

Utredning inför restaurering av Bagarsjön

Lännersta, Nacka kommun

Inledning

Bagarsjön är en kraftigt närsaltpåverkad tätortssjö i Lännersta, Nacka kommun. Sjön har ett stort värde som landskapselement, för rekreation, för bad och fiske.

Flera restaurerings och underhållsåtgärder har utförts i Bagarsjön av både Nacka kommun och de kringboende. Ändå är sjön kraftigt övergödd även från ett nationellt perspektiv.

Denna utredning presenterar ett underlag med föroreningsbelastning, växtnäringsbalans och förslag till olika åtgärder för att förbättra sjöns vattenkvalitet. Utredningen bygger i huvudsak på underlagsrapporter från sedimentprovtagning och kommunens sjöprovtagning. Utredningen är utförd på uppdrag av Nacka kommun.

Sjön har varit mindre då den östra delen av sjön var igenväxt. Denna del muddrades till ca 1,8 m djup 1988-89. Sjöns yta har då ökat med drygt en hektar och volymen med 25 000 m³. Åtgärden utfördes för att minska näringstillförsel, förbättra syreförhållandena och förutsättningarna för rekreation.

Bagarsjön har under decennier varit närsaltbelastad från enskilda avlopp, dagvatten och bräddning av kommunalt avloppsvatten. I dag kvarstår i stort endast dagvattentillförseln.

Genom tillförseln av växtnäring har sjön lagrat stora mängder näring i sedimentet. Detta har gjort sedimentet till ett betydande fosforlager.

Ökad mängd näring ger ökad produktion av planktonalger och vattenvegetation vilket i sin tur leder till ökad syretäring och sygasbrist i bottnarna vinter och sommardag.

Sjön har tidvis haft kraftiga algblomningar men ökande mängder grönslick har blivit ett problem som påverkar sjöns värde för rekreation.

För att få ett bra beslutsunderlag och förstå sedimentets roll i Bagarsjöns växtnäringsbalans är det nödvändigt att göra en fosforbudget för avrinningsområdet där de kunskaper som kommit fram genom sedimentstudierna vägs mot den externa fosfortillförseln.

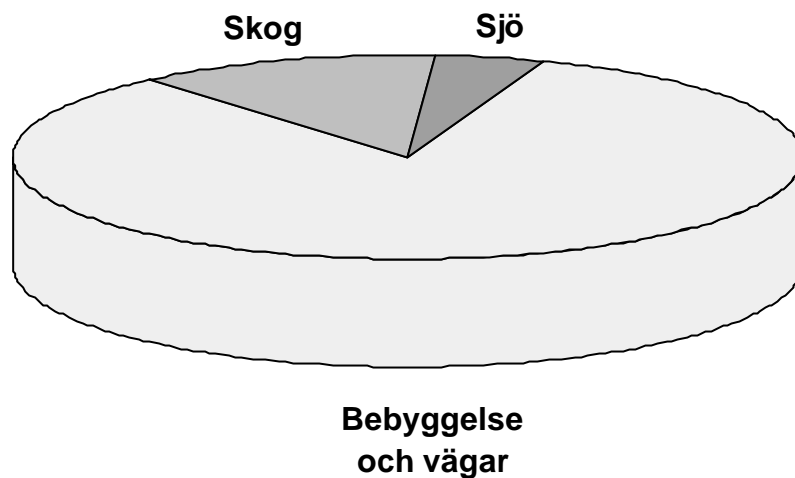
Bagarsjöns avrinningsområde

Avrinningsområdet (135 ha) domineras av bebyggelse ca 80 %. Bebyggelsen utgörs till största delen av villatomter med en blandning av naturtomter och anlagda trädgårdar. Området kan karaktäriseras som parkmark.

I området finns också en mindre andel skog - drygt 10%. Sjöytan är 5% (se figur 1).

Avrinningen i området är drygt 200 mm/år. Det innebär att avrinningen är ca 280 000 m³ /år.

Areal fördelning i Bagarsjöns avrinningsområde



Figur 1. Areal fördelning i Bagarsjöns avrinningsområde

Bagarsjöns vattenkvalitet

Bagarsjön har en yta av 6 ha. Volymen har beräknats till ca 205 000 m³. Det innebär en teoretisk omsättningstid av 9 månader. Avrinningsområdets andel hårdgjorda ytor är förhållandevis liten för att vara tätortsbebyggelse.

Sjöns skyddade läge gör att den förutom vintertid alltid är skiktad under sommar och höst.

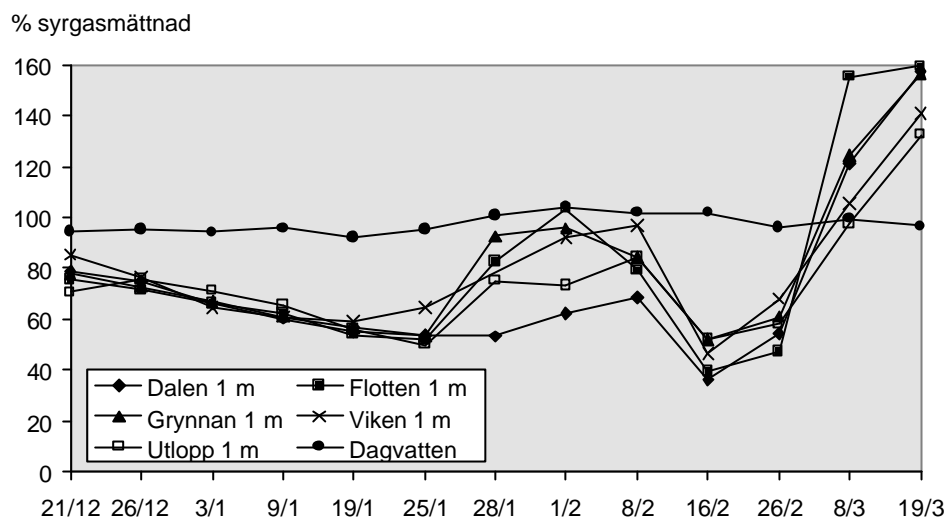
Det finns mätdata för framförallt fosfor (1979-1996) och siktdjup men också syrgasdata från senare år.

Syresituationen under senare år har karaktäriserats av extrem syrebrist ända upp till ett par meters djup under våren och från 3-4 m och ner mot botten under hösten.

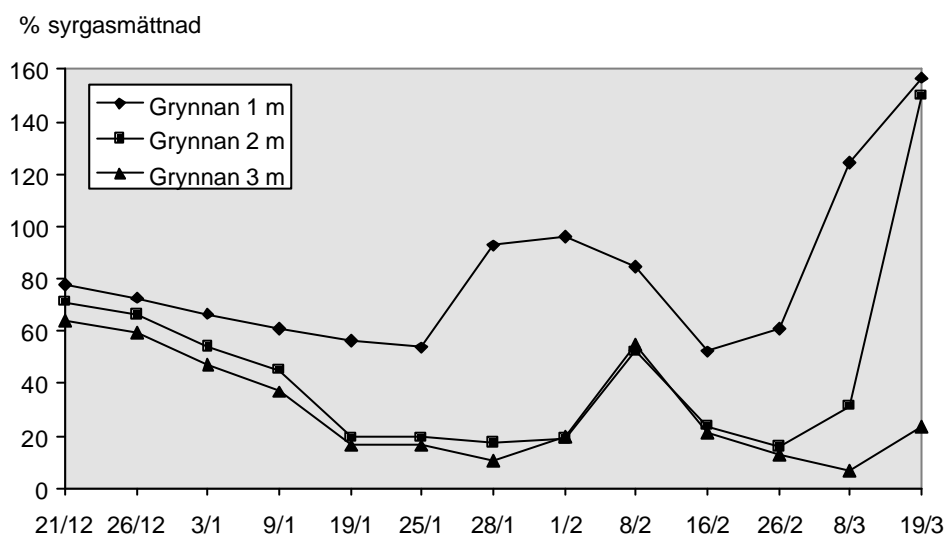
Badsjöfonden har mätt syrgashalten i sjön varje vecka under den gångna vinterperioden. Mätserien visar hur syrgasmättnaden avklingar efter isläggningen. Figur 2 visar variationen i syrgasmättnad på en meters djup på olika platser. Att syrgasmättnaden ökar periodvis beror på ökad fotosyntes som i sin tur beror på att snön smält bort i slutet av januari. Delar av sjön är skuggade från direkt sol. Därav skillnaderna månadsskiftet januari - februari då solen står lågt. Figur 3 och 4 visar två punkter där man mätt på större djup. Man kan se att fotosyntesen påverkar syrgasmättnaden ända ner på tre meters djup. Där tycks gränsen gå. Vid fyra meters djup är syrgasmättnaden nära noll.

Mätningarna visar att syrgasmättnaden, ner till två meter, varit tillräcklig för att fisk och kräftor ska överleva i detta djupområde under dessa förhållanden. Vintern 1995-96 var is- och snöförhållandena värre vilket gjorde att sjön var syrgasfri ända upp till ytan i vissa områden. Trots syresättningsförsök gick det inte att klara kräftbeståndet under vintern. Nya kräftor planterades in hösten 1996.

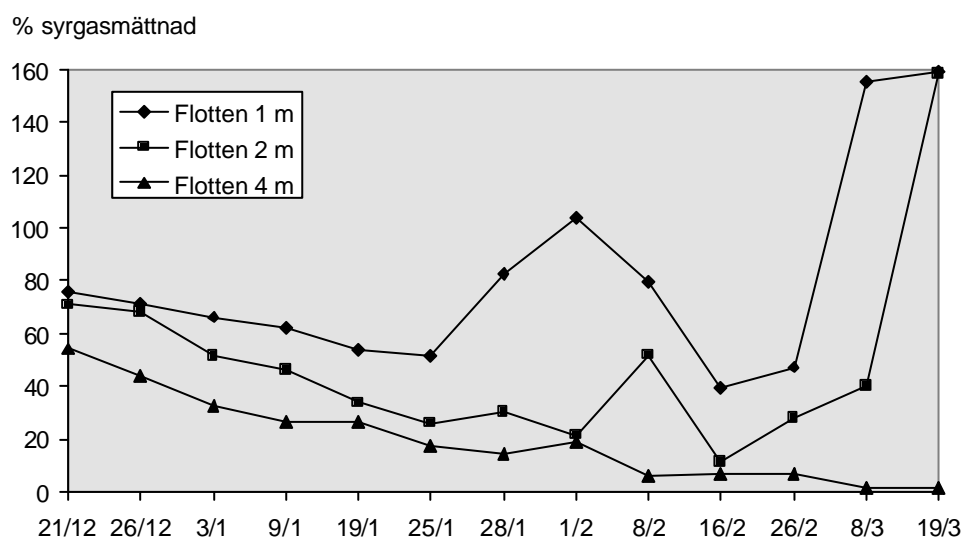
I dagvattentillfödet var syrgasmättnaden nära 100% under hela mätperioden.



Figur 2. Syrgasmättnad i Bagarsjön vintern 96-97 på 1 m djup och i dagvattentillflödet



Figur 3. Syrgasmättnad i Bagarsjön vintern 96-97 vid grynnan, 1-3 m djup



Figur 4. Syrgasmättnad i Bagarsjön vintern 96-97 vid flotten (badet), 1-4 m djup

Fosforhalten i yt- och bottenvatten varierar under året sannolikt beroende på hur lång tid bottarna varit syrefria. Medelfosforhalten 1979-96 redovisas i tabell 1.

Tabell 1: Medelfosforhalt i yt- och bottenvatten vår och höst för perioden 1979-96

	vår	höst
ytan	90	65
botten	197	381

De höga värdena i ytvattnet gör att sjön klassas som klass 5 - mycket näringsrikt tillstånd enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder. Antalet sjöar i denna klass är inte många ens i landet. Bagarsjön är en av hundratalet sjöar i denna klass.

Den mycket höga fosforhalten i ytan under våren orsakas av den extrema syrebristen under isen. Ca 75% av fosfor under isen är växttillgänglig och blir då grund för sommarens vegetationsutveckling. I tabell 2 har fosformängden i vattenmassan under stagnationen beräknats. Skillnaden i total mängd fosfor mellan vår och höst blir inte så stor då halten i ytan är lägre sommardid.

Tabell 2: Uppskattning av fosformängden i vattenmassan under senare år och i en opåverkad Bagarsjön

Vår (nuläge)				Sommar (nuläge)			
Djup	Volym (m ³)	P-halt (µg/l)	kg P	Djup	Volym (m ³)	P-halt (µg/l)	kg P
0-1	60000	90	5,4	0-1	60000	65	3,9
1-2	51020	90	4,6	1-2	51020	65	3,3
2-3	38776	100	3,9	2-3	38776	65	2,5
3-4	27347	100	2,7	3-4	27347	100	2,7
4-5	17959	150	2,7	4-5	17959	300	5,4
5-6	8163	200	1,6	5-6	8163	400	3,3
Totalt			20,9	Totalt			21,1

Vår (opåverkad sjö)				Sommar (opåverkad sjö)			
Djup	Volym (m ³)	P-halt (µg/l)	kg P	Djup	Volym (m ³)	P-halt (µg/l)	kg P
0-1	60000	20	1,2	0-1	60000	25	1,5
1-2	51020	20	1,0	1-2	51020	25	1,3
2-3	38776	20	0,8	2-3	38776	25	1,0
3-4	27347	25	0,7	3-4	27347	40	1,1
4-5	17959	35	0,6	4-5	17959	50	0,9
5-6	8163	50	0,4	5-6	8163	100	0,8
Totalt			4,7	Totalt			6,6

Beräkning av extern fosfortillförsel - källfördelning

Källfördelningen kan beräknas på flera olika sätt. En metod är att använda arealkoefficienter för olika ytor en annan är att använda schabloner för dagvatten och en tredje är att nyttja uppmätta data och göra ett antagande om vilka halter som kommer att bli framöver då alla enskilda avlopp är åtgärdade.

Att använda schabloner för dagvatten är inte rättvisande då dessa grundar sig på erfarenheter från tät bebyggelse med hög andel hårdgjorda ytor.

Arealkoefficienter

För skogen som i stor utsträckning är hållmarkstallskog ansätts en årlig arealförlust av 3 kg P per km².

Det är rimligt att karaktärisera den bebyggda marken som parkmark och här sätts arealförlusten till två gånger skogen dvs 6 kg P per km². Motivet till detta är att bebyggelsen är gles, tomterna är stora och att mycket vatten infiltreras.

Atmosfäriskt nedfall på sjöytan är ca 8 kg per km². Andelen vägar uppskattas till 5 ha och här har dagvattnets fosforhalt satts till 300 µg/l. Med dessa data blir fördelningen som i tabell 3. Bebyggelsen dominerar. Den totala tillförseln av fosfor blir enligt dessa beräkningar ca 10 kg per år. Alla enskilda avlopp är då åtgärdade. Ett enskilt avlopp med slamavskiljning från en familj motsvarar en fosforbelastning av 2- 2,5 kg fosfor per år. Med 10 stycken enskilda avloppsanläggningar anslutna till dagvattennätet ökar fosfortillförseln från 10 till 35 kg per år. Det innebär att fosforhalten i dagvattnet når nivåer som 200-300 µg/l. En belastning av 10 kg P/år tillsammans med dagvatten från vägar gör att halten fosfor i dagvattnet bör vara 75-150 µg/l.

Tabell 3: Källfördelningen i Bagarsjöns avrinningsområde beräknad med arealkoefficienter

	Yta (ha)	Fosforläckage (kg per år)
Bebyggelse	107	6
Vägar	5	3
Skog	17	0,5
Atmosfäriskt nedfall	6	0,5
Summa	135	10

Beräkning med uppmätta data

Nacka kommun har mätt fosforhalten i dagvattnet som rinner till Bagarsjön från 1993, vår och sommar.

Halterna uppvisar stora variationer mellan 72-214 µg tot-P/l och 7-139 µg/l som PO₄-P. Medelvärdet är 94 respektive 53 µg/l. Med utgångspunkt från dessa mätvärden beräknas tillförseln av fosfor via dagvattnet ha vara 10-15 kg per år. Från detta ska dras den fosfor som eventuellt kommer från enskilda avlopp som nu åtgärdats.

Tillgänglig fosfor i ytsedimentet

En studie av sedimenten har gjorts för att reda ut dels skillnader i sedimentens fosforinnehåll i olika delar av sjön dels för att se hur stora mängder lätt mobiliserbar fosfor som finns i sedimentytan.

Sedimenten i den restaurerade delen av sjön har lägre halter än i den västra delen. För att se om fosforhalten i den västra delen av sjön är högst i ytan kompletterades provtagningen med sedimentprov där ytsedimentet (0-5 cm) skiktades i centimeterskivor. Denna analys visade att sedimentytan (0-1 cm) hade högst fosforhalt. En sannolik orsak till detta är de utbredda syrefria bottnarna under vinter- och sommarstagnationerna och en överlagring av nytt sediment med fosfor som

bundits i biologiskt material under året. Den höga andelen organiskt fosfor i sedimentproven tyder på detta.

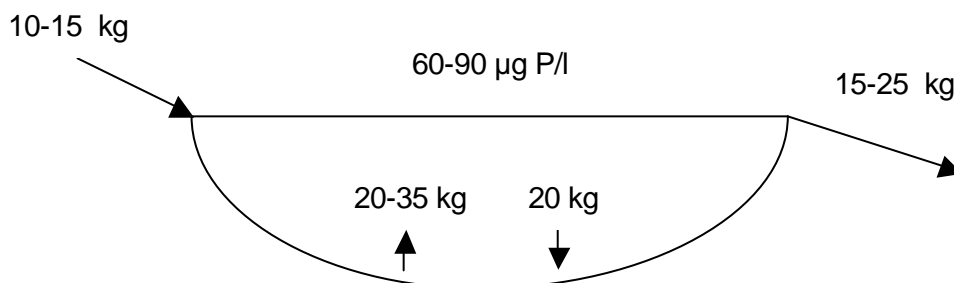
I den icke muddrade delen av sjöns hade ytsedimentet, som medelvärde, en halt av löslig fosfor motsvarande 60 µg/g ts. I de översta 5 cm av sedimentet (på större djup än 2 m) beräknas det då finnas totalt ca 20 kg lätt tillgänglig fosfor. Ytterligare några tiotal kg järnbunden fosfor kan bli tillgänglig under syrefria perioder. Drygt 100 kg fosfor är bunden till lätt nedbrytbart organiskt material. Totalt finns ca 400 kg fosfor upplagrade i denna yta. Det finns alltså god tillgång på mobiliserbar fosfor i sedimentet.

Fosforbudget

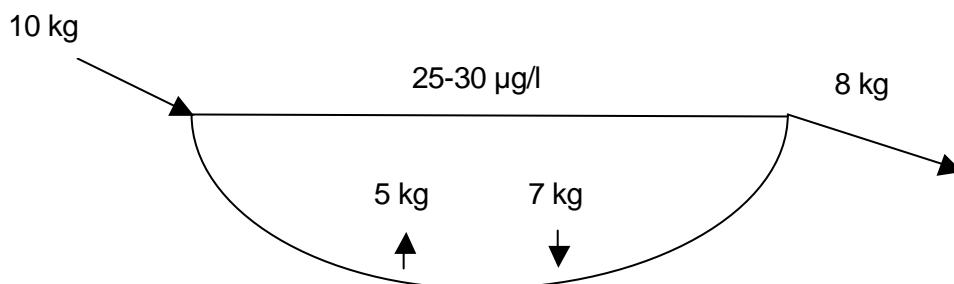
En grov fosforbudget ger indikationer om storleksordningar av fosforflöden.

I figur 5 redovisas en fosforbudget som grundar sig på tidigare redovisade data. Utflödet från sjön grundar sig på fosforhalter mellan 60-90 µg/l i sjön. Inflödet beskrivs enligt beräkningarna ovan. I vattenmassan finns ca 20 kg fosfor.

I figur 6 beskrivs en skattad budget som grundar sig på att sjön skulle nå ett tillstånd med 25-30 µg P/l. Det innebär att drygt 5 kg fosfor finns i vattnet vid stagnationsperioderna (se tabell 2). Tillflödet har minskat till 10 kg per år vilket är svårt att minska ytterligare. Med angivna fosforhalter i vattnet sjunker utgående fosformängden till 7-8 kg per år. Om man jämför denna situation med nuläget ser man att internbelastningen av fosfor kan vara förhöjd upp till 30 kg per år i relation till sjöns naturliga tillstånd. Fosforläckage från sedimenten har en betydande roll i sjöns övergödningssituation.



Figur 5: Beräknad fosforbudget för Bagarsjön (nuläge)



Figur 6: Skattad naturlig fosforbudget för Bagarsjön - Mål för restaurering

Förslag till åtgärder

Åtgärder för att minska extern belastning

Nacka kommun har genom ett aktivt åtgärdsarbete med enskilda avlopp, snart minskat den externa fosforbelastningen på Bagarsjön till en nivå där det är svårt att nå mycket längre utan höga kostnader. Den sannolika orsaken till den upplagring av fosfor som skett i sedimenten är decennier av utsläpp från enskilda avlopp och bräddning från kommunens spillvattennät.

En åtgärd för att ytterligare minska belastningen på sjön är att leda bort dagvatten. Det skulle endast minska sjöns omsättningstid och förvärra problemet eftersom sedimenten har en betydande roll i sjöns tillstånd.

En annan åtgärd är att öka andelen lokalt omhändertaget dagvatten som då renas och flödesutjämnas genom infiltration. Detta är en bra åtgärd som kan ge en minskning av uppskattningsvis ett kilo fosfor.

Ytterligare en åtgärd är att rena dagvattnet. Fällning skulle kunna minska den externa belastningen till några kilo fosfor. Problemet är att utflödet sker på flera ställen. Belastningen från dagvattenledningarna skulle kunna minskas väsentligt genom slamavskiljning i t ex en lamellseparator eller med vegetationsfilter. Genom att skilja av den partikulärt bundna fosfor skulle belastningen kunna minskas med 40-50%. Ett problem med dagvattenrening är att det är byggnadstekniskt svårt att få utrymme för en reningsanläggning.

Åtgärder mot intern belastning

Med rening av tillflödena kvarstår dock internbelastningen från sedimentet som på lång sikt skulle tömmas på lätt mobiliserbar fosfor.

För att snabbt nå resultat finns ett par restaureringsmetoder som är genomförbara. En reduktion av internbelastningen skulle göra att sjön snabbt skulle nå förhållanden som beskrivs i figur 6.

Muddring av sediment innebär att man avlägsnar några decimeter av sedimentet och då reducerar internbelastningen. Tekniken är beprövad men dyr. Behandlingen ger ett varaktigt resultat om den externa belastningen reducerats. Kostnaden uppskattas till 5-10 miljoner kronor med erfarenhet från liknande behandlingar i landet t ex Kundbysjön i Norrtälje kommun.

Fällning av bottenvatten med aluminiumklorid har givit goda resultat i Lejondalssjön i Upplands-Bro kommun. Här har sjön återvänt till ett tillstånd som i början av 1970-talet. Syretäringen, siktdjupet och fosforhaltererna har minskat radikalt. Erfarenheterna är också många och goda i USA, där det amerikanska Naturvårdsverket bedömer metoden som varaktig, kostnadseffektiv och med liten miljöpåverkan. Metoden bygger på att aluminium som bildar svårlösta fosforföreningar tillsätts nära botten. Fosfor binds på samma sätt som de naturliga fällningsprocesserna i sjön. Naturligt binds fosfor till aluminium, järn, mangan och kalcium. Behandlingen ger ett varaktigt resultat om den externa belastningen reducerats. Kostnaderna för en sådan behandling är mindre än 1 milj.kr.

Syresättning används också som metod för att undvika syrebristsituationer. Detta är tyvärr endast uppehållande verksamhet som inte ger ett varaktigt resultat. Syresättning kan dock vara ett hjälpmedel att rädda fisk och kräftor under vinterhalvåret då syretäringen är som störst.

Biomanipulering är ytterligare en metod att påverka förhållandena i sjön. Metoden bygger på att man fiskar mört och braxen för att minska betningen av djurplankton och på detta sätt öka djurplanktons betning av växtplankton. Detta ger ett förbättrat siktdjup. Bagarsjön har sannolikt inte denna obalans i fiskartssammansättningen som är en förutsättning för att metoden ska lyckas. Vidare är sjön skiktad och påverkad av en kraftig intern fosforbelastning. Metoden har fungerat väl i grunda Skånska sjöar med kraftig algblooming. Här har man lyckats förbättra siktdjupet till de nivåer som råder i Bagarsjön idag.

Sjöns tillfrisknande

Om Bagarsjön når det mål om att minska fosforomsättningen som angivits i figur 6 kommer sannolikt följande förändringar att ske:

?? minskad fosforhalt i yt- och bottenvatten

Genom att fälla bottenvattnet i sjön minskar uttransporten av fosfor från sedimenten. Det gör att halterna sjunker i hela vattenmassan. Tillförseln från omgivningen kommer att vara avgörande för hur länge behandlingen verkar. För att nå ett långsiktigt resultat måste alla enskilda avlopp vara åtgärdade.

?? förbättrat siktdjup

Ett resultat av minskade fosforhalter blir att produktionen av planktonalger minskar. Ett synbart bevis på detta är att siktdjupet ökar.

?? förbättrade syreförhållanden

En minskad produktion innebär också att det blir en minskad belastning av syretärande material på sedimenten. Det innebär att mindre mängd ska brytas ner under vinter och sommar vilket leder till att syreförhållandena i sjön kommer att förbättras. Det kommer dock att ta några år innan sjön får tillbaka syre i bottenvattnet hela sommarperioden men den syrefria perioden och omfattningen kommer att minska avsevärt

?? minskad tillväxt av grönslick

Grönslick är en växt som har en mycket god förmåga att "ta upp" näring ur vatten. Därför växer den till i stora mängder när det finns gott om näring. Den konkurrerar då med andra växter och med plankton. Det trots de höga fosforhalterna goda siktdjupet är sannolikt ett resultat av den stora produktionen av grönslick. Minskad tillgång på växtnäring gör att även produktionen av grönslick kommer att minska.

?? tillväxt av undervattensvegetation som ger förutsättning för ett gott kräftbestånd

Med förbättrat siktdjup och minskad produktion av grönslick kommer sannolikt undervattens- och flytbladsvegetation som tar näring ur sedimenten att öka på djup upp till 1,5-2 m. Detta ger föda och tillsammans med förbättrade syrgasförhållanden en mycket god grund för ett ökat kräftbestånd.

?? mera abborre och gädda - mindre mört och braxen

En sjös fiskartssammansättning är en bild av sjöns tillstånd. Dåligt siktdjup brukar gynna vitfisk som mört och braxen. Bra siktdjup brukar gynna gädda, abborre och gös.

Bagarsjöns bestånd av gädda och abborre bör alltså gynnas av förbättrad vattenkvalitet. Abborren gynnas också av ett ökande kräftbestånd.

?? förbättrat rekreativsvärde

Ett bra siktdjup, ökande bestånd av kräftor, gädda och abborre ger ett ökat rekreativsvärde sommartid för både bad och fiske. En sjö i balans har också ett högt värde som landskapselement i bebyggelsen.

Denna utredning bygger främst på erfarenheter från behandlingen av Lejondalssjön i Upplands-Bro kommun. Stor del av detta finns dokumenterat andra delar bygger på muntliga uppgifter från människor som bor vid Lejondalssjön. Utredningen bygger naturligtvis också på grundläggande limnologiska samband om påverkan av växtnäring på förhållanden i en sjö.

Tjusta mars 1997

För Vattenresurs AB

Sten-Åke Carlsson

Limnolog

08-584 807 70

info@vrab.se