

Kottlasjön - mot god status

En bedömning av åtgärdsbehov och åtgärdsalternativ med syfte att nå god ekologisk och kemisk status

Kottlasjön - mot god status
En bedömning av åtgärdsbehov och åtgärds­möjligheter med syfte att nå god ekologisk och kemisk status

Författare: Anna Gustafsson & Emil Rydin
2016-12-19
Rapport 2016:40
Naturvatten i Roslagen AB
Norra Malmavägen 33
761 73 Norrtälje
0176 – 22 90 65

SAMMANFATTNING	4
INLEDNING	5
UTREDNINGENS SYFTE.....	6
MILJÖMÅL FÖR KOTTLASJÖN.....	6
METODIK	7
KUNSKAPSUNDERLAG.....	7
STATUSKLASSNING	7
EKOLOGISK STATUS OCH PÅVERKANSAKTORER.....	9
EKOLOGISK STATUS I NULÄGET	9
FOSFORHALTER I VATTENMASSAN – SÄSONGSVARIATIONER OCH TRENDER	14
HUR HÖG FOSFORBELASTNING KAN TILLÅTAS?	17
FOSFORBELASTNING OCH KÄLLFÖRDELNING.....	20
KEMISK STATUS OCH PÅVERKANSAKTORER.....	22
KEMISK STATUS I NULÄGET	22
BEDÖMNING AV ÅTGÄRDSBEHOV	26
ÅTGÄRDSBEHOV FÖR ATT NÅ GOD EKOLOGISK STATUS	26
ÅTGÄRDSBEHOV FÖR ATT NÅ GOD KEMISK STATUS	27
ÅTGÄRDSFÖRSLAG	28
POTENTIELLA ÅTGÄRDER FÖR MINSKAD EXTERN FOSFORBELASTNING	28
ÅTGÄRD AV INTERN FOSFORBELASTNING	28
KUNSKAPSHÖJANDE ÅTGÄRDER.....	33
ÖVRIGA ÅTGÄRDSFÖRSLAG OCH HÄNSYNTAGANDEN	33
FÖRVÄNTADE EFFEKTER AV ÅTGÄRDER.....	34
REFERENSER	36

Sammanfattning

Kottlasjön uppvisar i nuläget övergödningsrelaterad problematik med kraftiga algblomningar och utarmade faunasamhällen på de djupare bottenarna. Även fisksamhället och sjöns nedsatta ljusförhållanden visar att Kottlasjön är övergödningspåverkad. Sjöns ekologiska status bedöms vara måttlig eller otillfredsställande. Kemisk status bedöms med nuvarande kunskapsunderlag vara sämre än god med anledning av förhöjda halter av bly och möjligen även antracen i sediment. Utredningen som presenteras i föreliggande rapport syftar till att undersöka om det för Kottlasjön finns behov av åtgärder mot övergödning och miljöstörande ämnen, samt vilka åtgärder som i så fall kan vara möjliga och lämpliga. Utredningen utfördes av Naturvatten AB på uppdrag av Lidingö Stad.

Om Kottlasjön ska ges förutsättningar att uppnå god ekologisk status krävs att fosforbelastningen från land (extern belastning) ligger på en acceptabel nivå, samt att fosforläckaget från bottenarna (intern belastning) är begränsat. Utredningen tyder på att fosforbelastningen från landbaserade källor (25-30 kg/år) ligger på en acceptabel nivå relativt den som enligt beräkningar kan tillåtas (30 kg/år). Med tanke på osäkerheter i beräkningarna bör rimliga åtgärder ändå vidtas för att ytterligare minska den externa fosforbelastningen till sjön, detta i syfte att säkerställa att belastningen verkligen ligger på en gynnsam nivå. Potentiella åtgärder omfattar bland annat kompletterande reningsåtgärder för dagvatten från Breviksområdet.

Den högsta tillåtna beräknade fosforbelastningen förutsätter att intern fosforpåverkan inte förekommer annat än i begränsad omfattning. Så är inte fallet i Kottlasjön, där fosforläckage från bottenarna i nuläget tvärtom tycks vara betydande och beräknas uppgå till cirka 10 kg/år. Med tanke på Kottlasjöns begränsade vattenomsättning är det mycket osannolikt att den interna belastningen skulle avklinga genom "sjävläkning", åtminstone inom de närmaste årtiondena. Aluminiumbehandling av sedimenten bedöms preliminärt vara den bäst lämpade metoden för åtgärd av detta miljöproblem. Andra tänkbara åtgärdsmetoder är behandling med bentonitlera/lantan (Phoslock) eller sugmuddring.

I syfte att åstadkomma en säkrare klassning av kemisk status föreslås en uppföljande undersökning av miljöstörande ämnen i sediment samt undersökning av metaller i vatten. Först då en uppdaterad klassning genomförts kan åtgärdsbehovet avseende miljöstörande ämnen bedömas. Preliminärt omfattar behovet en minskad belastning av bly och möjligen även antracen. Ökad belastning av miljöstörande ämnen till sjön bör inte tillåtas, något som bör säkerställas vid prövning av planer och verksamheter inom sjöns avrinningsområde.

Inledning

Kottlasjön är Lidingös största sjö belägen på öns södra del i höjd med Skärsätra och Brevik (Figur 1). Till Kottlasjön mynnar Stockbyån från Stockbysjön samt ett dikesliknande vattendrag från den restaurerade våtmarken Västra Långängskärret. Kottlasjön avvattnas via Mölnaån till Lilla Värtan. Sjöns miljö kvalitet har övervakats sedan 70-talet genom Lidingö Stads övervakningsprogram. Kunskapen från dessa årliga undersökningar kompletteras av undersökningar av bottenfauna (2012), växtplankton (2016), fiskesamhälle inklusive miljöstörande ämnen i fisk (2016).

Vattenkvaliteten uppvisar stora variationer och inga statistiskt säkerställda trender kan beläggas för provtagningsperioden. Växtplankton förekommer i förhöjda mängder och toxinbildande cyanobakterier har registrerats i sjön. Fisksamhälle och botten djur visar tecken på övergödningpåverkan. Ljusförhållandena är nedsatta och djupbottenarna drabbas återkommande av dåliga syrgasförhållanden, både vinter- och sommartid. Ett tydligt läckage av fosfor från bottenarna kan tidvis konstateras. Trots tydliga övergödningproblem är Kottlasjöns naturvärden höga och här förekommer bland annat den rödlistade kransalgen uddslinke och en artrik bottenfauna och vattenvegetation. Bly och eventuellt även antracen förekommer i något förhöjda halter i sedimenten. Kvicksilver förekommer generellt i förhöjda halter i fisk i Sverige, så även i Kottlasjön.

Utredningen som presenteras i föreliggande rapport syftar till att undersöka om det för Kottlasjön finns behov av åtgärder mot övergödning och övergödningrelaterad problematik samt miljöstörande ämnen, och vilka åtgärder som i så fall kan vara möjliga och lämpliga. Utredningen utfördes av Naturvatten AB på uppdrag av Lidingö Stad.



Figur 1. Kottlasjön är Lidingös största sjö belägen på öns södra del i höjd med Skärsåtra och Brevik. Till Kottlasjön mynnar Stockbyån från Stockbysjön samt ett dikesliknande vattendrag från den restaurerade våtmarken Västra Långängskärret. Kottlasjön avvattnas via Mölnån till Lilla Värtan.

Utredningens syfte

Syftet med utredningen är att undersöka om det för Kottlasjön föreligger något åtgärdsbehov under förutsättning att mål motsvarande god ekologisk status och god kemisk status ska uppnås. Utredningen syftar till att ge Lidingö Stad underlag för att identifiera och implementera åtgärdsstrategier för Kottlasjön.

Miljömål för Kottlasjön

Kottlasjön utgör inte någon vattenförekomst och omfattas därför inte av miljö kvalitetsnormer enligt förordningen om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön (2004:660). Utredningens utgångspunkt är att Kottlasjön ska uppfylla de miljömål som föreslås i Blåplan för Lidingö Stad. Dessa miljömål innebär kvalitetskrav motsvarande de miljö kvalitetsnormer som skulle ha gällt om sjön klassats som vattenförekomst, det vill säga mål om god ekologisk och kemisk status.

För Kottlasjön lyder förslaget till miljömål *God ekologisk status 2021*, med tidsfrist för övergödning samt *God kemisk status 2021*, med tidsfrist för bly och eventuellt antracen samt med undantag i form av mindre strängt krav med avseende på kvicksilver och bromerade difenyletrar

(PBDE). I likhet med principerna i EU:s ramdirektiv för vatten (2000/60/EG) innebär det även att inget vatten får försämrats. Miljömålen för Kottlasjön är inte juridiskt bindande, men vägledande i Lidingö Stads vattenförvaltningsarbete.

Blåplan för Lidingö Stad

Den Blåplan som upprättades 2016 för Lidingö Stad och syftar till att effektivisera och förbättra planerings- och beslutsprocesser rörande vattenfrågor så att miljö kvalitetsnormer och övriga miljömål kan nås för stadens vattenförekomster och övriga vatten. Som underlag till Blåplanen upprättades 2015 så kallade objekt faktablad för Kottlasjön samt även för Stockbysjön, Västra Långängskärret, Mölnåån och Stockbyån. I faktabladen identifieras status, naturvärden, miljöproblem, påverkansfaktorer och åtgärdsbehov.

Metodik

Kunskapsunderlag

Utredningen utgick från befintligt kunskapsunderlag om ekologisk och kemisk status och föroreningsbelastning samt källfördelning. Uppgifter om status hämtades huvudsakligen ur de utredningar kring Kottlasjöns status och naturvärden som 2015 och 2016 togs fram på initiativ av Lidingö stad och som utgör underlag för stadens Blåplan (Gustafsson 2015, objekt faktablad för Kottlasjön daterat 2015-12-16, Lindqvist & Gustafsson 2016). I detta underlagsmaterial sammanställs även kunskap från tidigare utredningar. Uppgifter om näringsstatus kompletterades med mätdata för det senaste året (2016). Kunskap om den externa föroreningsbelastningen till Kottlasjön erhöles ur en utredning utförd 2016 (WRS). Uppgifter om intern belastning av fosfor samt läckagebenägen fosfor i Kottlasjöns bottnar hämtades ur en utredning från 2015 (Gustafsson & Rydin 2015).

Statusklassning

Klassning av ekologisk och kemisk status utfördes enligt Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19; 2015:4) och vägledningar (Vattenmyndigheterna 2013, Havs- och Vattenmyndigheten

2016). I nedanstående avsnitt ges en översikt kring principer och tillvägagångssätt för statusklassning. För en närmare beskrivning av hur statusbedömningen går till hänvisas till Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter och vägledningar (<https://www.havochvatten.se/hav/vagledning--lagar/vagledningar/vattenforvaltning/om-vattenforvaltning/statusklassning-av-ytvatten.html>). Nämnvärt är att test och vidareutveckling av bedömningsgrundernas biologiska indikatorer har utförts inom forskningsprogrammet WATERS (Waterbody Assessment Tools for Ecological Reference Conditions and Status in Sweden, <http://waters.gu.se/>). Detta arbete kommer troligen leda till en revidering av bedömningsgrunderna, vilket i sin tur kan medföra att Kottlasjön - även vid ett oförändrat tillstånd - kan komma att bedömas till annan ekologisk status än i nuläget.

Klassning av ekologisk status

Klassificering av ekologisk status görs till någon av klasserna hög, god, måttlig, otillfredsställande eller dålig status efter ökande grad av avvikelse från det naturliga tillståndet. Avvikelsen beräknas genom jämförelse mellan uppmätta värden (miljökvalitetsdata) och referensvärden. Referensvärden som beskriver det naturliga tillståndet kan vara objektspecifika, det vill säga gälla en särskild sjö, eller mer eller mindre generella, exempelvis gälla sjöar av en viss naturtyp eller i en viss ekoregion.

Statusklassningen utförs med hjälp av biologiska, fysikalisk-kemiska och hydromorfologiska kvalitetsfaktorer där biologiska variabler ges störst tyngd. De biologiska kvalitetsfaktorer som undersöks i sjöar är växtplankton, bottendjur, fisk och vattenvegetation. Bland de fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorerna ingår näringsämnen, siktdjup, syrgas, försurning samt så kallade särskilda förorenande ämnen (SFÄ). Till den senare gruppen räknas exempelvis koppar, zink och PCB (polyklorerade bifenyler). Under hydromorfologi klassas konnektivitet, hydrologisk regim och morfologisk tillstånd. Dessa kvalitetsfaktorer beskriver bland annat förekomst och effekt av vandringshinder, vattenståndsvariationer och markanvändning i sjöns närområde. De hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna är stödfaktorer till de biologiska kvalitetsfaktorerna och används endast i statusklassificeringen om både de biologiska och fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorerna indikerar hög status.

Klassning av kemisk status

Kemisk status klassas baserat på halter av så kallade prioriterade ämnen. Dessa är 45 ämnen som är utvalda för åtgärder inom EU då de utgör en risk för ytvattenmiljön och/eller finns uppmätta i ytvatten inom EU. Prioriterade ämnen har EU-gemensamma gränsvärden som motsvarar miljökvalitetsnormen för kemisk status. Om miljökvalitetsnormen

överskrids uppnås inte god kemisk status i vattenförekomsten och åtgärder måste vidtas. Fastställda gränsvärden framgår av gällande föreskrift (HVMFS 2013:19; 2015:4). Bedömning görs till klasserna god kemisk status eller uppnår ej god kemisk status. Miljökvalitetsnormer för prioriterade ämnen finns framförallt för vattenfas, men omfattar även gränsvärden för biota (14 ämnen) och sediment (5 ämnen). För ämnen och/eller matriser där fastställda gränsvärden saknas användes de gränsvärden som anges av Havs- och vattenmyndigheten (skrivelse daterad 2013-09-27, Dnr 3383-13). Flera dessa gränsvärden uppges av myndigheten vara osäkra och bör enbart användas för att bedöma behovet av uppföljande övervakning. Klassning av organiska miljögifter i sediment ska göras efter normalisering till 5 procents kolhalt.

Ekologisk status och påverkansfaktorer

Ekologisk status i nuläget

Baserat på det kunskapsunderlag som fanns tillgängligt till och med 2015 bedömdes Kottlasjön ha måttlig ekologisk status. Den uppdaterade klassning som gjorts i denna utredning utifrån ett kompletterat underlag indikerar en mer uttalad övergödningspåverkan, nämligen otillfredsställande ekologisk status. Växtplankton (2016) var utslagsgivande för utfallet. Även de djupare bottnarnas bottenfaunasamhällen (2012) uppvisar en förändring motsvarande otillfredsställande ekologisk status. Fisksamhället (2016) indikerar måttlig ekologisk status liksom makrofyter (2015); den sistnämnda kvalitetsfaktorn bedöms dock vara tillförlitlig vid klassning till måttlig status. Syrgasförhållandena i sjöns bottenvatten är normalt mycket ansträngda vid skiktade förhållanden. Att syrgashalterna ligger nära noll indikerar dålig status. Eftersom syrgashalterna kan vara naturligt låga bör bedömningen ses som osäker. Ljusförhållanden (siktdjup) indikerar måttlig-otillfredsställande status. Näringsämnen (totalfosfor) indikerar god status men klassningen är osäker eftersom fosforhalterna uppvisar stor variation och överlappar mot måttlig status. Särskilda förorenande ämnen omfattade bedömning av ammoniak och PCB. Kottlasjön uppnår god ekologisk status avseende båda dessa ämnen/ämnesgrupper.

Nämnvärt är att bedömning till sämre än god status motiveras även av hydromorfologiska kvalitetsfaktorer med anledning av att vandringshinder förekommer i sjöns utlopp Mölnåån. Denna påverkan beskrivs genom kvalitetsfaktorn konnektivitet vilken klassas som otillfredsställande. Att

konnektiviteten är otillfredsställande betyder att möjligheter till spridning och fria passager för djur och växter mellan i det här fallet Kottlasjön och Lilla Värtan är starkt begränsade. De hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna påverkar inte den sammanvägda bedömningen av ekologisk status (se avsnittet *Statusklassning*), men får anses bekräfta klassning till sämre än god status.

I nedanstående avsnitt presenteras enskilda variabler och kvalitetsfaktorer med bäring på övergödningsrelaterad statusklassning. Här redovisas även status avseende särskilda förorenande ämnen. För mer detaljerade uppgifter hänvisas till tidigare undersökningar och utredningar (Holmborn 2012, Gustafsson 2015, Lindqvist & Gustafsson 2016).

Näringsämnen – totalfosfor

Statusklassning för näringsämnen baseras på medelvärdet av totalfosforhalt i ytvatten i augusti för minst tre år.

Gränsvärdet mellan god och måttlig status är enligt Vattenmyndigheten (källa: VISS) 33 µg totalfosfor/l (referensvärde 16,7 µg/l). En klassning baserad på data för den senaste treårsperioden (2013, 2015, 2016; data saknas för 2014) indikerar god status (Tabell 1). Sett till den senaste tioårsperioden är utfallet måttlig ekologisk status. Bedömningarna är osäkra eftersom fosforhalterna uppvisar stor variation och överlappar gränsen mellan god och måttlig status.

Nämnvärt är att ett alternativt referensvärde för fosfor beräknades i denna utredning. Beräkningen baserar sig på Kottlasjöns alkalinitet och medeldjup och resulterade i en något lägre referenshalt (14,3µg/l) än den myndigheten redovisar. Som en följd av detta blir också gränsvärdet mellan god och måttlig status något lägre, nämligen 29 µg totalfosfor/l istället för 33 µg totalfosfor/l. Bedömningar i utredningen gjordes mot det referensvärde myndigheterna redovisar, men med kommentarer kring de förutsättningar som ges av det beräknade lägre referensvärdet.

Tabell 1. Klassning av ekologisk status baserat på näringsämnen (totalfosfor) den senaste tre- respektive tioårsperioden. Mätdata saknas för 2014.

Näringsämnen	Treårsperiod (2013, 2015, 2016)	Tioårsperiod (2007-2016)
Totalfosfor (µg/l)	27	37
Status	god	måttlig

Ljusförhållanden – siktdjup

Statusklassning för ljusförhållanden baseras på medelvärdet av siktdjup i augusti för minst tre år.

Gränsvärdet mellan god och måttlig status är ett siktdjup av 2,2 meter (referensvärde 4,4 m). En klassning baserad på data för den senaste treårsperioden (2012, 2015, 2016; data saknas för 2013 och 2014) indikerar otillfredsställande status (Tabell 2). Samma utfall ges för den senaste tioårsperioden är utfallet. Bedömningarna är säkra i relation till klassgränsen mellan god och måttlig status.

Tabell 2. Klassning av ekologisk status baserat på ljusförhållanden (siktdjup) den senaste tre- respektive tioårsperioden. Mätdata saknas för 2013 och 2014.

Ljusförhållanden	Treårsperiod (2012, 2015, 2016)	Tioårsperiod (2007-2016)
Siktdjup (m)	1,3	1,4
Status	otillfredsställande	otillfredsställande

Syrgasförhållanden

Statusklassning för syrgasförhållanden utgår från minimivärden i bottenvattnet.

Dåliga syrgasförhållanden (syrgashalt < 3 mg/l) registreras regelbundet, om än inte årligen, vid de mätningar som genomförs i Kottlasjöns bottenvatten vinter och sommar. Minimivärden för den senaste tre- respektive tioårsperioden ligger nära noll (Tabell 3). En slutlig klassning av syrgasförhållanden ska göras mot ett beräknat referensvärde. Eftersom det med nuvarande bedömningsgrunder ofta är svårt att fastställa rimliga referensvärden, är bedömningen att Kottlasjöns syrgasförhållanden motsvarar sämre än god status, det vill säga som bäst måttlig status.

Tabell 3. Klassning av ekologisk status baserat på syrgasförhållanden (syrgashalt) i bottenvattnet den senaste tre- respektive tioårsperioden. Mätdata saknas för 2014.

Syrgasförhållanden	Treårsperiod (2013, 2015, 2016)	Tioårsperiod (2007-2016)
Syrgas (mg/l), minvärde	0,8	0,5
Status	sämre än god	sämre än god

Växtplankton

Statusklassning för växtplankton ska baseras på en sammanvägning av totalmängd (biomassa), andel cyanobakterier och så kallat trofisktplanktonindex (TPI) för minst tre år och månaderna juli och augusti. De klassningar som redovisas här utgår från den enda fullständiga planktonanalys som enligt vår kännedom gjorts för Kottlasjön, det vill säga data från 2016 (Lindqvist & Gustafsson 2016). En sammanvägd bedömning baserad på detta underlag indikerar otillfredsställande ekologisk status för Kottlasjön avseende näringsämnespåverkan på växtplankton (Tabell 4). Den totala växtplanktonbiomassan i Kottlasjön var vid båda provtagningstillfällena att betrakta som mycket hög motsvarande dålig status. Andelen cyanobakterier indikerade otillfredsställande status, liksom även TPI. Med tanke på att bedömningen

enbart baseras på data från ett år, och inte tre i enlighet med Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter, bör resultaten i viss mån betraktas som osäkra.

I tillägg till denna bedömning redovisas en förenklad klassning som baserar sig på klorofyllhalter de två senaste åren (2015-2016) (Tabell 5). Klorofylldata för perioden 2008-2014 saknas. Gränsvärdet mellan god och måttlig status är 17 µg totalfosfor/l (referensvärde 5,0 µg/l). Klassningen indikerar sämre än god status.

Tabell 4. Statusklassning av näringsämnespåverkan avseende växtplankton i Kottlasjön baserat på medelvärden av data från juli och augusti 2016.

Variabel	Enhet	Värde	EK	Status
Sammanvägd status	-	1,14	-	Otillfredsställande
Totalbiomassa	µg/l	14000	0,01	Dålig
Andel cyanobakterier	%	71	0,30	Otillfredsställande
TPI	-	2,49	0,09	Otillfredsställande

Tabell 5. Klassning av ekologisk status baserat på klorofyllhalt de senaste två åren (2015, 2016). Data saknas för perioden 2008-2014.

Växtplankton	Medelvärde 2015 och 2016
Klorofyll (µg/l)	32,4
Status	sämre än god

Bottenfauna

Statusklassning för bottenfauna baseras för strandzonen (litoral) på ASPT-index som avses ge ett mått på integrerad miljöpåverkan. Data från 2012 indikerar god ekologisk status (Tabell 6). Status för de djupa bottenarna (profundalen) klassas med ledning av BQI-index. Detta index indikerar otillfredsställande status.

Tabell 6. Klassning av ekologisk status baserat på bottenfauna (litoral och profundal) 2012. För litoral anges värden för de båda stationer som undersökts.

Bottenfauna	Värde (2012)	Status (2012)
Litoral (ASPT)	4,20 / 5,33	God / God
Profundal (BQI)	1,00	Otillfredsställande

Fisk

Klassning av data från provfiske utfört 2016 resulterade i måttlig ekologisk status. Parametrar som tydligast indikerar övergödningspåverkan är en hög biomassa (fångst per ansträngning) och låg diversitet (sett till antal).

Makrofyter (vattenvegetation)

En bedömning baserad på data från inventering av makrofyter 2015 gav utfallet måttlig ekologisk status. Eftersom kvalitetsfaktorn makrofyter inte bedöms vara tillförlitlig vid klassning till just måttlig status ges resultatet inte någon tyngd i den sammanvägda bedömningen.

Särskilda förorenande ämnen (SFÄ)

Uppgifter om särskilda förorenande ämnen finns enbart för ammoniak och det organiska miljögiftet polyklorerade bifenyl (PCB) (Tabell 7 och 8). Ammoniakhalter beräknades för perioden 2007-2016 med ledning av mätdata för pH, temperatur och ammoniumkväve. Halterna låg under gränsvärdena för såväl årsmedelhalt som maximalt tillåten koncentration och uppnådde således god ekologisk status. PCB-6 uppmättes 2016 i fisk (abborre) i halter som utgjorde en bråkdel av gränsvärdet. God ekologisk status uppnåddes alltså även med avseende på denna ämnesgrupp.

Tabell 7. Beräknade halter av ammoniak i Kottlasjön 2007-2016 visas tillsammans med gränsvärden (MKN) enligt HVMFS 2015:4. Ammoniakhalterna låg under gränsvärdena för årsmedelhalt och maximalt tillåten koncentration och uppnådde således god ekologisk status.

2007-2016	Kottlasjön		MKN	
	Årsmedel µg/l	Årsmax µg/l	Årsmedel µg/l	Årsmax µg/l
Ammoniak	0,8	5,0	1,0	6,8

Tabell 8. PCB-6 (summan av kongenerna 28, 52, 101, 138, 153 och 180) i fisk (abborre) från Kottlasjön 2016 visas tillsammans med gränsvärden enligt HVMFS 2015:4. Uppmätta halter låg under gränsvärdet och för PCB uppnås således god ekologisk status.

2016	Kottlasjön µg/kg vv	MKN µg/kg vv
PCB-6	2,2	125

Slutsatser kring ekologisk status

Enligt de klassificeringar av ekologisk status som utförts uppvisar Kottlasjön en tydlig övergödningsrelaterad påverkan sett till framförallt växtplankton och de djupare bottnarnas faunasamhällen. Klassning av dessa båda kvalitetsfaktorer indikerar otillfredsställande ekologisk status. Utfallet av klassningen för växtplankton bör betraktas som något osäkert eftersom dataunderlaget enbart omfattar ett år (2016), och inte tre år enligt gällande bedömningsgrunder. Även klassningen avseende djupbottenfauna kan ses som något osäker då låga syrgashalter och art- och individfattiga faunasamhällen kan förekomma även naturligt. Stöd för bedömning till sämre än god ekologisk status ges dock av fisksamhällets sammansättning (måttlig status) och sjöns nedsatta ljusförhållanden (otillfredsställande status). Eftersom totalfosforhalten i Kottlasjön i nuläget varierar kring en nivå som motsvarar gränsvärdet för god ekologisk status är det inte möjligt att utifrån klassningen av näringsämnen peka på något

åtgärdsbehov i form minskade totalfosforhalter. Utfallet av statusklassningen är således i viss mån motsägelsefullt.

Mätdata för särskilda förorenande ämnen finns enbart för ammoniak och PCB. Kottlasjön uppnår god ekologisk status med avseende på båda dessa ämnen/ämnesgrupper.

Fosforhalter i vattenmassan – säsongsvariationer och trender

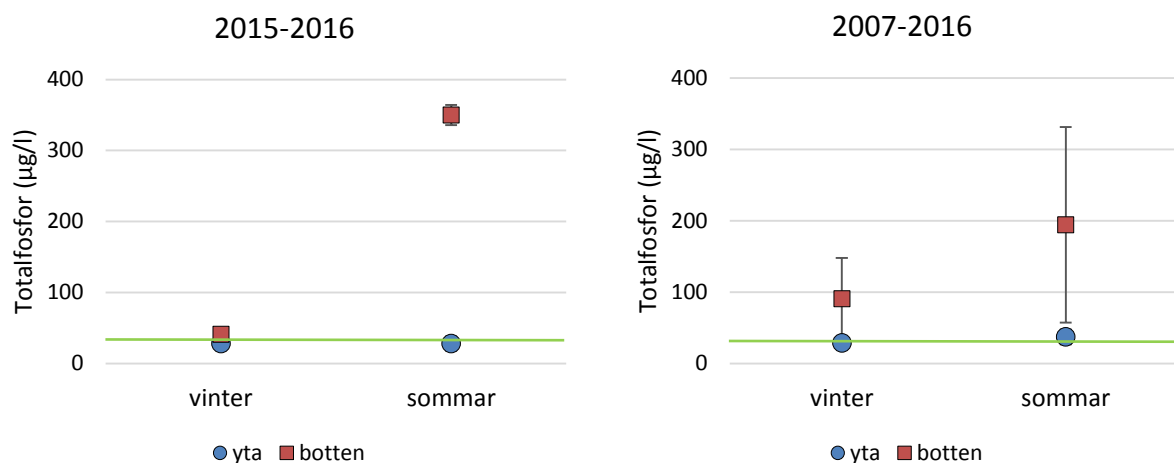
Övergödningsrelaterad problematik kan i sjöar väntas vara primärt relaterade till förhöjda halter av fosfor i och med att detta näringsämne normalt är styrande för både vårens och sommarens produktion av växtplankton/cyanobakterier. Statusklassning baserat på totalfosforhalt visar enligt avsnittet ovan på god eller hög ekologisk status trots att växtplankton, och även bottenfauna (profundal), indikerar övergödningspåverkan. Det är därför intressant att undersöka hur totalfosforhalten varierar över året, samt hur halterna har utvecklats över tid. Eftersom miljöövervakningsprogrammet för Kottlasjön enbart omfattar provtagning två gånger per år (sommar och vinter) är möjligheterna att undersöka och tolka säsongsdynamiken dock begränsade. Detta avsnitt syftar till att belysa om totalfosforhalterna i Kottlasjön, trots det i nuläget gynnsamma utfallet av statusklassningen, kan tyda på att det föreligger en problematik relaterad till höga fosforhalter samt om det skett några förändringar som tyder på att sjöns näringsstatus avseende fosfor förändrats i önskvärd riktning.

Säsongsvariationer – vad styr fosforhalten i vattenmassan?

Totalfosforhalten i Kottlasjöns yt- respektive bottenvatten visas nedan som medelvärde för vinter respektive sommar den senaste två åren (2015-2016) samt för det senaste decenniet (2007-2016) (Figur 2 och 3). Gränsvärdet för god ekologisk status (33 µg totalfosfor/l augusti) indikeras med grön linje.

Som figurerna visar låg ytvattenhalten kring gränsvärdet för god status både sommar och vinter (observera dock att gränsvärdet enbart avser halter under sommaren). De senaste två åren låg fosforhalten i bottenvattnet vintertid på ungefär samma nivå som ytvattenhalten. Sett till hela perioden var bottenhalten vintertid i medeltal tre gånger så höga som ytvattenhalten. Under sommaren ses tydligt förhöjda halter för båda perioderna. Haltökningen beror på att fosfor som frisatts från sedimenten ackumuleras i bottenvattnet då sjön är skiktad till följd av temperaturskillnader. Mellanårsvariationerna tycks dock vara stora och vissa år kan inget läckage påvisas. Detta indikeras av de höga standardavvikelsena för bottenvatten sett till hela perioden. Att förhöjda

fosforhalter inte registrerats i bottenvattnet vissa år kan tolkas som att fosforläckaget från sedimenten varit begränsat. Det kan också vara en effekt av att skiktningen tillfälligtvis brutits i den relativt grunda sjön och att fosfor som läckt från sedimenten och initialt ackumulerats i bottenvattnet redan blandats upp i vattenmassan vid provtagningstillfället. Klart är under alla omständigheter att Kottlasjön åtminstone tidvis påverkas genom en intern belastning av fosfor, framförallt under sommaren men även vintertid.



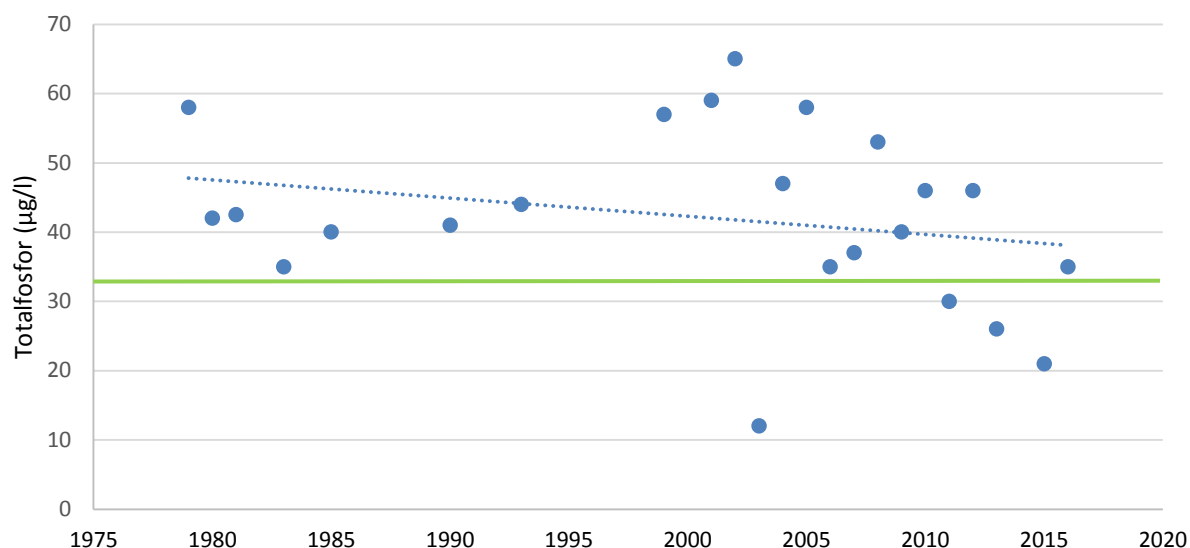
Figur 2 och 3. Totalfosforhalt ($\mu\text{g/l}$) sett som medelvärde med standardavvikelse för vinter (feb-mars) och sommar (aug-sept) de senaste två åren (2015-2016) (vänster bild) samt det senaste decenniet (2007-2016) (höger bild). Gränsvärdet för god ekologisk status ($33 \mu\text{g/l}$, augusti) indikeras av grön linje.

Eftersom data saknas för höst och vår är det inte möjligt att säkert säga vad som styr sjöns fosforhalter under dessa perioder. Mot bakgrund av den betydande internbelastning som påvisas ovan är det mycket sannolikt att fosforhalterna i ytan under hösten framförallt styrs av fosforflödet från sjöns botten. Detta sker genom att vattenmassan omblandas under hösten och den fosfor som ackumulerats i bottenvattnet först upp i de ytliga vattenmassorna. Givet den långsamma vattenomsättningen i Kottlasjön är det också sannolikt att effekten av denna fosforpåverkan ligger kvar under vintern vissa år.

Påverkan från landbaserade fosforkällor kan väntas vara störst vid perioder av hög avrinning, normalt sett november-april. Belastningen från land utgörs av olika fosforformer varav vissa blir växttillgängliga först med tiden, och ytterligare andra är inerta och kommer överhuvudtaget inte att bidra till sjöns primärproduktion. Fosfatfosfor är den mest potenta fosforformen då den är hundra procentigt och direkt tillgänglig för upptag av fotosyntetiserande organismer (växtplankton, trådalger, vattenvegetation). Den interna belastningen sker i form av just fosfatfosfor och kan därmed förväntas få stort genomslag i ekosystemet.

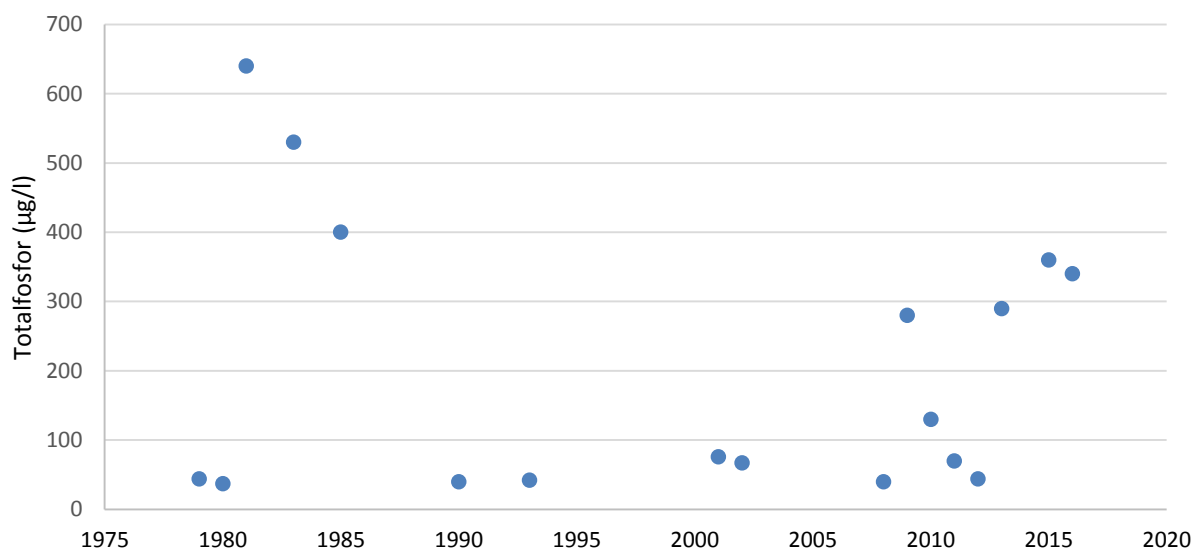
Fosforhalternas utveckling över tid

Totalfosforhalten i Kottlasjöns ytvatten sommartid visas nedan för hela undersökningsperioden (Figur 4). Halterna uppvisar en stor variation, framförallt för perioden sedan sekelskiftet. Trendlinjen (prickad) i figuren indikerar avtagande halter. Denna utveckling är dock inte statistiskt säkerställd. Någon trend av avtagande halter kan inte heller beläggas då enbart den senaste tioårsperioden beaktas. Klart är dock att totalfosforhalten i Kottlasjön vid tre tillfällen de senaste åren legat under gränsvärdet mot god status.



Figur 4. Totalfosforhalt ($\mu\text{g/l}$) i Kottlasjöns ytvatten sommartid 1979-2016. Trendlinjen (prickad) indikerar minskade halter men denna utveckling är inte statistiskt säkerställd. Gränsvärdet för god ekologisk status ($33 \mu\text{g/l}$) indikeras av grön linje.

Fosforhalterna i Kottlasjöns bottenvatten uppvisar enligt avsnittet ovan stora variationer även då enbart sommarperioden betraktas. Att så är fallet framgår tydligt då halterna för en längre period betraktas (Figur 5). I början och mitten av 80-talet registrerades mycket höga fosforhalter vid bottenarna. Kraftigt förhöjda halter, om än betydligt lägre än de tidigare uppmätta, noterades därefter först 2009 och återkommande 2013, 2015 och 2016 (mätdata saknas för 2014). Att förhöjda fosforhalter inte registrerats i bottenvattnet vissa år kan enligt avsnittet ovan bero på att fosforläckaget från sedimenten varit begränsat, men kan också vara en effekt av att vattenmassorna omblandats innan provtagningstillfället. Att utifrån dessa förutsättningar uttala sig om trender är mycket vanskligt. Ställt utom tvivel är att Kottlasjön ännu påverkas genom en intern belastning av fosfor.



Figur 5. Totalfosforhalt ($\mu\text{g/l}$) i Kottlasjöns bottenvatten sommartid 1979-2016.

Slutsatser kring Kottlasjöns fosforhalter

Som framgår ovan är det inte möjligt att säkerställa någon trend av minskande fosforhalter i Kottlasjöns yt- och bottenvatten.

Ytvattenhalterna sommartid har vid de senaste tre mätillfällena (2013, 2015, 2016) legat under eller strax över den nivå som motsvarar gränsvärdet mellan god och måttlig ekologisk status. Ytvattenhalterna uppvisar sedan sekelskiftet kraftiga variationer. Även fosforhalterna i bottenvattnet uppvisar stora mellanårsvariationer med tidvis mycket höga halter till följd av fosforläckage från sedimenten. En tänkbar förklaring till mellanårsvariationerna är skillnader i skiktningförhållanden i kombination med den interna fosforbelastningen. Antaget att ett betydande fosforläckage normalt sett sker från sjöns organogena sediment skulle mellanårsvariationerna i yt- och bottenvatten kunna förklaras av att den relativt grunda sjön vissa år varit omblandad strax innan sommarens provtagning, och ibland varit stabilt skiktad. En sådan mekanism skulle kunna förklara de ovanligt låga fosforhalterna i ytvattnet och ovanligt höga bottenvattenhalterna de senaste tre undersökningsåren. Vid stabilt skiktade vattenmassor i slutet av sommaren kan effekten av den betydande internbelastningen inte mätas i ytvattnet. Eftersom bedömningen av ekologisk status baseras på just augustivärden synliggörs inte denna problematik genom statusklassningen.

Hur hög fosforbelastning kan tillåtas?

I detta avsnitt presenteras en analys som syftar till att fastställa hur hög fosforbelastning Kottlasjön tål under förutsättning att god ekologisk status ska uppnås.

Effekten av en viss fosfortillförsel på fosforhalten i sjö kan skattas med hjälp av teoretiska beräkningsmodeller. Genom att tillämpa denna typ av modell är det alltså möjligt att skatta hur hög fosforbelastning som kan tillåtas till Kottlasjön vid en viss given fosforhalt i sjöns vattenmassa. Den totalfosforhalt som eftersträvas är enligt ovan maximalt 33 µg/l, vilket alltså motsvarar gränsvärdet mellan god och måttlig ekologisk status för Kottlasjön.

En enkel och ofta använd massbalansmodell är den så kallade Vollenweider-modellen (Vollenweider 1975). Modellen uppskattar långtidsmedelvärden av totalfosforhalt i en sjö som befinner sig i jämvikt, det vill säga efter en längre tid med samma fosforbelastning. Modellen beskriver hur stor andel av inflödande fosfor som på årsbasis fastläggs i sedimenten som en funktion av vattnets uppehållstid i sjön. Längre uppehållstid innebär att en större andel av utsläppt fosfor hinner sedimentera i sjön. Förhållandet mellan totalfosforhalt i sjön och inflödeshalten kan uttryckas som:

$$TP = TP_{in} / (1 + \sqrt{T})$$

TP = Totalfosforhalt (µg/l) i sjön vid jämvikt

TP_{in} = Inflöde av totalfosfor (µg/l)

T = Sjöns omsättningstid (år)

Vollenweider-modellen har senare kalibrerats inom OECD (1982), dels för generella förhållanden, dels för nordiska förhållanden. Kalibreringarna skiljer sig från Vollenweiders ursprungsformel med två konstanter (K1 och K2) enligt nedan:

$$TP = K1 * (TP_{in} / (1 + \sqrt{T}))K2$$

Generella förhållanden (hela databasen): K1=1,55; K2=0,82

Nordiska förhållanden: K1=1,12; K2=0,92

Den generella OECD-kalibreringen baseras på data från ett 80-tal sjöar med varierande karaktär sett till morfometri och vattenkemi. Den senare kalibreringen grundar sig på mätdata från ett tiotal sjöar i Norden där svenska förhållanden representeras av mätvärden från Mälaren och Vätten.

Eftersom den nordiska kalibreringen baseras på betydligt större och djupare sjöar än de aktuella lämpar sig sannolikt den generella kalibreringen är bättre för Kottlasjön. Eftersom det är svårt att slå fast vilken modell/kalibrering som bäst beskriver förutsättningarna i Kottlasjön beräknades den högsta tillåtna fosforbelastningen enligt samtliga tre modellutföranden. Beräkningen gjordes i samtliga fall utifrån en totalfosforhalt av 33 µg/l, vilket alltså motsvarar gränsvärdet mellan god och måttlig ekologisk status i Kottlasjön. Övrig indata vid beräkningen var sjöns teoretiska omsättningstid. Omsättningstiden beräknades till 1,5 år baserat på årlig tillrinning (m³) och sjövolym (m³). Årlig tillrinning

beräknades från uppgifter om specifik avrinning ($7,0 \text{ l/km}^2/\text{s}$) vilken i sin tur beräknades från uppgifter om vattenföring i det delavrinningsområde som Kottlasjön tillhör (SUBID 50603, SMHIs vattenwebb) samt ett lokalt avrinningsområde på $2,57 \text{ km}^2$ (Jönsson & Stråe 2016). Uppgifter om sjövolym ($0,81 \text{ Mm}^3$) och medeldjup ($3,5 \text{ m}$) erhöles ur data från den ekolodning som gjordes 2015 vid kartering av vattenvegetation och framställning av djupkarta.

Utfallet av modellberäkningarna enligt Vollenweider och OECD var en högsta tillåten fosforbelastning av 32-41 kg/år (Tabell 9). Det innebär vidare att fosforhalten i tillrinnande vatten får vara högst cirka 57-73 $\mu\text{g/l}$ sett som årsmedelvärde. Modelleringen enligt den generella OECD-kalibreringen gav det mest restriktiva utfallet. Mot bakgrund av de osäkerheter som modellberäkningarna innebär anser vi att detta mest restriktiva utfall bör vara vägledande i förvaltningen av Kottlasjön. Det innebär således en högsta tillåten fosforbelastning av cirka 30 kg/år. Det motsvarar en högsta tillåten inkommande fosforhalt av cirka 55 $\mu\text{g/l}$. Om den externa fosforbelastningen till Kottlasjön ligger vid denna nivå, eller lägre, ges alltså förutsättningar för att sjön ska uppnå god ekologisk status.

Motsvarande beräkning utifrån det lägre gränsvärde för totalfosfor som beräknats i utredningen, nämligen 29 $\mu\text{g/l}$, indikerar i det mest restriktiva fallet en högsta tillåten belastning av 28 kg/år. Det motsvarar en högsta tillåten inkommande fosforhalt av cirka 50 $\mu\text{g/l}$.

Tabell 9. Modellerad högsta tillåten fosforbelastning (kg/år) samt högsta tillåtna fosforhalt i tillrinnande vatten ($\mu\text{g/l}$) till Kottlasjön vid en totalfosforhalt av 33 $\mu\text{g/l}$.

Modellvariant	Högsta tillåtna fosforbelastning (kg/år)	Högsta tillåtna fosforhalt ($\mu\text{g/l}$) i tillrinnande vatten
Vollenweider	41	73
OECD generell	32	57
OECD Norden	40	70

Slutsatser kring tillåten fosforbelastning

Med hänsyn till det mest restriktiva utfallet av utförda modellberäkningar bör fosforbelastningen till Kottlasjön tillåtas vara högst cirka 30 kg/år. Det motsvarar en fosforhalt av i medeltal cirka 50 $\mu\text{g/l}$ i tillrinnande vatten. Om den externa fosforbelastningen ligger vid denna nivå, eller lägre, ges enligt modelleringen förutsättningar för att Kottlasjön uppnå god ekologisk status med hänsyn till näringsämnen. Detta gäller under förutsättning att sjön befinner sig i jämvikt vilket innebär att den externa belastningen ska ha varit den samma under en längre tid, samt att någon intern fosforbelastning inte förekommer.

Fosforbelastning och källfördelning

I detta avsnitt presenteras uppgifter om fosforbelastningen till Kottlasjön, samt fosforns källfördelning. Sammanställningen syftar till att ge en bild av den totala fosforbelastningen till sjön för att kunna relatera den till den högsta tillåtna fosforbelastning som presenteras ovan samt till sjöns ekologiska status. Uppgifterna om källfördelning är även ett nödvändigt underlag för åtgärdsinriktat arbete mot de mest betydande näringskällorna.

Fosforbelastningen till Kottlasjön kan delas upp på två huvudkategorier; extern belastning och intern belastning. Den externa belastningen beskriver den fosforpåverkan som sker till sjön från dess tillrinningsområde, alltså via markanvändning, avlopp, djurhållning etc. Denna kategori omfattar påverkan från tillrinnande vattendrag och diffusa källor, det vill säga påverkan från markområden som inte avvattnas till en samlad punkt. Till den externa belastningen räknas också den fosfor som tillförs sjön från luften genom så kallad atmosfärisk deposition. Den interna fosforbelastningen sker från sjöns botten genom frisättning av fosfat från sedimenten. I nedanstående avsnitt skattas den externa och interna fosforbelastning som råder i nuläget.

Extern fosforbelastning

Den externa fosforbelastningen till Kottlasjön beräknas uppgå till drygt 40 kg/år brutto (Jönsson & Stråe 2016). Med hänsyn rening och retention beräknas nettobelastningen till 25-30 kg/år. För detaljer kring den externa belastningen hänvisas till aktuell utredning (Jönsson & Stråe 2016).

Intern fosforbelastning

Enligt vad som framgår av ovanstående avsnitt (*Fosforhalter i vattenmassan – säsongsvariationer och trender*) förekommer tidvis förhöjda halter av fosfatfosfor vid Kottlasjöns botten. De förhöjda halterna är ett resultat av att fosfor frisatts från sedimenten och därefter ackumulerats i bottenvattnet i samband med att vattenmassan är skiktad. Denna typ av fosforpåverkan kallas internbelastning. Generellt är nedbrytning av fosforrikt organiskt material i sedimenten den primära källan av fosfat till vattenmassan även under naturliga belastningsförhållanden. En betydande internbelastning kan dock uppkomma då den externa belastningen under låg tid varit alltför hög för att tillförd fosfor ska kunna fastläggas i bottenarna. Sedimenten övergår då från att vara en nettofälla för fosfor till att bli en nettokälla.

I Kottlasjön ses stora mellanårsvariationer i fosforhalt vid bottenarna och vissa år kan inget läckage påvisas. Att förhöjda fosforhalter inte registrerats i bottenvattnet vissa år kan enligt tidigare avsnitt tolkas som att fosforläckaget från sedimenten varit begränsat. Det kan också vara en

effekt av att skiktningen tillfälligtvis brutits i den relativt grunda sjön och att fosfor som läckt från sedimenten och initialt ackumulerats i bottenvattnet redan blandats upp i vattenmassan vid provtagningstillfället. Klart är under alla omständigheter att Kottlasjön åtminstone tidvis påverkas genom en intern belastning av fosfor, framförallt under sommaren men även vintertid.

Skattningar baserade på mätdata från de båda senaste årens mätdata (2015, 2016) indikerar en internbelastning av cirka 8-15 kilo fosfatfosfor. Uppgiften måste betraktas som osäker då den baseras på två års data från enbart en provtagningsstation, två djup (yta/botten) och två provtagningstillfällen. Därtill saknas uppgifter om skiktningförhållanden. Det ska också påpekas att 2015 uppvisade den högsta bottenhalt av fosfatfosfor (240 µg/l) som noterats den senaste tioårsperioden. Trots att totalfosforhalten 2016 vid botten låg på samma höga nivå som 2015 (350 µg/l) var fosfatfosforhalten betydligt lägre (150 µg/l). Att så var fallet är förvånande och kan möjligen förklaras av att resuspenderat (uppgrumlat) bottenmaterial påverkat analysresultatet.

År 2015 genomfördes på initiativ av Lidingö stad en undersökning av läckagebenägen fosfor i Kottlasjöns bottnar. Undersökningen tyder på att det totala förrådet av fosfor som med tiden väntas läcka till Kottlasjöns vattenmassa motsvarar cirka 650 kilo (Gustafsson & Rydin 2015). Med tanke på Kottlasjöns begränsade vattenomsättning är det troligt att huvuddelen av denna fosfor under lång tid framöver kommer att cirkulera i sjösystemet och där bidra till att upprätthålla övergödningseffekter så som kraftiga algblomningar.

Slutsatser kring belastningssituationen

Under förutsättning att totalfosforhalten i Kottlasjön får vara högst 33 µg/l, motsvarande gränsvärdet mellan god och måttlig ekologisk status, beräknas att den externa belastningen kan tillåtas uppgå till cirka 30 kg fosfor per år. Den nuvarande externa belastningen beräknas till 25-30 kg fosfor per år (Jönsson & Stråe 2016) och tycks alltså ligga i samma härad som den acceptabla belastningen eller något under denna. Med tanke på osäkerheter i de båda belastningsberäkningarna bör rimliga åtgärder ändå vidtas för att ytterligare minska den externa fosforbelastningen till sjön. Detta i syfte att säkerställa att den externa belastningen verkligen ligger på en gynnsam nivå.

Den beräknade tillåtna externa fosforbelastningen (cirka 30 kg/år) utgår från att intern fosforbelastning inte förekommer annat än i begränsad omfattning. Så är inte fallet i Kottlasjön, där fosforläckage från bottnarna i nuläget tvärtom tycks vara betydande och beräknas uppgå till cirka 8-15 kg fosfor per år. Skattningar av den interna fosforbelastningen kompliceras för Kottlasjön av det knapphändiga underlagsmaterialet och

de stora mellanårsvariationerna. Uppgifterna om intern belastning måste därför ses som osäkra. Att sjöns botten håller ett i sammanhanget stort förråd av fosfor (650 kg) som med tiden väntas läcka till Kottlasjöns vattenmassa framgår av tidigare utredning (Gustafsson & Rydin 2015).

Kemisk status och påverkansfaktorer

Kemisk status i nuläget

Baserat på det kunskapsunderlag som fanns tillgängligt till och med 2015 (metaller och organiska miljögifter i sediment, Lidingö Stad 2010) bedömdes Kottlasjön ej uppnå god kemisk status vad gäller bly och eventuellt även antracen i sediment. Den uppdaterade klassning som nu gjorts utifrån ett kompletterat underlag visar vidare att kvicksilver och polybromerade difenyletrar (PBDE) i fisk förekommer i halter över fastställda miljökvalitetsnormer (Lindqvist & Gustafsson 2016). Dessa båda ämnen/ämnesgrupper ligger generellt över gränsvärdet i Sverige och omfattas därför av ett nationellt kvalitetsundantag vid statusklassning. I nedanstående avsnitt ges en fördjupning av utfallet av klassning av kemisk status för Kottlasjön.

Metaller

Av undersökta metaller i sediment 2010 överskrider bly fastställt gränsvärde (Tabell 10). Bedömningen baseras på att halterna i tre av sex provpunkter överskrider miljökvalitetsnormen. Högst var halterna i Kottlasjöns södra vik (172 mg/kg TS), vid utloppet mot Mölnån. Nämnvärt är att denna provpunkt även uppvisade de högsta halterna av kadmium (2,1 mg/kg TS) och kvicksilver (0,555 mg/kg TS) vilket indikerar lokal påverkan till viken. I de två av de tre provtagningspunkter där bly inte överskred miljökvalitetsnormen låg halten mycket nära gränsvärdet eller motsvarande precis detta (126-130 mg/kg TS). Enbart utanför inloppet från Stockbyån uppmättes en låg blyhalt (ca 30 mg/kg TS). Medelvärde för bly exkluderar mätdata från denna punkt eftersom den kan anses icke-representativ för Kottlasjön som helhet.

Kadmiumhalten låg genomgående under gränsvärdet (Tabell 10). För kvicksilver saknas fastställt gränsvärde för sediment. Halterna kan dock jämföras mot det gränsvärde som föreslagits av Havs- och vattenmyndigheten, men som anges vara alltför osäkert för klassning

(skrivelse 2013-09-27). Som framgår av tabellen nedan låg uppmätta halter genomgående under detta preliminära gränsvärde.

Tabell 10. Metallhalter (mg/kg TS) i sediment från sex provtagningspunkter i Kottlasjön 2010 visas tillsammans med gränsvärden enligt HVMFS 2015:4. För kvicksilver avser gränsvärdet (inom parentes) Havs- och vattenmyndighetens förslag till gränsvärde ((skrivelse 2013-09-27). Uppmätta halter redovisas som medelvärden med högsta halt inom parentes. Medelvärdet för bly exkluderar mätdata från området utanför inloppet från Stockbyåns eftersom denna punkt kan anses icke-representativ för Kottlasjön som helhet. Bly överskrider gränsvärdet och uppnår ej god kemisk status.

Metaller i sediment (mg/kg TS)	Kottlasjön	MKN
Kadmium	1,49 (2,14)	2,3
Bly	148 (277)	130
Kvicksilver	0,380 (0,555)	(0,670)

Kvicksilverhalten i muskel från de fem abborrar som analyserades i samband med provfiske 2016 uppgick till 210-710 µg/kg våtvikt (Tabell 11). Normerat till 1-kilosgädda motsvarar detta i genomsnitt cirka 610 µg/kg våtvikt. Samtliga dessa värden ligger högt över miljö kvalitetsnormen (20 µg/kg våtvikt) vilket innebär att god kemisk status ej uppnås. Kvicksilverhalten i svenska vatten är genomgående förhöjda och kvicksilver omfattas därför av ett generellt kvalitetsundantag.

Tabell 11. Uppmätta och normerade halter av kvicksilver (µg/kg vv) i Kottlasjön 2016 visas tillsammans med nationellt medelvärde för sjöar (Karlsson & Viktor 2014), gränsvärde för god kemisk status (HVMFS 2015:4) samt gränsvärden för saluföring (EG 1881/2006).

	Kvicksilver (µg/kg vv)
Kottlasjön, uppmätt (abborre)	210-710
Kottlasjön, normerat (1-kg gädda), medel	607
Gränsvärde god kemisk status (HVMFS 2015:4)	20
Gränsvärde för saluföring, gädda (EG 1881/2006)	1000
Gränsvärde för saluföring, abborre (EG 1881/2006)	500
Nationellt medel sjöar (Karlsson & Viktor 2014)	473

Värt att notera är att kvicksilverhalten (normerade) i Kottlasjön ligger högre än det nationella medelvärdet för sjöar (470 µg/kg, Karlsson & Viktor 2014). Att så är fallet kan indikera påverkan från lokala belastningskällor. Detta motsägs dock av att kvicksilverhalten i Kottlasjöns sediment ligger under Havs- och vattenmyndighetens preliminära gränsvärde. En tänkbar förklaring till de tämligen höga halterna i fisk kan ligga i de redoxförhållanden (syrgasförhållanden) som råder vid sjöns botten. Redoxförhållandena påverkar nämligen den bakteriella omvandlingen av oorganiska kvicksilverformer till organiskt metylkvicksilver vilket är den form av kvicksilver som framförallt ackumuleras i vävnader. Nämnvärt är att extremt höga kvicksilverhalter (maximalt 5860 µg/kg) uppmättes i sediment i Stockbysjön 2010. Eftersom halterna i Kottlasjöns sediment vid samma tillfälle var låga i

anslutning till utloppet från Stockbysjön tycks inte förorenat sediment ha spridit sig nedströms i vattensystemet. Att de förhöjda kvicksilverhalterna i Stockbysjöns botten skulle vara en starkt bidragande orsak till de förhöjda halterna i fisk från Kottlasjön ter sig mindre sannolikt men kan inte uteslutas.

Nämnvärt är även hur halterna förhåller sig till gränsvärden för saluföring enligt förordning EG förordning 1881/2006 (Tabell 11). Kviksilverhalten låg med god marginal under gränsvärde för gädda (1000 µg/kg våtvikt). För annan konsumtionsfisk, exempelvis abborre, gäller enligt samma förordning ett hälften så högt gränsvärde (500 µg/kg våtvikt). Det innebär att kvicksilverhalten i de båda största abborrar som undersöktes var för hög för att fisken ska få saluföras. Kadmium och bly kunde inte detekteras i fiskmuskel av abborre från Kottlasjön. För dessa ämnen finns inga risker kopplade till konsumtion av fisk från Kottlasjön.

Organiska miljögifter

Av undersökta organiska miljöstörande ämnen i sediment 2010 tycks antracen överskrida fastställt gränsvärde (Tabell 12). Klassningen är dock osäker eftersom miljökvalitetsnormen är lägre än de rapporteringsgränser som tillämpats, och halterna vid fem av de sex provtagningspunkterna rapporteras som ”mindre än”-värden. I det enda prov där en halt redovisas låg halten (60 µg/kg TS) över gränsvärdet (24 µg/kg TS) vilket indikerar att god kemisk status ej uppnås. Bedömningen är dock osäker eftersom den inte tar hänsyn till sedimentets kolhalt, detta eftersom uppgifter om TOC saknas. Kottlasjöns sediment håller en hög organisk halt med glödningsförluster av i medeltal 40 procent (Gustafsson & Rydin 2015). Dessa värden tyder på att TOC ligger över 10 procent vilket innebär att gränsvärden för organiska miljögifterna, däribland antracen, efter normalisering minst kan dubblas och att god kemisk status möjligen uppnås. Halterna av fluoranten låg genomgående under gränsvärdet, även innan normalisering.

Tabell 12. Organiska miljögifter (µg/kg TS) i sediment från sex provtagningspunkter i Kottlasjön 2010 visas tillsammans med gränsvärden enligt HVMFS 2015:4. Gränsvärden inom parentes avser Havs- och vattenmyndighetens förslag till gränsvärden (skrivelse 2013-09-27). Uppmätta halter redovisas som medelvärden med högsta halt inom parentes. För antracen redovisas det enda mätvärde som låg över rapporteringsgränsen. Gränsvärden har inte normaliserats efter kolhalt eftersom uppgifter om TOC saknas.

Organiska miljögifter i sediment (µg/kg TS)	Kottlasjön	MKN
Antracen	60	24
Fluoranten	710 (910)	2000
Naftalen	70 (90)	(138)
PAH Bens(a)pyren	415 (670)	(91,5)
PAH Benso(k)fluoranten	240 (580)	(67,5)
PAH Benso(g,h,i)perylen	390 (780)	(42)

För övriga ämnen i tabellen saknas fastställda gränsvärde för sediment. Halterna kan dock jämföras mot de gränsvärden som föreslagits av Havs- och vattenmyndigheten, men som anges vara alltför osäkra för klassning (skrivelse 2013-09-27). Som framgår av tabellen nedan låg naftalen under detta osäkra gränsvärde. Övriga tre ämnen låg över de preliminära gränsvärdena, och skulle troligen göra det även efter hänsyn till sedimentets kolhalt.

Halter av organiska miljögifter i samlingsprov av muskel från abborre (2016) framgår nedan (Tabell 13). Polybromerade difenyletrar (PBDE) kunde enbart detekteras vad gäller en av sex undersökta kongener (PBDE 47, en enskild PBDE-förening). Halterna av enbart denna kongen överstiger vida den fastställda miljö kvalitetsnormen.

Tabell 13. Organiska miljögifter i abborrmuskel, Kottlasjön 2016 visas tillsammans med gränsvärden enligt HVMFS 2015:4. I enlighet med föreskriften baseras klassningen för PBDE kongenerna 28, 47, 99, 100, 153 och 154. Enbart en av dessa kunde detekteras. Det haltintervall som anges under värde visar halten för denna kongen och som övre gräns denna halt summerad med rapporteringsgränser för övriga kongener. DDT redovisas som summan av p,p-DDE, p,p-DDD och p,p-DDT.

Organiska miljögifter i fisk ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$)	Kottlasjön	MKN
PBDE-6 (polybromerade difenyletrar)	0,03-0,19	0,0085
PFOS (perfluoroktansulfonat)	2,5	9,1

PBDE ligger generellt högt över gränsvärdet i Sverige och omfattas därför, i likhet med kvicksilver, av ett nationellt kvalitetsundantag vid statusklassning. Halterna av PBDE i Kottlasjön var lägre än det nationella medelvärdet för sjöar och även lägre än halten vid Käppala och Lilla Värtan samt närliggande sötvatten, exempelvis Riddarfjärden och Årstaviken (Karlsson & Viktor 2014).

Halten av PFOS i fisk från Kottlasjön ($2,5 \mu\text{g}/\text{kg vv}$) klarar miljö kvalitetsnormen god kemisk status ($9 \mu\text{g}/\text{kg vv}$) och låg generellt väsentligt lägre än halter som tidigare rapporterats för fisk i en transekt från Mälaren till ytterskärgården (Karlsson & Viktor 2014). Samma undersökning redovisar det nationella medelvärdet för PFOS i fisk från sjöar till cirka $9 \mu\text{g}/\text{kg vv}$. PFOS i Kottlasjön understiger med god marginal även detta värde.

Baserat på aktuella analysresultat finns inte anledning att misstänka betydande lokal påverkan av undersökta organiska miljögifter undantaget antracen.

Slutsatser kring kemisk status

Enligt de klassificeringar av kemisk status som utförts uppvisar delar av Kottlasjön förhöjda halter av bly. Klassningen visar vidare att antracen troligen förekommer i förhöjda halter, men brister i dataunderlaget gör

denna slutsats osäker. Kvicksilver förekommer i tydligt förhöjda halter i fisk från sjön, även i relation till nationellt medelvärde, men har inte detekterats i några högre halter i sedimenten. Halterna av PBDE i fisk är liksom kvicksilver generellt förhöjda i Sverige, så även i Kottlasjön. Till skillnad från kvicksilver uppmättes PBDE i halter under det nationella genomsnittet. Utöver den osäkerhet som beskrivs ovan är bedömningen är osäker så till vida att kunskap om metallhalter i vatten saknas.

Bedömning av åtgärdsbehov

I detta avsnitt redovisas en bedömning av åtgärdsbehov mot bakgrund av de delutredningar som presenteras ovan avseende ekologisk och kemisk status och belastningssituation.

Åtgärdsbehov för att nå god ekologisk status

Kottlasjön uppvisar i nuläget en tydlig övergödningsrelaterad problematik i form av kraftiga algbloomningar och utarmade faunasamhällen på de djupare bottenarna. Att ekologisk status är sämre än god indikeras även av sammansättningen i sjöns fisksamhälle och av nedsatta ljusförhållanden. Baserat på skillnaden mellan nuvarande fosforhalter i ytvattnet och gränsvärdet mellan god och måttlig status är det inte möjligt att peka på något åtgärdsbehov i form minskade totalfosforhalter. Effekten av Kottlasjöns internbelastning, fosforfrisättningen från bottenarna, kan inte mätas i ytvattnet i augusti då sjön normalt kan väntas vara temperaturskiktad. Eftersom bedömningen av ekologisk status baseras på just augustivärden synliggörs inte denna problematik genom statusklassningen. Att så varit fallet tycks tydligt särskilt de senaste åren.

Utredningen tyder på att fosforbelastningen från landbaserade källor ligger på en acceptabel nivå, cirka 25-30 kg/år (Jönsson & Stråe 2016), relativt den nivå som enligt beräkningar kan tillåtas, cirka 30 kg/år.

Vidare förutsätter denna högsta tillåtna fosforbelastning att intern fosforbelastning inte förekommer annat än i begränsad omfattning. Så är inte fallet i Kottlasjön, där fosforläckage från bottenarna i nuläget tvärtom tycks vara betydande och beräknas uppgå till cirka 10 kg/år. Med tanke på Kottlasjöns begränsade vattenomsättning är det mycket osannolikt att den interna belastningen skulle avklinga genom "självläkning", åtminstone inom de närmaste årtiondena. Tvärtom är det troligt att den fosfor som

frisätts från sedimenten kommer cirkulera i sjösystemet under mycket lång tid framöver, om inte riktade åtgärder sätts in.

Åtgärder i syfte att förbättra ekologisk status i Kottlasjön är mot bakgrund av ovanstående resonemang aktuella främst vad gäller den interna belastningen, det vill säga fosforläckaget från sjöns sediment. Med tanke på osäkerheter i beräkningarna av nuvarande och acceptabel extern fosforbelastning bör dock potentiella och rimliga åtgärder ändå vidtas för att om möjligt minska den externa fosforbelastningen till sjön. Detta i syfte att säkerställa att den externa belastningen verkligen ligger på en gynnsam nivå. För att Kottlasjön ska ges förutsättningar att uppnå och upprätthålla miljömålet god ekologisk status 2021 ser vi följande åtgärdsbehov:

- Genomgång och om möjligt genomförande av de potentiella åtgärder som föreslås för minskad extern fosforbelastning i tidigare utredning (Stråe & Jönsson 2016)
- Reducera den betydande interna fosforbelastningen till en nivå nära noll

Åtgärdsbehov för att nå god kemisk status

Kottlasjön uppnår inte god kemisk status med anledning av förhöjda halter av bly i sedimentet samt möjligen också förhöjda halter antracen. Kvicksilver som generellt ligger över gränsvärdet i svenska vatten och därför omfattas av ett kvalitetsundantag är tydligt förhöjt i fisk från Kottlasjön även i relation till det nationella snittet. Kvicksilverhalterna i bottnarna uppvisar dock inte några högre halter. Ett bristfälligt underlag avseende halter av bly i djupare liggande sedimentskikt, halter av antracen i sediment samt svårförklarade haltsamband kring kvicksilver gör bedömningen av åtgärdsbehov osäker. Bedömningen är även osäker så till vida att kunskap om metallhalter i vatten saknas. För att Kottlasjön ska ges förutsättningar att uppnå miljömålet god kemisk status 2021 ser vi utifrån nuvarande kunskapsläge följande åtgärdsbehov:

- Halterna av bly i sediment måste minska till en nivå under 130 mg/kg TS. Det innebär möjligen att belastningen till sjön måste minska till de delar av sjön där halterna är förhöjda (södra viken vid utloppet till Mölnaån, östra viken vid Brevik och utloppet från Västra Långängskärret)
- Halterna av antracen måste minska till en nivå under 24 µg/kg TS (efter hänsyn till kolhalt). Det innebär möjligen att belastningen till sjön måste minska.

- Halterna av kvicksilver i fisk får inte öka och bör om möjligt minska till en nivå som högst motsvarar det nationella genomsnittet (470 µg/kg). En sådan minskning skulle även innebära att halterna skulle klara det gränsvärdet som gäller saluföring av abborre (500 µg/kg)

Eftersom statusklassningen för miljöstörande ämnen i sediment baserar sig på data från 2010 bör en upprepad sedimentundersökning genomföras i syfte att ge underlag för uppdaterad och relevant statusklassning och bedömning av åtgärdsbehov. Det är också önskvärt att underlaget kompletteras med undersökning av metallhalter i vatten.

Åtgärdsförslag

I detta avsnitt lämnas förslag till åtgärder för att Kottlasjön ska uppnå god ekologisk och kemisk status.

Potentiella åtgärder för minskad extern fosforbelastning

Potentiella åtgärder för minskad extern fosforbelastning listas i tidigare utredning (Jönsson & Stråe 2016) och bör om möjligt genomföras för att säkerställa att den externa belastningen verkligen ligger på en gynnsam nivå. Åtgärderna omfattar bland annat:

- Kompletterande dagvattenreningsåtgärder vid Brevik med potential att minska fosforbelastningen med något eller några kilo per år
- Partikelbarriär vid utloppet från Västra Långängskärret
- Översyn av metoder inom skogs- och jordbruk
- Översyn av möjliga felanslutning av spillvatten till dagvattennätet

Åtgärd av intern fosforbelastning

Åtskilliga sjörestaureringsmetoder finns för att åtgärda intern fosforbelastning. Flera av metoderna har genom åren använts för att komma till rätta med även andra miljöproblem, så som dåliga

syrgasförhållanden och höga halter miljögifter. Åtgärderna omfattar metoder för att öka fastläggningen av fosfor i sedimentet genom tillsats av fosforbindande ämnen (aluminium, järn, kalcium, lantan/bentonitlera) eller genom förbättrade syrgasförhållanden vid bottarna (syresättning av bottenvatten, omblandning). Andra åtgärder inriktas mot bortförsl av fosforrika sediment (muddring) eller fosforrikt bottenvatten (avtappning av bottenvatten, utspädning). Ytterligare en åtgärd som tillämpats är så kallad biomanipulering där ett selektivt reduktionsfiske riktat mot vitfisk (braxen, björkna, mört) och/eller utsättning av rovfisk (gädda, abborre) kan ge positiva effekter på fosforhalterna i vattenmassan.

Av dessa åtgärdsmetoder bedöms behandling med aluminium eller lantan/bentonitlera alternativt sugmuddring vara de som har bäst potential för åtgärd av Kottlasjöns internbelastning. Övriga metoder ser vi som mindre lämpliga eller olämpliga då de medför ökad fosforbelastning på nedströms liggande vatten (Mölnaån, Lilla Värtan), en kortsiktig eller osäker effekt eller ännu är alltför oprövade för detta syfte. I nedanstående avsnitt redogörs för de rekommenderade metodernas principer samt kostnadseffektivitet och genomförbarhet som ytterligare underlag för metodval.

Aluminiumbehandling

Aluminiumbehandling är en kostnadseffektiv metod för att åtgärda internbelastning genom att öka sedimentens fosforbindande förmåga. Aluminium är inte redoxkänsligt och binder därför fosfor även vid syrgasfria förhållanden vilket gör att fosforbindningen i sedimenten blir stabil. Sedan den första dokumenterade aluminiumbehandlingen (Långsjön, Huddinge) för snart 50 år sedan har flera hundra sjöar behandlats. Vid de tidiga behandlingarna var kunskapen om aluminiumdosering ofullständig och flera sjöar behandlades med en alltför låg dos vilket medförde en sämre effekt, framförallt sett till åtgärdens varaktighet. Numera finns välfungerande metoder för att beräkna rätt aluminiumdos utifrån sedimentens förråd av läckagebenägen fosfor. Aluminium doseras på så vis att löst fosfor binds efterhand som fosfor frigörs från sedimenten. Genom rätt dosering bör åtgärden ha en obegränsad livslängd i och med att fastläggningen av fosfor är permanent (Rydin m. fl. 2000, Huset m.fl. 2011). Precis som för övriga metoder för åtgärd av internbelastning förutsätter detta att den externa belastningen ligger på en acceptabel nivå. En beräkning av vilka doser som skulle krävas för att binda läckagebenägen fosfor i Kottlasjöns bottnar redovisas i en tidigare utredning (Gustafsson & Rydin 2015).

Tidigare utfördes aluminiumbehandling genom tillsats av aluminiumsalt till själva vattenmassan. Vid behandlingen bildas flockar (fällningar) som sjunker mot botten och fosfat samt partikulärt material i vattenmassan. Då den sedimenterande flokken når bottarna bildar den ett kemiskt lock som fortsätter att binda den fosfat som frigörs i sedimenten. Den metod som nu

ofta används, injektering, innebär att aluminium tillsätts till det övre (0-20 cm) sedimentskiktet genom slangar på ett vis som kan liknas vid harvning. Vid behandlingen blandas aluminiumlösningen (PAX) upp med stora mängder bottenvatten vilket ger ett pH på 7,2 i sedimenten (källa: Vattenresurs AB). Detta pH kan väntas ligga nära de naturliga pH-förhållanden som råder i sedimenten. En stor fördel med sedimentinjektering är att aluminiumdosen blir kvar på de botten där den tillsattes, istället för att som vid fällning i vattenmassan där flokken riskerar att flytta sig på grund av vind- och vattenrörelser. Metoden ger sannolikt en än mer effektiv bindning i och med att flokken bildas i sedimentet och där har bättre förutsättningar till direkt bindning av löst fosfat. Mot bakgrund av detta rekommenderas injekteringsmetoden framför den äldre metoden.

Nämnvärt är att fällningsförsök med aluminium i Vallentunasjön och Norrviken indikerar att metoden eventuellt inte fungerar lika bra på grunda mjukbotten där organiskt bunden fosfor dominerar (Rydin & Lindqvist 2015, Arvidsson m.fl. 2016). Denna information är värd att beakta eftersom organiskt bunden fosfor dominerar även i Kottlasjöns botten (Gustafsson & Rydin 2015). Begränsade vattenmängder och obefintligt vattenutbyte kan ha påverkat utfallet av försöken.

Vattenresurs AB är idag det enda företag i Sverige som erbjuder restaurering genom behandling av sediment med aluminiumlösning. I Stockholmstrakten har företaget med goda resultat behandlat en handfull sjöar genom att blanda polyaluminiumkloridlösning i sedimenten. Vattenresurs AB skattar kostnaden för aluminiumbehandling av Kottlasjöns botten till 2 Mkr. Det ger en kostnadseffektivitet kring drygt 3000 kr/kg fosfor.

Enligt tidigare erfarenheter från aluminiumbehandling av sjöar och havsvikar i Stockholms och Uppsala län kräver inte åtgärden tillstånd enligt Miljöbalken och metodens genomförbarhet bedöms vara mycket god.

Phoslock

Ett möjligt alternativ till aluminiumfällning är behandling med ”Phoslock”, en bentonitlera med tillsatt lantan som binder fosfat. Phoslock har använts i små sjöar och dammar under ett decennium men hittills inte i Sverige. Metoden förefaller ge goda resultat. Lantan i sig har ingen fosforbindande egenskap, men utgör ett substrat som sjunker genom vattenmassan och bildar ett tunt lerlager på sedimentytan där bindningen till lantan sker. Bindningen mellan lantan och fosfat är stark och likhet med aluminium är fosforbindningen till lantan opåverkad av vilka syrgasförhållanden som råder. Dock är det osäkert hur exempelvis humusföreningar påverkar bindningsförmågan hos lantan.

Phoslock (den preparerade bentonitleran) håller fem viktprocent lantan, och 1 ton Phoslock-lera binder upp till 11 kg fosfatfosfor. Kostnaden för Phoslock uppgår till cirka €2600/ton (Nigel Traill, Phoslock Water Solutions Ltd, personlig kommunikation). Det innebär att materialkostnaden för att binda ett kilo fosfor ligger kring 2600 kronor. Baserat på att Kottlasjöns botten håller ett förråd av läckagebenägen fosfor om 650 kilo (Gustafsson & Rydin 2015) ger det en kostnad av cirka 1,8 Mkr. Till detta kommer kostnad för applicering av leran. Detta sker direkt till vattenmassan från en mindre båt, vilket för en relativt liten sjö som Kottlasjön kan vara en fördel i jämförelse med aluminiumbehandling där startkostnaden kan väntas vara förhållandevis hög.

I likhet med aluminiumbehandling bör behandling med Phoslock inte kräva tillstånd enligt Miljöbalken och metodens genomförbarhet bedöms vara mycket god.

Muddring

Ett alternativ till att binda den läckagebenägna fosforn i sedimenten är muddring. Muddring är en välkänd metod som används för fysisk borttagning av sediment, ofta i syfte att åstadkomma större vattendjup, men också för att lyfta bort näringsämnen, syreförbrukande material och/eller miljögifter ur bottenarna. Muddring kan utföras med mekaniska tekniker (grävning) samt hydrauliska (mekanisk upprivning och uppsugning) och vakuumdrivna (uppsugning av löst sediment) tekniker. Muddring resulterar i stora mängder sediment och vatten med höga näringshalter vilket gör metoden mycket resurskrävande men ofta effektiv framförallt vid restaurering av grundare sjöar (Cooke m. fl. 2005). En fördel med metoden är att näringsrika sediment som inte är kontaminerade av miljögifter kan få användning som gödselmedel.

Det finns många exempel på muddring i syfte att minska näringsläckage från sediment, både lyckade och misslyckade sådana (Cooke m.fl. 2005, Pettersson & Wallsten 1990). I projekt som ses som misslyckade kan orsaken vara att en alltför liten del av sjöns botten muddrats för att ge tydlig effekt på läckta fosformängder, och/eller att muddringen inte utförts till tillräckligt sedimentdjup. Ytterligare en orsak till att förväntade effekter uteblivit kan vara att den externa belastningen fortfarande varit alltför hög.

Teknikmarknad (avknoppning från KTH) har utvecklat en muddningsmetod som suger upp de översta centimetrarna ytsediment och även syrefattigt bottenvatten. Metoden bidrar därmed till att minska förrådet av läckagebenägen fosfor samt ökar sjöns kapacitet som fosforsänka. Bortmuddrat sediment kan sedan av avvattnas och vid behov behandlas vidare för spridning på exempelvis åkermark. Metoden innebär jämfört med traditionell muddring en minskad risk för frisättning av löst bunden fosfor och minskad risk för uppvirvling av bottenmaterial (resuspension).

Därmed minskar risken för negativa konsekvenser kopplade till exempelvis överslamning av värdefulla grundområden. Sugmuddring enligt denna metod har använts med framgång i Barnarpasjön i Jönköpings kommun. Metoden ter sig attraktiv när det näringsrika ytsedimentet kan pumpas till närliggande åkermark och användas som jordförbättring utan behandling. Metoden kan möjligen vara lämplig för Kottlasjön.

Under förutsättning att muddring sker till ett sedimentdjup där läckagebenägen fosfor i princip saknas samt över huvuddelen av sjöns bottenyta bör en muddring bli framgångsrik, om än troligen ekonomiskt kostsam. Teknikmarknad skattar kostnaden för sugmuddring av Kottlasjön till 2 Mkr och genomförandetiden till 2-3 år (april 2016). I och med att insatsens omfattning enligt utföraren styrs av den ”upplevda förbättringen” är det inte möjligt att ange hur stora mängder fosfor som kommer avlägsnas genom åtgärden. Därmed kan inte någon kostnadseffektivitet anges.

Muddring innebär vattenverksamhet och är som sådan tillståndspliktig enligt Miljöbalken. För bottenytor mindre än 3000 kvadratmeter gäller anmälningsplikt.

Rekommenderad metod

Utifrån de beskrivningar som lämnas ovan bedömer vi preliminärt att aluminiumbehandling med PAX-lösning är den metod som lämpar sig bäst för åtgärd av Kottlasjöns internbelastning. En viss osäkerhet finns dock kring denna metod med tanke på Kottlasjöns organogena sediment (se ovan). Den preliminära rekommendationen görs framförallt mot bakgrund av att Phoslock ännu är oprövad i Sverige, samt att det inte varit möjligt att inom ramen för utredningen få fram uppgifter om slutlig kostnad och kostnadseffektivitet för sugmuddring. Att kostnadsbilden för sugmuddring är oklar beror på att insatsens omfattning enligt utföraren styrs av den ”upplevda förbättringen” och inte baseras på hur stora mängder fosfor som avlägsnas genom åtgärden.

Eftersom metodiken för både Phoslock och sugmuddring tycks lovande rekommenderar vi att kostnadsförslag tas in för samtliga tre metoder. Den utredning som tagits fram kring läckagebenägen fosfor i Kottlasjöns bottnar (Gustafsson & Rydin 2015) utgör ett mycket bra underlag till anbudsförfrågan. Offerter från potentiella utförare bör omfatta samtliga arbetsmoment som kopplas till åtgärden, alltså även eventuell tillståndsansökan och omhändertagande/efterbehandling av sediment. Dessutom bör offerterna ange åtgärdens effekt och varaktighet, kostnadseffektivitet - det vill säga kostnad per kilo inaktiverad/avlägsnad fosfor - genomförandetid och eventuella risker kopplade till tillämpad metodik, även med avseende på miljöstörande ämnen. Det slutliga valet av åtgärdsmetod bör göras mot bakgrund av denna kunskap.

Kunskapshöjande åtgärder

Undersökning av miljöstörande ämnen i sediment

En upprepad undersökning av metaller och organiska miljögifter i sediment föreslås i syfte att visa om och hur halter och status har förändrats sedan föregående undersökning (2010). Om status i något avseende bedöms vara sämre än god bör en utredning initieras för att finna orsaken till förhöjda halter. En sedimentundersökning bör omfatta åtminstone ämnen/föreningar för vilka det finns fastställda gränsvärden och där tidigare undersökning i Kottlasjön visar på förhöjda halter. Även om båttrafiken är begränsad på sjön, delvis tack vare motorbåtsförbud, kan det också vara intressant att inkludera tributyltenn (TBT) i undersökningen. Analys av organiskt kol bör inkluderas i syfte att möjliggöra normalisering av halterna till sedimentens innehåll av organiskt material. Undersökningen bör omfatta samma punkter som tidigare och gärna även ytterligare en eller två punkter centralt placerade i sjön. Analys ska göras av ytsediment. Önskvärt är även analyser av några djupare sedimentskikt, dels som underlag för bedömning av hur belastningen förändrats, dels som underlag för riskbedömning inför åtgärd av intern fosforbelastning. Uppföljande sedimentundersökningar vart sjätte år rekommenderas i syfte att ge en fortlöpande kontroll på hur halter och status utvecklas över tid.

Undersökning av metallhalter i vatten

En undersökning av metallhalter i ytvatten föreslås i syfte att ge utökad underlag för statusklassning. Om status i något avseende bedöms vara sämre än god bör en utredning initieras för att finna orsaken till förhöjda halter. Undersökningen bör omfatta metaller för vilka det finns fastställda gränsvärden avseende ekologisk eller kemisk status (koppar, krom, zink, kadmium, bly, nickel, kvicksilver samt halvmetallen arsenik). Analys av löst organiskt kol (DOC), pH samt kalcium bör inkluderas i syfte att möjliggöra beräkning av biotillgängliga halter. Analys görs av den lösta fraktionen, men det är även önskvärt att totalhalter undersöks. Behovet av uppföljande undersökningar avgörs av utfallet av statusklassningen. Om halterna ligger på en nivå som motsvarar god status rekommenderas uppföljande undersökningar vart sjätte år.

Övriga åtgärdsförslag och hänsynstaganden

Utöver de åtgärder som redovisas ovan lämnas här ytterligare ett antal åtgärdsförslag och hänsynstaganden som syftar till att komma till rätta med Kottlasjöns övergödningsproblematik, minska risker kopplade till miljöstörande ämnen och stärka sjöns naturvärden.

- Det troligen begränsade fiske som bedrivs i sjön bör sträva efter en god balans mellan rovfisk och karpfisk. Selektivt fiske efter karpfisk och återutsättning av rovfisk är ett möjligt steg mot bättre siktdjup, minskade fosforhalter sommartid och minskad algblomning. Utsättning av karpfisk och överuttag av rovfisk riskerar att driva sjöns utveckling åt motsatt håll. Inplantering av ädelfisk kan riskera att leda till att populationen av inhemsk rovfisk, kanske framförallt gädda, påverkas negativt.
- Vandringshinder i sjöns utloppsbäck Mölnaan bör om möjligt åtgärdas i syfte att skapa fria passager mellan Kottlasjön och Lilla Värtan. Med tanke på att vattendraget torrläggs under perioder av låg nederbörd och låga vattenstånd i Kottlasjön bör positiva och negativa konsekvenser av en sådan åtgärd nogta utredas.
- Belastningen av miljöstörande ämnen, i synnerhet bly, kvicksilver och antracen, bör inte tillåtas öka till sjön. Att så inte sker bör säkerställas vid prövning av verksamheter och planer inom Kottlasjöns avrinningsområde.

Slutligen är fortsatta årliga sjöundersökningar av stor vikt för att följa de sjöns utveckling och effekten av genomförda åtgärder. I syfte att erhålla bättre underlag för bedömningar av sjöns tillstånd och utveckling rekommenderar vi att miljöövervakningsprogrammet utökas med vattenkemiska/-fysikaliska undersökningar även vår och höst, att temperatur och syrgashalt mäts i profiler från yta till botten och att växtplankton undersöks genom fullständig analys i juli och/eller augusti i syfte att följa upp de mycket höga totala mängder (biomassor) och förekomster av cyanobakterier, inklusive potentiellt toxiska släkten, som registrerades 2016.

Förväntade effekter av åtgärder

De åtgärder som föreslås enligt ovan skapar förutsättningar för att Kottlasjön ska uppnå och upprätthålla god ekologisk och kemisk status. Åtgärderna bidrar även till att stärka sjöns naturvärden och rekreativvärden.

Förväntade effekter av åtgärderna är lägre fosforhalter framförallt under perioden höst-vår men troligen även sommartid. Därmed ges även förutsättningar för minskade växtplanktonmängder vår och höst och

troligen även sommartid, minskad risk för cyanobakterieblomningar, förbättrat siktdjup (klarare vatten), större djuputbredning av vattenvegetation samt större täckningsgrad av vattenväxter på de djupare bottenar där vegetation förekommer i nuläget samt ett fisksamhälle i balans. På sikt väntas även förbättrade syrgasförhållanden vid bottenarna till följd av minskad utsedimentation av planktonmaterial vår och höst. Därmed ges också förutsättningar för ett rikare bottenfaunasamhälle och för fisk att nyttja även sjöns djupare delar.

I sjöar där vattenmassan är temperaturskiktad sommartid styrs förutsättningarna för algblooming i juli och augusti främst av tillförsel av fosfor från land, snarare än via sedimenten. I Kottlasjön tyder de stora mellanårsvariationerna i fosforhalt i bottenvattnet på att skiktningen tidvis bryts sommartid. I en sådan situation blandas fosforrikt bottenvattnet upp i de ytliga vattenmassorna och kan där driva omfattande algbloomingar. Under sådana omständigheter kan åtgärder mot intern fosforbelastning väntas ha en tydligt gynnsam effekt på sommarens algbloomingar.

Referenser

Arvidsson, M., Rydin, E. & A. Gustafsson. 2016. Fosforutbyte på olika botten djup i Norrviken – Utläckageförsök som underlag för åtgärdsplanering. Naturvatten AB, Rapport 2016:2.

Havs- och Vattenmyndigheten. 2013. Havs- och vattenmyndighetens författningssamling. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. HVMFS 2013:19.

Gustafsson, A. 2015. Status och naturvärden i sjöar och vattendrag, Lidingö 2015. Kottlasjön, Stockbysjön, Västra Långängskärret, Stockbyån, Mölnaån. Naturvatten AB, Rapport 2015:35.

Holmborn, K. 2012. Bottenfauna i Stockbysjön och Kottlasjön, Lidingö 2012. Calluna AB.

Jönsson, R. & D. Stråe. 2016. PM – Beräknad extern fosforbelastning på Kottlasjön, Lidingö. Rapport från WRS. Granskningsversion 15 december, 2016.

Lindqvist, U. & A. Gustafsson. 2016. Provfiske, växtplankton och miljögifter i Lidingös sjöar 2016. Undersökningar av Kottlasjön, Stockbysjön och Västra Långängskärret. Naturvatten AB, Rapport 2016:30.

Lindqvist, U. & Rydin, E. 2015. Inneslutningsförsök i Vallentunasjön för att utvärdera vitfiskens inverkan på vattenkvaliteten. Bilaga till Rapport 2015:14, Naturvatten AB.

Vattenmyndigheterna. 2013. Kokbok för kartläggning och analys 2013-2014 - Hjälpreda klassificering av ekologisk status. Version IV – utgiven 2013-10-10.

Övriga källor:

Objektfaktablad för Kottlasjön. Upprättat 2015-12-16, Anna Gustafsson, Naturvatten AB.

SMHIs Vattenwebb <http://vattenwebb.smhi.se/>

VattenInformationssystem Sverige, VISS <http://viss.lansstyrelsen.se/>