det rapporter som säger att den är i stort sett obefintlig. Varken planktiska organismer som hjuldjur eller större djur som grodor, ödlor eller fisk syntes vara påverkade. Icke desto mindre är de kanske inte helt tillförlitliga, eftersom undersökningsunderlaget till dessa rapporter varade under en relativt kort period av ett par månader (Ridge et al. 1999:175).

Den ruttnande kornhalmen som används i försöken har visat sig innehålla höga halter av näringsämnen. I ett laborieförsök utfört av Soutukorva och Naumann där de jämförde halm från vass, säv och kornhalm, framkom det att ett preparat innehållande kornhalmsubstrat, ekvivalent till 9g tv/l (torrvikt/liter), innehöll 6900µg PO₄-P/l i början på försöket. Efter 4 veckor hade mängden sjunkit till 65 µg PO₄-P/l. Trots detta hade inte cellantalet av alger ökat men däremot var ciliat-tillväxten mycket högre än i motsvarande prov från säv och vass. De diskuterade om att eventuellt hade fosfatet tagits upp av heterotrofa organismer eller så hade det genom kemisk reaktion bundits till halmen (Soutukorva och Naumann, 1994:9). Icke desto mindre så tillför halm näringsämnen till vattenkolumnen vilket på sikt kan generera en ökning av algpopulationen (Ljungblom, 2002:4).

Kemiska insatser

Kemiska medel för att ta bort alger bör man helst inte använda (Lönngren, 1996:8, Bosch-Willebrand, 1985:40). Det finns tidiga exempel på användning av kopparsulfat från en sjö i Uppland. Resultatet blev då att ”mål-algen” försvann men att en annan, hårdigare, etablerade sig istället (Willén, 1981:354).

Problematiken och därmed även faran med att använda kemiska preparat är att doseringen är svår att beräkna. Risken är stor att andra organismer, både växter och djur, också blir utsatta. Bosch-Willebrand (1985) nämner det och så även de Oliveira-Filho et al. (2004). Alger och kräftdjur (som är deras predatorer), ligger väldigt nära varandra i känslighet och dödlig påverkan från kopparbaserade algicider (de Oliveira-Filho et al. 2004:372). Det kan även vara svårt att ge en lämplig dosering för att få ett optimalt resultat, eftersom både biomassavolymen och vattenvolymen kan vara svår att beräkna (Bosch-Willebrand, 1985:40, Murray-Gulde, et al. 2002:25). En ytterligare besvärande

faktor som man behöver ta ställning till vid algicid behandling, är att varje algblooming är unik och dynamisk till sin natur (Lindholm, 1998:131).

En annan infallsvinkel kan vara att reducera eller komplexbinda de i vattnet fria fosfaterna. Som vi har sett tidigare så tar organismer i vattenkolumnen snabbt upp fosfat men en del binds även till olika metallkomplex som järn-, mangan-, och aluminiumhydroxider som finns i vattnet eller i sedimentet (Tonderski, 2002:49). För att utnyttja detta används ibland en metod som kallas "Riplox metoden". Den innebär i stort sett att man låser fosfatet till botten sedimentet. Den utförs genom att tillföra sedimentet kalciumnitrat ($\text{Ca}(\text{NO}_3)$) och järnklorid (FeCl_3) för att därigenom öka syre och järnhalten i detta. Vidare tillsätts kalciumhydroxid (CaOH_2) för att stabilisera pH-värdet. Vid rätt pH omvandlar bakterier nitraten i kalciumnitratet till kvävgas. Går sedan allt som det ska skapas ett fosfatbindande lock över sedimentet (Brönmark och Hansson, 1998:178). Enligt Fredriksson är denna metod inte lämplig eftersom nitrat och järnklorid tillförs i sådana mängder att de medför en miljöbelastning på omgivningen. Nitrater är giftiga för människor, och järn är i stora mängder giftigt för de flesta organismer (Fredriksson, 2006:41)

UV-ljus

Ultraviolett ljus är kortvågigt ljus som ligger mellan våglängderna 40-400nm (nanometer). I vanliga fall brukar man tala om de frekvenser som ligger mellan 200-280nm (UVC) och 280-320nm (UVB). Det för oss synliga ljuset som även ger energi till fotosyntesen ligger mellan våglängderna 400-700nm. Vad som är visat av flera är att för mycket UVB strålning (för övrigt den som ger oss solbränna) är skadlig för alger och flera andra småorganismer (Lindholm, 1998:155). Detta bekräftas av Brönmark och Hansson (1998) som säger att UV-strålning har dokumenterat reducerande effekt på alger men även deras bytestagare blir påverkade. UV-strålningens effekt på mikrolivet är att nettot blir högre till algernas fördel (Brönmark och Hansson, 1998:185).

Det har gjorts undersökningar för att se vilken effekt UV-ljus har i samband med att vattnet innehåller humösa ämnen. Gjessing och Källqvist (1991) visar i ett laborieförsök att bestrålning av humöst vatten med UV-ljus reducerar algmängden med hälften på 12 dagar efter 5 minuter initial bestrålning (Gjessing och Källqvist, 1991:491). Man kan här dra en parallell till vad Fransson (2001) skriver om de humussyror som tillsammans med solljus, i förlängningen har en algicid påverkan på algerna, se ovan (Fransson, 2001:14). Närvaron av humösa ämnen i vattnet innebär också att solinstrålningen och därmed att energitillgången minskar. (Lindholm:1998:51)

Naturliga fiender

I sötvatten systemen finns det ett flertal organismer av olika storlekar och från olika nischer som livnär sig på alger och cyanobakterier. Flera olika sorters amöbor, ciliater (toffeldjur) och planktiska kräftdjur är stora konsumenter av alger (Sandhall, 2001:19).

Amöbor och ciliater är encelliga organismer. Amöborna som saknar cellvägg tar sitt byte genom att i stort sett vända ut och in på sig, och omfamnar därmed sin föda. En ciliat kan som störst bli ca 1000 μm stor men är vanligen 20-200 μm stora. De livnär sig

på diverse småpartiklar i vattenkolumnen och är flitiga konsumenter av bakterier och alger (Brönmark och Hansson, 1998:57).

Hjuldjuret som är ett flercelligt djurplankton finns i storlekar från 0,1-1mm och lever antingen som solitära eller i kolonier. De har en väldigt hög reproduktionsförmåga och tar snabbt över tomma nischer. Som mest har man hittat populationer med 20 000 individer per 1 liter vatten. De flesta filtrerar sin föda och har då en vattenomsättning av 1000 ggr sin egen volym per timma. Förutom alger konsumerar de även bakterier och ciliater.

En viktig organism i sötvatten är det planktiska kräftdjuret hinnkräftan (*Cladocerans*) (även kallad vattenloppan eller *Daphnia*) som har fått smeknamnet ”Betesboskapet i sjöar och dammar”. Den har en väldigt hög anpassningsförmåga vad gäller tillgången av och storleken på olika bytesdjur och är en form av opportunist. Den kan livnära sig på småbakterier såväl som på stora alger. Detta faktum i kombination med dess höga filtreringskapacitet gör vattenloppan till en viktig storkonsument av alger.

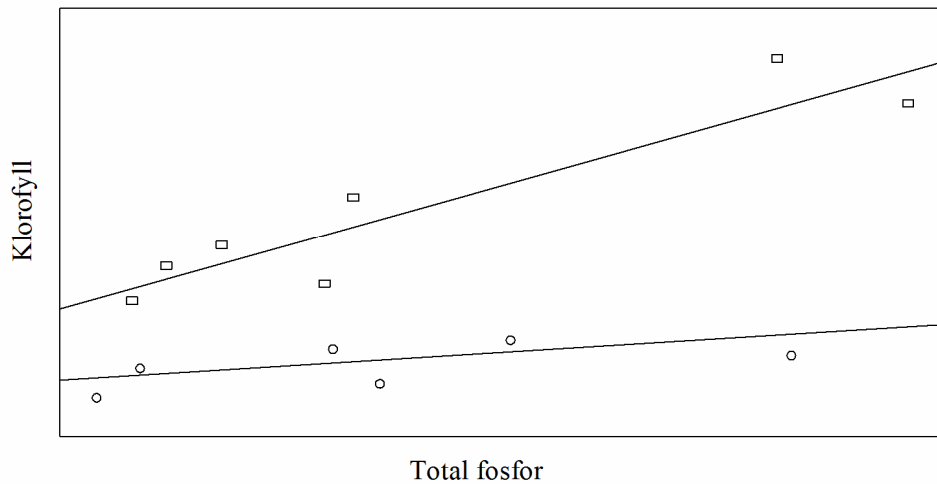
Av hoppkräftor (*Copepoda*) finns det, liksom hos de ovan nämnda, olika släkten. De blir oftast mellan 0,5 till 2mm långa men det finns individer som blir upp till 5mm långa. Hoppkräftorna är opportunister och kan vara både herbevorer och livnära sig på växtmaterial, och predatorer och äta andra djur. Bland hoppkräftorna är det speciellt cyclopiden som livnär sig på alger men den äter även av andra djurplankton. Den tar sin föda genom att vara *raptorial* (eng.), d.v.s. den filtrerar inte sin föda ur vattnet utan fångar sitt byte genom att hoppa på det (Brönmark och Hansson, 1998:78).

En i detta sammanhang intressant vattenorganism är svampdjuret (*Porifera*). Svampdjuret är mycket primitivt i sin uppbyggnad och består i princip bara av en utsida och insida. Födan intager den genom att vatten strömmar genom porer i kroppsytan, filtreras och trycks vidare ut igen (Bra Böcker, 2000). På detta vis dammsuger de vattnet på näringsämnen, i synnerhet alger och bakterier. Det är inga frilevande varelser utan de sitter förankrade på fasta ytor som stenar, trädgrenar eller större växter. Enligt uppskattningar kan en svampdjurspopulation filtrera en damms vattenvolym på en vecka (Brönmark och Hansson, 1998:68).

Även större djur som vattensniglar och musslor konsumerar alger. Sniglarna som i stort sett är bottenlevande livnär sig genom att beta på perifytiska alger och växtdelar. Musslorna livnär sig genom att filtrera vattnet på alger, bakterier och andra organiska partiklar som t.ex. växtdelar. De kan vid gynnsamma tillfällen när de är flera till antalet filtrera och rena stora mängder vatten (Brönmark och Hansson, 1998:71).

Det har utförts laboratorieförsök där man funnit att ett visst släkte av toffeldjur är stora konsumenter av alger och därför skulle kunna passa för biologisk bekämpning i större skala. Även olika svampar, bakterier och virus har det gjorts undersökningar på. Det finns virus s.k. cyanofager som angriper blågröna alger men då även dessa behöver en tillväxtperiod för att vara utslagsgivande, är de mest intressanta för användning i början på algblomningen (Lindholm 1998:131). Det finns svampar som parasiterar på alger och bildar sporangier när den har förtärt algen. Från sporangiet sprids nya svampsporer vidare till nästa alg. Enligt Lindholm (1998) kan dessa svampar vara av stort intresse för ekologisk bekämpning av alger (Lindholm, 1998:154).

I England har det utförts försök i fält för att kontrollera hur stor påverkan närvaron av djurplankton har på klorofyllhalten vid en viss koncentration av fosfat. Klorofyllhalten mättes vid två olika tillfällen. Vid det ena tillfället var djurplankton populationen liten vid den andre stor. Deras resultat visade att mängden djurplankton har en stor betydelse för hur omfattande algmängden blir, se figur 11 (Brönmark och Hansson, 1998:152).



Figur 11. Visar hur klorofyllmängden varierar i samma sjö med samma mängd fosfor i relation till mängden djurplankton vid olika år. Fyrkanterna betyder år med färre, och ringarna betyder år med rikligt, av herbivoriska djurplankton. (Efter Brönmark o Hansson, 1998).

PRAKTISKA ERFARENHETER AV DAMMKONSTRUKTION OCH ALGPROBLEMATIK

Problemets storlek och karaktär

En tydlig majoritet av respondenterna anger att algblooming i anlagda dammar är ett stort bekymmer. En orsak till att algblooming i urbana dammar har blivit så vanlig sägs vara att många dammar är felkonstruerade, vilket menar man, i sig har överdimensionerat problemet. Problemet grundar sig i att dessa dammar anlades med intentionen att de med regnvatten som enda vattentillskott, skulle skapa en underhållsfri vattenspegel. Det har istället visat sig att dessa dammar kräver mycket och dyrbar skötsel genom manuell bortrensning av alger.

Det uttrycks även en misstanke om att problemet och risken med algblooming i urbant sammanhang generellt kan öka efterhand som det sker byggnation av fler dammar. Toleransen kan vara så låg att en del boende överhuvudtaget inte vill se några alger i de bostadsnära dammarna. Klagomålen sägs vara så pass omfattande ibland, att det på sikt kan äventyra konceptet med att anlägga dagvattendammar inom bostadsområden.

En av respondenter som har erfarenhet inom golfsektorn anger att generellt är problemet inte så stort där och att det inte diskuteras i någon större omfattning. En annan aspekt som nämndes av en annan källa, var att det är igenväxningen utav dammarna i sig, varav algbloomingen är en del som är bekymret på golfbanor. Många av dammarna har både en spelstrategisk och estetisk funktion där algbloomingen bidrar till en negativ karaktär på banan. Dels ser det ofräscht ut, dels blir bollar som gått i vattnet svåra att finna och plocka upp.

Dammar med algblooming

Enligt de flesta av respondenterna har dammens storlek och utformning, och vattnets näringsinnehåll stor inverkan på hur känsliga dammarna är för algblooming. Svaren pekar på att små grunda dammar med dålig vattenomsättning är speciellt känsliga för algblooming oavsett om de ligger placerade på golfbanor eller i bostadsområden. De anger även att stillastående vatten kan vara en bidragande orsak till algblooming. En av respondenterna utvecklar detta genom att nämna att gamla dammbottnar kan börja läcka fosfor under stillastående perioder då syrehalten minskar i sedimentet.

Många av de tillfrågade nämner att en betydande orsak är att man har låtit näringsrikt vatten rinna rakt ut i dammarna utan föregående näringsupptag i t.ex. en växtzon, eller att det finns för lite växtmaterial planterat i dammen. Det senare är även en återkommande orsak i nyanlagda dammar då algblooming kan uppstå första året innan växterna har etablerat sig i och omkring vattnet. Detta syns också på nyanlagda golfbanor där näringsrikt vatten kan rinna ut i dammarna och orsaka algblooming innan gräset kommer upp och binder material och tar upp näring.

Ett par av respondenterna poängterar att dammar uppbyggda av betong bidrar via förhöjda pH-halter till ökad algblooming. Generellt ska man av just den orsaken undvika att använda basiska material som kalksten och liknande som byggmaterial.

Ett intressant faktum som kom fram i en av intervjuerna var hur tillgången på kväve och fosfor kan påverka artsammansättningen beroende på var dammarna är belägna. Vid en jämförelse med dammar anlagda på jordbruksmark visade det sig att urbana dagvattendammar hade en N/P kvot som var lägre än 16. Det vill säga att det fanns ett överskott av fosfor i relation till kväve. En tydlig indikation på detta var att vid de tillfällen man upptäckte grönbå alger så var det i de urbana dagvattendammarna och inte alls i de agrara.

Dammar med algproblem är:

- grunda dammar 2dm
- små dammar
- nya dammar
- avsaknad av växter
- näringsrika
- avsaknad av cirkulation på vattnet
- byggda av material med högt pH

Dammar utan algblomning

De flesta av respondenterna nämner, med olika infallsvinklar, att vegetationen i och omkring dammen har betydelse för algernas möjligheter att utvecklas. Att det finns övervattensväxter i dammen är en fördel eftersom det är de som tar upp näringen i första hand. Även dammar med flytbladsväxter eller flytande växter som täcker vattnet och därmed skuggar botten har färre alger. Även skugga från omkringliggande växtlighet kan ha betydelse. En av respondenterna angav ett exempel från två närliggande dammar varav den ena som låg i skugga ifrån träd också hade en lägre halt av alger. Cirkulerar vattnet genom en växtbädd i form av en infiltrationsbädd så reduceras mängden av tillgängliga näringsämnen till algerna. I en jämförande undersökning av dagvatten och jordbruksdammar fann man inga alger i några av dagvattendammarna. Orsaken till detta sades kunna vara vattnets sammansättning av närsalter, växtlighetens utbredning i strandlinjen, och åldern på dammarna.

Dammar med större djup har mindre problem med algblomning. Djupet medger att temperaturen blir lägre och att ljusinstrålningen minskar. I urbana dammar har man av säkerhetsskäl valt att låta dammarna vara ca 6-7dm djupa och att ha en 2m bred och 20cm djup slänt. Önskvärt är att kunna ha ett större djup direkt. Den möjligheten har man i dammar på golfbanor. Med hjälp av förstärkt dammkant (spontning), så kan dammen få ett väl tilltaget djup direkt. På golfbanor vill man helst att dammarna ska ha ett djup på ca 2,5 meter för att fluktuationer på vattentillgången inte ska medföra att dammarna blir för grunda, utan behåller ett djup på ca 1-1,5 meter även när det är mycket torrt.

Det framhålls även att det är viktigt att vattnet inte blir stillastående. I väl fungerande dammar finns ofta någon form av cirkulation eller rörelse på vattnet. I en mindre damm på en minneslund kombinerar man cirkulation av vattnet med filter och UV-lampa, vilket ger en mycket bra effekt på renheten. Dammar med fontäner är inte heller känsliga för algblomning. Skvalpet från fontänen innebär dessutom att mycket organiskt material, som annars skulle sjunka mot botten, hamnar i kanten på dammen där det lättare kan rensas undan. Överhuvudtaget har dammar med cirkulation på eller hög omsättning på vattnet en lägre risk att drabbas av algblomning.

Bra dammar innehåller nedanstående kriterier eller kombinationer utav dessa:

- har rikligt med växter
- har skugga från träd
- är minst 6dm djupa
- har cirkulation genom växtbädd
- har hög omsättning på vattnet
- har UV-filter installerat

Åtgärder för att minimera alg tillväxt

Vad gör man och vilka hjälpmedel finns det för att reducera alg tillväxten om problemet har uppkommit i en redan byggd damm? De föreslagna åtgärderna är beroende av förutsättningarna på platsen och hur problemdammen ser ut. Det finns flera olika tekniska hjälpmedel och produkter att använda sig av för att förbättra vattenkvaliteten. Dessa kan även vara dimensionerade till lite större dammar eller så kan man montera flera för att på så vis höja effekten. Som en av respondenterna nämnde kan en del dammar vara så felkonstruerade att det är svårt att bli av med algerna oavsett åtgärder.

Åtgärder i befintliga dammar

UV-ljus integrerat med pump och filter sägs vara ett bra hjälpmedel för att höja vattenkvaliteten och bli av med algerna. Det finns även en produkt (filter) som kallas "Skimmer" som rensar ytan från t.ex. löv och liknande skräp och håller på så vis dammbotten ren från dy.

Två av respondenterna gav varsin bild om att använda kemiska preparat, för att höja kvaliteten på vattnet. Det nämndes bl. a. ett klargörings-medel som höjer densiteten på partiklar och får dem att sjunka till botten och ett inte registreringspliktigt antitrådalgsmedel. En alternativ metod som nämndes var att rensa bort algansamlingar för hand med hjälp av räfsa .

För att höja syrehalten på botten finns det luftpumpar som antingen trycker eller suger ner luften till botten s.k. bottenluftare. För att öka syrehalten i vattenkolumnen finns det syresättande medel på flaska som alternativ. Att skapa cirkulation eller rörelse på vattnet förbättrar kvaliteten. I mindre dammar kan omsättningstiden på vattnet lämpligen vara cirka 1 timma. Detta i kombination med vattenfall och underliggande sten som slår itu vattendropparna, ger ett mycket bra resultat. Till större dammar (flera 100m³) rekommenderas det att kombinera olika insatser som t.ex. flytande fontäner, vattenfall och filter med UV-ljus.

Att reducera näringsinnehållet på vattnet som går till dammen eller själva dammvattnet är också brukligt. En metod är att anlägga näringsupptagande växtzoner som vattnet passerar innan det når själva dammen, alternativt öka växtligheten i dammen. Det bör inte finnas planteringar med öppen jord i närheten av dammen eftersom det finns risk för näringstillförsel den vägen. En åtgärd som är gjord för att reducera kvävet på det inkommande vattnet är att låta det försiktigt filtrera upp genom en 70cm djup bädd av

singel för att skapa ett anaerobt förhållande, vilket medför att det bildas ofarlig kvävgas av kvävet.

Dammar på golfbanor får relativt lite av sin näringstillförsel från själva banan p.g.a. gödningen är direkt anpassad till behovet. Antingen gödskar man ofta och lite eller så används långtidsverkande gödselmedel. Däremot kan det komma näringsrikt vatten från närliggande jordbruksområden, vilket kan innebära att det behövs byggas kvävefällor. Golfbanor har fördelen att de är täckta av växtlighet året runt, vilket innebär att de har en lång period av kväve upptagning

Med några av respondenterna diskuterades halmens användbarhet som antialgmedel. Det fanns dock en viss tveksamhet om hur funktionell den är och vilken effekt halmen har på dammens mikroliv. En annan åtgärd som nämndes var att lägga sötvattensmusslor i dammen. Enligt en av uppgiftslämnarna kan en mussla per 100liter vatten hålla vattnet rent från alger. Det bekräftades av en av de andra respondenterna, att rent teoretiskt, kan sötvattensmusslor ha effekt på alg tillväxten, men det kräver rätt faktorer, så att musslornas trivselkrav blir uppfyllda.

Åtgärder vid nyprojektering av dammar.

Det förhållande som hade flest kommentarer av respondenterna, var hur man hanterar näringshalten i dammen. Ett av de mest frekventa förslagen för detta var att vattnet som tillförs dammen först passerar en växtzon för att filtrera och sedimentera näringsämnen. Det kan sedan i samband med att det cirkulerar genom dammen åter passera växtzonen. Flera av respondenterna nämnde även åtgärden att isolera matjorden runt dammen för att därigenom undvika näringsläckage till dammen. Ett alternativ som nämndes var att istället plantera vattenväxter i lättare material som kokoskorgar. Behöver det sedan tillföras näringsämnen skall det vara av en långtidsverkande sort

Vad nästan alla nämnde något om, men med olika infallsvinklar var hur viktig vattnets rörelse är genom dammen. Ett förslag var att låta urbana dammar anläggas i anknäring till och sammankopplas med åkermarksdräneringar eller bäckar, så att flödet blir mer kontinuerligt och att det kvävehaltiga dräneringsvattnet dessutom motverkar blomning av framförallt cyanobakterier. En av respondenterna, med erfarenhet från golfbanor, säger att dammanläggningen blir bäst om den efterliknar naturen när det gäller utformning, vegetation och tillflöde.

Dammkroppen, sade man, ska vara konstruerad så att inga kortslutningar uppstår d. v. s. att det inte finns områden där vattnet hamnar utanför cirkulationsområdet och därför blir stillastående. Dammen ska helst vara omkring en meter djup eller djupare. På golfbanor finns det önskemål om att bygga större och djupare dammar för att även kunna använda dem som bevattningsreservoarer.

Ett bekymmer med dammar som saknar kontinuerlig tillförsel av vatten från omgivning- en är uttorkning. För att undgå att dammen förlorar sitt estetiska värde eller mister sin förmåga att cirkulera vattnet kan det vara ett måste att ha en metod för att tillföra färskvatten. En åtgärd som nämndes var att använda elektroniska styrsystem som via sensorer och pumpbrunnar reglerar vattnet till en fastställd nivå. Dessa system kan vid behov även dosera ut t.ex. ett antialgmedel eller en bakterieflora i en mängd som står i relation till den tillförda färskvattenmängden.

Andra tillbehör som kan vara lämpliga att installera från början är filter av olika slag t.ex. uv-filter och cyklonfilter. Dessa finns för olika storlekar av dammar och kan även monteras flera tillsammans vid behov. Till större dammar är det lämpligt att också använda flytande fontäner.

En av respondenterna lade också fram några förslag på lämpliga växter för syresättning av dammen: vass (*Phragmites australis*), säv (*Schoenoplectus lacustris*) och gul svärdsilja (*Iris pseudacorus*). Han nämnde också att det bör finnas någon form av stenmaterial i botten vilket medför att det bildas en biofilm med algreducerande verkan.

DISKUSSION OCH SLUTSATS

Åtgärder

Vad är då viktigt att tänka på för att reducera eller eliminera algblomning i dammar? Algblomningen och dess komponenter är beroende av relativt komplexa samband mellan olika parametrar som bl.a. dammens fysik, flödets hastighet, vattnets status och växternas sammansättning. En del av problemet vid byggnation av dammar (oavsett lokalisering) är att optimera dessa parametrar för att uppnå en konstruktion på dammarna så att de inte får problem med algblomning. För att komplettera denna optimering används det ibland olika artificiella hjälpmedel. Dessa gör det därmed möjligt att till större del styra konstruktionen mot önskad design eller för att reducera algblomningen i redan störda dammar. Syresättande hjälpmedel som t.ex. springvatten och fontäner höjer dessutom det estetiska intrycket av dammen, men det finns även andra som t.ex. luftpumpar, filter av olika slag och UV-belysning. En viktig åtgärd kan vara att säkerställa behovet av kontinuerlig tillgång på cirkulerande vatten, oftast då i form av färskvatten. Detta medför högre kostnader i drift och byggnation av dammarna men är ändå försvarbart med hänsyn till det estetiska värdet.

Med tanke på att tillflödets eller den omkringliggande markens näringinnehåll kan skifta mellan olika lokaler kan man nog sluta sig till att alla dammar inte har samma krav på konstruktionen. Men rent generellt finns det några viktiga komponenter som ska uppfyllas för att dammen ska få en lägre risk för algblomning.

Vid en jämförelse mellan litteraturstudien och intervjuerna har jag funnit att de viktigaste åtgärderna för att förhindra algblomning är:

- Näringsupptagande växtzon. Innan tillflödande vatten når dammen bör det passera en näringsupptagande växtzon, se figur 12, bilaga 4.
- Syre (O₂). Både vattnet och dammbotten bör innehålla tillräckligt med syre för att dels försörja växter och djur och dels för att binda fosfat till sedimentet. För att åstadkomma detta kan man använda sig av t.ex. gravitationsluftning, se figur 9 och 10, eller bottenluftare och fontän, se figur 14 och 15, bilaga 4.
- pH-värdet. Högt pH-värde (över 8) lösgör fosfat från substrat och dammbotten till vattenkolumnen. Vattnets pH bör ligga mellan 6,5 och 7,5.
- Djupet på dammen. Den risk för algblomning vad gäller grunda dammar är möjligen avhängig till hastigheten på flödet. Något enkelt uttryckt finns det möjligen en funktion av dammens djup och flödets hastighet, där man kan se vid vilka värden som risken för algblomning blir kritisk.

Skillnader – urbant och golfbanor

Mitt intryck är att algblomning i dammar på golfbanor är ett mindre bekymmer än vad det är i urbana dammar. Anledningen till detta är inte att man där har en högre acceptans utan snarare för att algblomning där inte är lika vanligt förekommande. De omfattande klagomålen som finns på algblomning i urbana dammar ger problemet där en annan dignitet. I synnerhet när klagomålen, som vi har sett, är så kraftiga att de kan äventyra hela konceptet med att anlägga nya dammar. Vad i består då skillnaderna mellan dessa olika placerade dammar och kan vår vetenskap om dessa skillnader ligga till grund för en slutsats om varför algblomningen inte är lika intensiv i de båda miljöerna?

På golfbanor har man generellt sett andra möjligheter att bygga större och djupare dammar. Dammar med större djup har generellt mindre problem med alger. Ett annat, kanske viktigare skäl är att man på golfbanor till större del använder sig av naturliga flöden eller dräneringar som vattenkällor till dammarna. Tillsammans ger dessa konstruktioner en mindre risk för uttorkning och stillastående vatten och därmed en mindre risk för algblomning. Cirkulation och rörelse på vattnet är viktigt, oberoende var dammen är placerad. Även små dammar på golfbanor med låg vattenomsättning kan drabbas av algblomning.

De slutna gräsmattorna på golfbanor är förmodligen viktiga som näringsfällor eftersom det är i avsaknad av etablerat gräs under första året, som man har problem med algblomning. Det går här att dra en parallell till att öppna vegetationsytor i anslutning till dammen medför en större risk för algblomning genom läckage av jordpartiklar och näringsämnen. Även näringsupptagande växter uppströms dammen är som vi sett viktiga för att reducera algblomningen. Detta innebär att redan när vattnet kommer in i dammen bör det helst ha ett lågt näringsvärde för att därmed undvika algblomning. Möjligen finns det en större risk för näringsläckage till urbana dammar eftersom det finns relativt fler ytor där som inte alltid är täckta med vegetation.

Likställer vi golfbanor med jordbruksmark i följande exempel innebär det i så fall att vattnet i urbana dammar dessutom har en annan näringsbalans. Urbana dagvattendammar visade sig i en undersökning utförd av Helsingborgs kommun ha lägre N/P kvot än dammar i jordbruksmark (Ljungblom, 2002:16). Det betyder att de urbana dammarna i detta exempel (men kanske även generellt) har ett överskott av fosfor, vilket ger högre risk för aggressiva blomningar av framförallt kvävefixerande cyanobakterier.

Fungerar halm?

Trots att resultaten från flera fältförsök anger att kornhalm har önskvärd verkan på alger (Ferrier et al. 2005:1794), finns det en viss (sund) skepticism mot att använda den. Detta kan bero på att halmens tillförlitlighet som antialgmedel inte är helt säkerställd och att det inte är helt klart vilka långtgående effekter halmen kan ha på vattenlivet. Det är även svårt att helt vara säker på vilka mängder halm man behöver för att få ett bra resultat. I laborieförsöken har man använt sig av relativt stora mängder halm; Soutukorva och Naumann såg signifikant påverkan på sina alger först vid 9g kornhalm/l (övriga prov bestod av 0,1g resp. 1,0g halm/l). Ferrier et al (2005) använde sig av en jämförbar mängd med 7,2g halm/l, vilket i deras fall gav väldigt olika resultat beroende på av vilken art målalgen var.

Vid en jämförelse med tillhandahållna fältförsök ser vi först och främst att mängden halm per liter vatten skiljer sig mellan försöken. Ferrier et al (2005) använde sig av 112kg halm/ha ($ha=10\,000m^2$) i dammar som var mellan 1,8 och 4,2m djupa och vars ytor varierade mellan 0,2 och 1,6ha. Approximerat kan vi säga att de använde sig av ca 5g halm/liter vatten i försöket. När de senare jämförde resultatet med deras halmlösa kontrolldamm kunde de inte se någon betydande skillnad av algmängden mellan dammarna. Ridge et al. (1999) redogör för ett liknande försök där man använde sig av 50g halm per m^3 dvs. 0,05g halm/l med resultatet att klorofyll *a* nivån (algmängden) sänktes betydande.

Halmens förmåga som algicid är med stor säkerhet beroende av vilka algarter som finns i vattnet. Dessutom kan osäkerheten i själva handhavandet av halmen vara av betydelse. Det kan finnas en viss risk med att låta halmen ligga kvar för länge eftersom den efter en tid av 6-12 månader förlorar sin inhiberande förmåga (Ridge et al. 1999:174) och kan därefter eventuellt fungera som näringskälla istället.

Slutats

Eftersom alger som grupp i stora drag är opportunister, lär det vid normala förhållanden alltid finnas någon art av alger i de dammar som berörs i detta arbete, oavsett vattnets kvalitet eller dammens utformning. Det vi vill undvika är att algpopulationen når en kvantitet där den diskvalificerar det estetiska intrycket. Det senare kan mycket väl vara en subjektiv bedömning eftersom känsligheten för synliga alger kan skifta från person till person men även från var dammen är lokaliserad.

Uppkomsten av algblomning styrs som vi har sett till stor del av tillgången på fosfor och kväve. För att reducera vattnets näringsinnehåll och därmed förhindra algblomning är framförallt dammens konstruktion men även dess placering viktiga parametrar. Men varje nyanläggning eller problemanalys på befintlig damm med algblomning är unik i sitt behov av åtgärd eller lösning på problemet just beroende på att förhållandena kan vara skiftande mellan olika dammar. Tillgången till vatten, vattnets näringshalt, dammens djup, det estetiska kravet, etc, har betydelse för vilken metod som är lämpligast.

För vidare studier inom ämnet skulle det vara intressant att göra fallstudier på dammar från olika lokaler. Detta för att undersöka algblomningens kvantitet i relation till vattnets näringsinnehåll, växtlighetens sammansättning, och dammkroppens utseende och ålder.

KÄLLFÖRTECKNING

Litteratur

Andersson, S (red) (2003). *Biology of plants*. New York: W.H Freeman and Company.

Aneer, G & Löfgren, S (1996). Algblomning-några frågor och svar. Stockholm: Länsstyrelsen.

Bra Böckers Lexikon 2000 (1997). Höganäs: Bra Böcker.

Bosch-Willebrand, I (1985). Rent vatten i dammen. *Utemiljö*. nr.2 ss. 39-40.

Brönmark, C och Hansson, L-A (1998). *The Biology of lakes and ponds*. Oxford: Oxford university press.

Crossland och Stephenson (1979). The role of pond studies in assessing the hazard of toxic chemicals to freshwater ecosystems. *British Crop Protection Council*. Proceedings of the 1979 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases (10th British Insecticide and Fungicide Conference) 19-22 november 1979, Brighton, England. Volumes 1, 2 and 3. ss: 453-459 Published: 1980?

Engstrand, K (2005). *Trädgårdens vatten*. Stockholm: Bokförlaget Prisma.

Ferrier, M.D., Butler, Sr. B.R., Terlizzi, D.E. & Lacouture, R.V. (2005). The effects of barley straw (*Hordeum vulgare*) on the growth of freshwater algae. *Bioresource Technology*. vol. 96 ss. 1788-1795.

Fransson, A (2001). Är kornhalm lösningen på problemet med algblomning i Viredaholmsjön? Meddelande 2001:20. Länsstyrelsen Jönköping.

Fredriksson, C (2006). *Våtmarken en naturskön reningsmetod med ftamtidslöfte för tätortens badsjöar*. Examensarbete. SLU

Gjessing, E.T. och Källkvist, T (1991). Algicidal and chemical effect of u.v.-radiation of water containing humic substances. *Wat.Res.* vol. 25 nr. 4 ss.491-494.

Granéli, E och Turner, J.T. (2006). *Ecology of Harmful Algae*. Berlin: Springer-Verlag.

Hagberg, A., Krook, J. & Reuterschöld, D. et al. (u.å.). *Åmansboken*. Landskrona: Saxån-Braåns vattenvårdskommitté.

Hammer, D. A. (red) (1991). *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Chelsea: Lewis Publisher Inc.

Jonsell, B (1980). *Alger*. Böj, Stockholms universitet.

Lindholm, T (1998). *Algfenomen och algproblem*. Åbo: Kirjapaino Grafia Oy.

- Ljungblom, I (2002). *Undersökning av plankton i anlagda våtmarker i Helsingborgs stad*. Opublicerat manuskript. Helsingborg: Helsingborgs stad, miljökontoret.
- Lönnngren, G (1995). *Våtmark-renare vatten och rikare livsmiljö*. Naturskyddsföreningen, Agenda 21 guide nr1, Stockholm.
- Lönnngren, G (1996). *Dammar*. Gröna Fakta nr:5. Movium.
- Lönnngren, G (2001). *Vatten i dagen*. Stad & Land nr 165. Svensk Byggtjänst.
- Malmqvist, P-A, Svensson, G & Fjellström, C (1994). *Dagvattnets sammansättning*. Svenska vatten- och avloppsverksföreningen (VAV). Solna: Svensk Byggtjänst.
- Miljövårdsberedningen (1982). *Algblomning*. Stockholm: Liber Allmänna Förlaget.
- Murray-Gulde, C.L., Heatley, J.E., Schwartzman, A.L. & Rodgers, Jr. J.H. (2002). Algicidal Effectiveness of Clearigate, Cutrine-Plus, and Copper Sulfate and Margins of Safety Associated with Their Use. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. vol. 43 ss. 19-27.
- de Oliviera-Filho, E.C., Lopes, R.M. & Paumgarten, F.J.R. (2004). Comparative study on the susceptibility of freshwater species to copper-based pesticides. *Chemosphere* vol. 56 ss. 369-374.
- Ridderstolpe, P (1987). Kräftors syrgasbehov och naturlig syresättning vid extensiv odling i dammar. *Information från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm*. 1987: 5 s. 13.
- Ridge, I., Walters, J. & Street, M. (1999). Algal growth control by terrestrial leaf litter: a realistic tool? *Hydrobiologia* 395/396 ss.173-180.
- Sandhall, Å (2001). *Mikrobilder i damm och sjö*. 2:a uppl. Åke Sandhall, Hans Berggren och Stenströms Bokförlag/Interpublishing.
- Soutukorva, S och Naumann, E (1994). *Kan algblomning kontrolleras med halm?* Examensarbete. Lunds universitet.
- Tonderski, K., Weisner, S., Landin, J. & Oscarsson, H. (red) (2002). *Våtmarksboken - skapande och nyttjande av värdefulla våtmarker*. Västervik: AB CO Ekblad & Co.
- Tonderski, K et al. (2003). Våtmarker-Närsaltsfällor och/eller myllrande mångfald? *Vatten* 59, ss. 259-270. Lund.
- Wagner, B (u.å.). Fiskfria vatten behövs! – Projekt Gråhakedopping.
- Wallsten, M och Solander, D (1988). *Vattenväxter och miljön*. Stockholm: Naturvårdsverket. (Rapport/Naturvårdsverket : 3945).
- Wendt-Rasch, L (2003). *Ecological effects of pesticides in freshwater model ecosystems*. (Elektronisk) Tillgänglig:
<http://theses.lub.lu.se/postgrad//search.tkl?lang=sv&field_query1=pubid&field_query2=&query1=sci_557&query2=&query=&recordformat=display&op1> (07-05-13).

Willén, E (1981). Vattenblomning. *Svensk Botanisk Tidskrift*, vol. 75: 6, ss. 345-355.

Willén, E., Willén, T. & Ahlgren, G. (1995). *Skadliga alger i sjöar och hav*. Stockholm: Naturvårdsverket . (Rapport/Naturvårdsverket : 4447).

Willén, E (2001). *Checklista över cyanobakterier i Sverige*. Uppsala: Wikströms AB.

Muntliga källor

Fridell, Kent. SLU Alnarp

Göthe, Tommy. Byggros AB

Hartzén, Lars-Olof. Sweco

Persson, Pär. Helsingborgs kommun

Seth, Karl-Oskar. Tema gruppen

Stål, Örjan. Sweco

Widarsson, Lars-Erik. Konsult

Åkesson, Håkan. ISS Landscaping

BILAGA 1 Intervjufrågor till respondenterna

1. Hur stort är problemet med algblooming, enligt Er?
 - a. Vilka dammar fungerar bra resp. dåligt med utgångspunkt från konstruktion och lokalisering?
 - b. Vad karakteriserar de dammar som drabbas av algblooming?

2. Vilka åtgärder gör Ni eller anmodar Ni andra att göra för att stävja algblooming i
 - a. befintliga dammar?
 - b. vid nyprojektering av dammar?

BILAGA 2 Ordlista

Aerob – syrgashaltig
Agrara – som hör till jordbruket
Algicid – gift mot alger
Anaerob – syrgasfri
Bentisk – bottenlevande
Brackvatten – vatten som är blandat av söt- och saltvatten
Ciliater – stor grupp av encelliga organismer utan eget klorofyll
Diffusion – spridning av material i gaser eller vätskor
Eutrof – näringsrik (om sjö)
Habitat – livsmiljö för djur
Herbivor – växtätare
Inhiberande – hämmande
Mesotrof – näringsneutral (om sjö)
Oligotrof – näringsfattig (om sjö)
Perifyton – påväxtalger (oberoende av underlag)
Population – artbestånd
Predator – bytestagare
Resuspension – upplösning av sediment
Växtplankton – mikroskopiska alger som lever fritt i vattnet
Terrestra – landlevande
Trichala – trådlika

BILAGA 3 Våtmarksväxter

Aggressiva växter

Enligt Lönngren (1996:48)

jätTEGRÖE – (*Glyceria maxima*)

rörflen – (*Phalaris arundinacea*)

vasstarr – (*Carex acuta*)

Syrealstrande växter

Enligt Engstrand (2005:104)

Ceratophyllum demeersum – hornsärv

Egeria densa – stor vattenpest

Hippuris vulgaris – hästsvans

Hittonia palustris – vattenblink

Nuphar lutea – gul näckros

Orontium aquaticum – guldkolv

Enligt Bosch Willebrand (1985:40)

Callitriche palustris – småvasshår

Ceratophyllum demeersum – hornsärv

Eledoa canadensis – vattenpest

Hydrocharis morsus ranae – dyblad

Lobelia dortmanna – notblonster

Myriophyllum – kransslinga

Potamogeton – natearter

Ranunculus lingua – sjöranunkel

Scirpus lacustris – sjösäv

Scirpus palustris – knappsäv

Stratiotes aloides – vattenaloe

Utricularia – vattenbläddra

BILAGA 4 Fotografier



Figur 12. Fotografi av växtzoner från Kristianstads golfklubb.



Figur 13. Fotografi av gravitationsluftare från Kristianstads golfklubb.



Figur 14. Fotografi av springvatten i mindre damm.



Figur 15. Fotografi av damm med knappt skönjbar bottenluftare, se pil.