

INGARPASJÖN - LOVA

Redovisning av undersökningar samt åtgärdsförslag för att minska näringsbelastning



Emåförbundet
www.emån.se

Ingarpasjön

Beställare: Länsstyrelsen i Jönköpings län, inom ramen för LOVA-projektstöd

Projektägare: Emåförbundet, Box 237, 574 23 Vetlanda

www.eman.se

Författare: Thomas Nydén, Emåförbundet

Foto framsida: Peter Johansson och Thomas Nydén

Sammanfattning

Föreliggande rapport är en redovisning av LOVA-projektet "Ingarpasjön" som pågick 2012-2015, samt fortsatta undersökningar och åtgärdsförslag för att minska näringsbelastningen av sjön.

LOVA står för LOkala VAttenvårdsprojekt och är ämnat för att i första hand stimulera lokala projekt som leder till minskad belastning av kväve och fosfor till våra vatten. LOVA-bidragen kan endast sökas av kommuner och ideella organisationer som drivs utan vinstsyfte och bidraget står för maximalt 50 % av projektkostnaden.

Emåförbundet beviljades 2012 bidrag till LOVA-projektet Ingarpasjön som syftade till att skapa ett underlag för åtgärder inom Ingarpasjöns avrinningsområde, med den övergripande målsättningen att minska belastningen av näringsämnen till Ingarpassjön och nedströms belägna vatten inklusive Östersjön. Dokumentet skall ligga till grund för en ny LOVA-ansökan tillsammans med berörda parter.

Ett flertal åtgärder har genomförts under projekttiden, däribland insamling och analys av äldre undersökningar, fältinventeringar, löpande vattenprovtagning, sedimentprovtagning, projektering av åtgärder, möten med fastighetsägare och lokala representanter för LRF samt kommunen och länsstyrelsen (se tabell nedan).

Tabell 1. Åtgärder som ingick i ansökan till projektet LOVA Ingarpasjön 2012-2015

FAS	START År-månad	Åtgärd	Ansvarig ¹ samt deltagare	Status
1	2011-12	Projektstart, insamling av befintlig data, framtagande av provtagningsprogram, fastighetsägarförteckning, informationsutskick till berörda, 1:a projektmöte, bildande av styrgrupp	EF ¹ , EöKn, LRF, Ist	Genomfört
2	2011-12	Provtagning kem/fys inkl analys	EF	Genomfört 2012-2014
3	2012-04	Möte med berörda i Ingarp	Samtliga	Genomfört 2012 samt 2013
4	2012-05	Fältinventeringar sedimentprovtagning, sjöprovtagning	EF	Genomfört 2012-2014
5	2015	Sammanställning av inventeringar	EF	Genomfört 2016
6	2015	Framtagande av åtgärdsförslag	EF	Genomfört 2016
7	2015	Möte med berörda – presentation av åtgärdsförslag	Samtliga	Genomförs efter 6 och 7 (2015)
8	2012-10	Bildande av vattenvårdsgrupp, start av studiecirklar ² (vattnets väg) och greppa näringen ² enligt åtgärdsplan.	EF, LRF ²	En intressegrupp kring vattenfrågor bilades av markägare i Ingarp

9	2013-05	Förstudie kring våtmarker och andra fysiska åtgärder i t.ex. dikessystem och Bodasjö kanal. Inventering av enskilda avlopp ²	EF, EöKn ²	Genomfört
10	2015	Sammanställning av projekteringar	EF	Genomfört 2016-2017
11	2015	Sammanställning av projektplan; resultat, utvärdering och åtgärdsförslag	EF	Genomfört 2016-2017

1. Lst: länsstyrelsen i Jönköpings län, EF: Emåförbundet, EöKn: Eksjö Kommun, MÅ: Markägare, LB: Lantbrukare, LRF: Lantbrukarnas riksförbund lokalt

2. Dessa poster finansieras externt

Projektet har förlängts en gång på grund av oförutsedda faktorer samt ytterligare försenats på grund av olika anledningar. Därför har tidsplanen och därmed slutredovisningen blivit lidande, dock utan att kostnaderna överskridit budget. Det positiva i sammanhanget är dock att fler undersökningar av sjön har kunnat genomföras inom ramen för ett reviderat sjöprovtagningsprogram för Eksjö kommun. I detta program ingår provtagning av Ingarpasjön en gång per år, i enlighet med ordinarie recipientkontrollprogram för Emåns avrinningsområde (som utförs av Emåförbundet).

Under den tid som löper mellan det avslutade projektet och ansökan om fortsättningsprojekt kommer en dialog att hållas med markägare runt Ingarpasjön samt kommun och länsstyrelse, för att förankra föreliggande rapport och kunna gå vidare med fler undersökningar och åtgärder.

Våra slutsatser hitintills är att Ingarpasjön har problem med belastning av näringsämnen och åtminstone periodvis visar sjön tecken på internbelastning (sjöns bottensediment läcker fosfor och kväve). Vattenprovtagningar och transportberäkningar visar att området närmast Ingarpasjön tillför relativt stora koncentrationer av näringsämnen, jämfört med uppströms belägna områden. På sikt kan belastningen på Ingarpasjön bli så stor att det leder till negativa konsekvenser för både fisksamhälle och vattenkvalitet.

Åtgärder för att minska tillförsel av näringsämnen till sjön är möjliga och beroende på vilka åtgärder som genomförs och dess omfattning, så kan man troligen bromsa den pågående trenden och i bästa fall åstadkomma en viss återhämtning av sjöns ekosystem, med t.ex. ökat siktdjup, bättre syreförhållanden och minskad internbelastning.

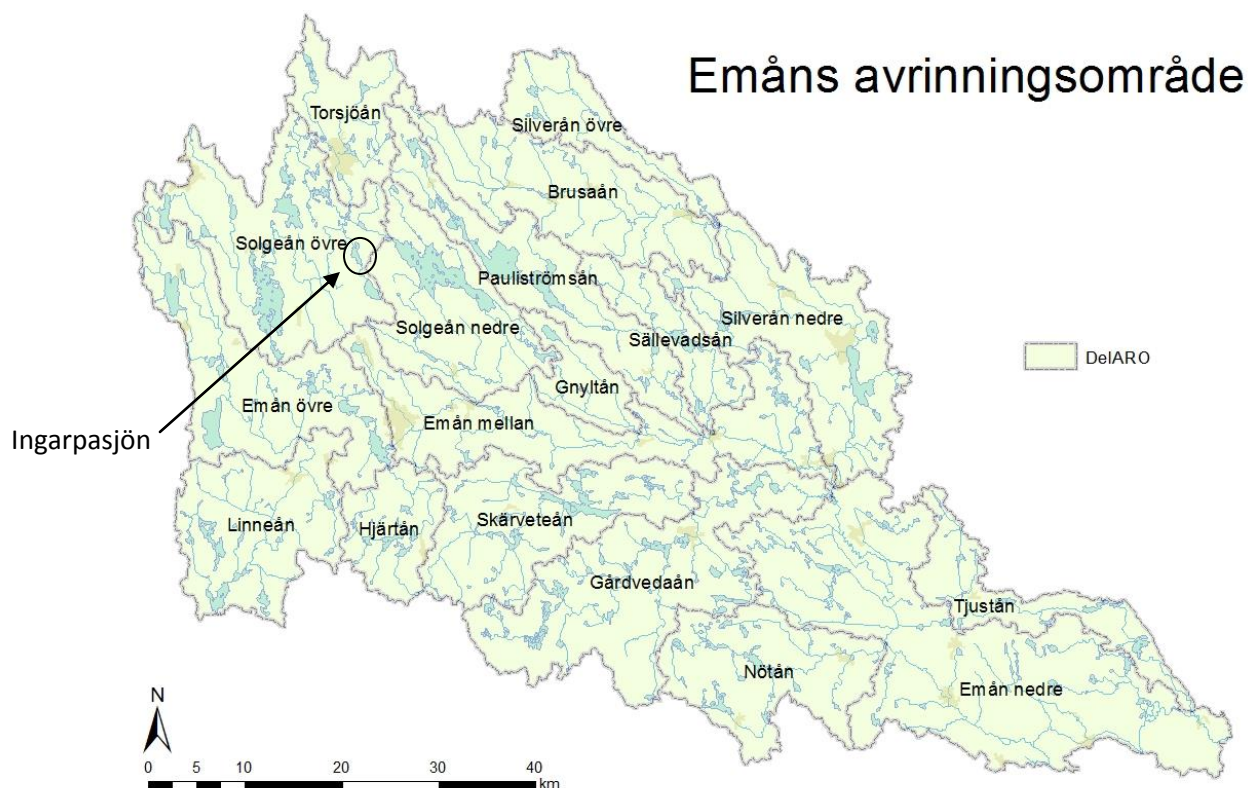
Innehåll

Sammanfattning	1
Innehåll	4
Områdesbeskrivning och historik.....	5
Sjösänkning och kanalisering.....	6
Markavvattningens effekter	12
Vattenkvalitet i Ingarpasjön	13
Statusklassning och Ingarpasjöns status	13
Näringsämnen	16
Syretillstånd och organiskt material.....	25
Ljusförhållanden och klorofyll	27
Metaller i sediment	28
Badvattenprover.....	29
Enskilda dricksvattentäkter	30
Sammanfattning – vattenkvalitet och påverkan	30
Kompletterande undersökningar	31
Åtgärder i jordbruket.....	32
Skyddszoner, restaurering av åplan och tvåstegsdiken	32
Våtmarker.....	35
Muddring.....	38
Slutsatser och fortsättning	38

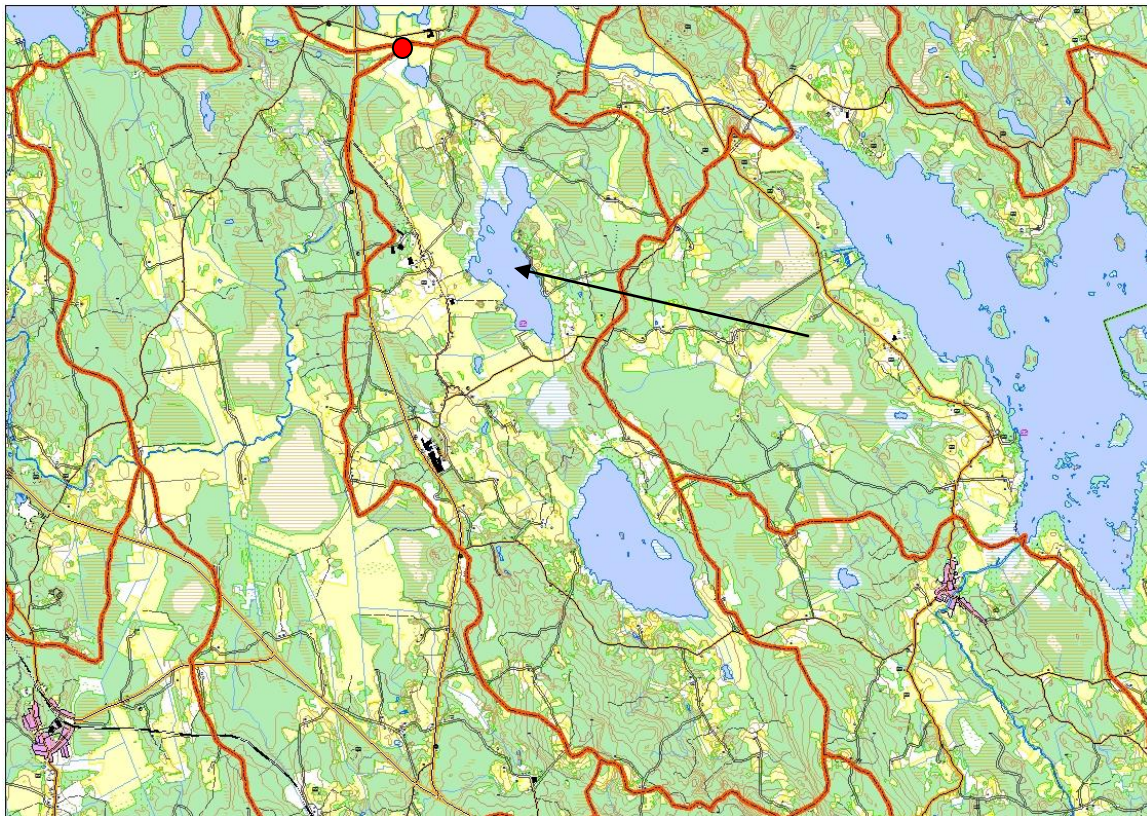
Områdesbeskrivning och historik

Ingarpasjön är belägen 196 meter över havet inom Emåns avrinningsområde och Solgenåns delavrinningsområde (figur 1). Sjöytan är ca 120 ha, medeldjupet 3 meter och maxdjupet 8 meter. Sjöns omsättningstid är 0,54 år (dvs ca 6 månader) och avvattning sker via Bodasjö kanal som rinner från källsjön Bodasjön och mynnar i Fuseån (Solgenån uppströms Solgen) vid Ryningsholm (figur 2). En äldre benämning av vattendraget är Sjustads kvarnå.

Avrinningsområdet för Bodasjö kanal är ca 32 km² och markanvändningen består av ca 60 % skogsmark, 30 % jordbruksmark och 10 % ytvatten (enligt SMHI). En viss del av framförallt skogsmarken kan dock karaktäriseras som skoglig våtmark.



Figur 1. Översiktsskarta på Emåns avrinningsområde med delavrinningsområden. Ingarpasjön är markerad med cirkel och pil.



Figur 2. Avrinningsområdet för Bodasjö kanal inom vilken Ingarpasjön är belägen (omgärdat med röd linje) . Den röda punkten markerar utloppet i Fuseån och svart pil visar Ingarpasjön

Sjösänkning och kanalisering

Sjösänkningar påbörjades i Sverige i större skala under 1800-talet och pågick fram till mitten av 1900-talet, men statligt stöd för markavvattning har funnits ända fram till 1970-talet (Naturvårdsverket 2009). Under perioden 1920-1930 skedde de mest omfattande sjösänkingsföretagen i Sverige och inom Jönköpings län är totalt 133 sjöar sänkta eller torrlagda (SMHI 1995). Vidare finns inom Jönköpings län över 1200 markavvattningsföretag, där vattendrag har blivit sänkta och våtmarker blivit utdikade. Sammantaget har detta gett stora arealer nyodlingar men samtidigt försämrade ekologi (t.ex. många försvunna våtmarker), förändrad hydrologi (snabbare avrinning, högre känslighet för torka och höglöden), annorlunda landskapsbild och även påverkan på vattenkvaliteten.

Sett ur ett nationellt perspektiv har jordbruksarealen i Sverige från början av 1800-talet fram till 1960 ökat från 1,5 till 3,8 miljoner hektar genom att (Håkansson, 1995):

- 600 000 ha mossar och kärr odlades upp
- 30 000 avvattningsföretag genomfördes x
- 444 invallningsföretag byggdes
- 2 500 sjöar sänktes eller torrlades
- 1 000 000 km diken och rörledningar
- 1 200 000 hektar täckdikades

Våtmarkernas betydelse för människan har förändrats genom århundradena. I det äldre odlingslandskapet och så långt tillbaka man kan finna spår av bofast befolkning så hade våtmarkerna ett mycket stort värde för jakt, fiske, bete, slätter och torvbrytning. När jordbruket inte längre förmådde försörja den ökande befolkningen under 1800-talet förändrades synen på våtmarkerna till att mer eller mindre betraktas som oduglig ”vattensjuk” mark (KSLA 2010) och en storskalig markavvattningsseppok startade kring mitten av 1800-talet.

Markavvattnings- och sjösänkingsföretagen syftade till att skapa större arealer odlingsbar mark och betesmark. Många dikningsarbeten utfördes för hand och innebar umbäranden som vi troligtvis har svårt att föreställa oss idag. Under det senaste seklet har nästan en fjärdedel av Sveriges ursprungliga våtmarker försvunnit. Störst andel har gått förlorad i slättlandskapen i södra Sverige, och i Skåne och Mälardalen finns bara omkring en tiondel av den ursprungliga våtmarksarealen kvar.

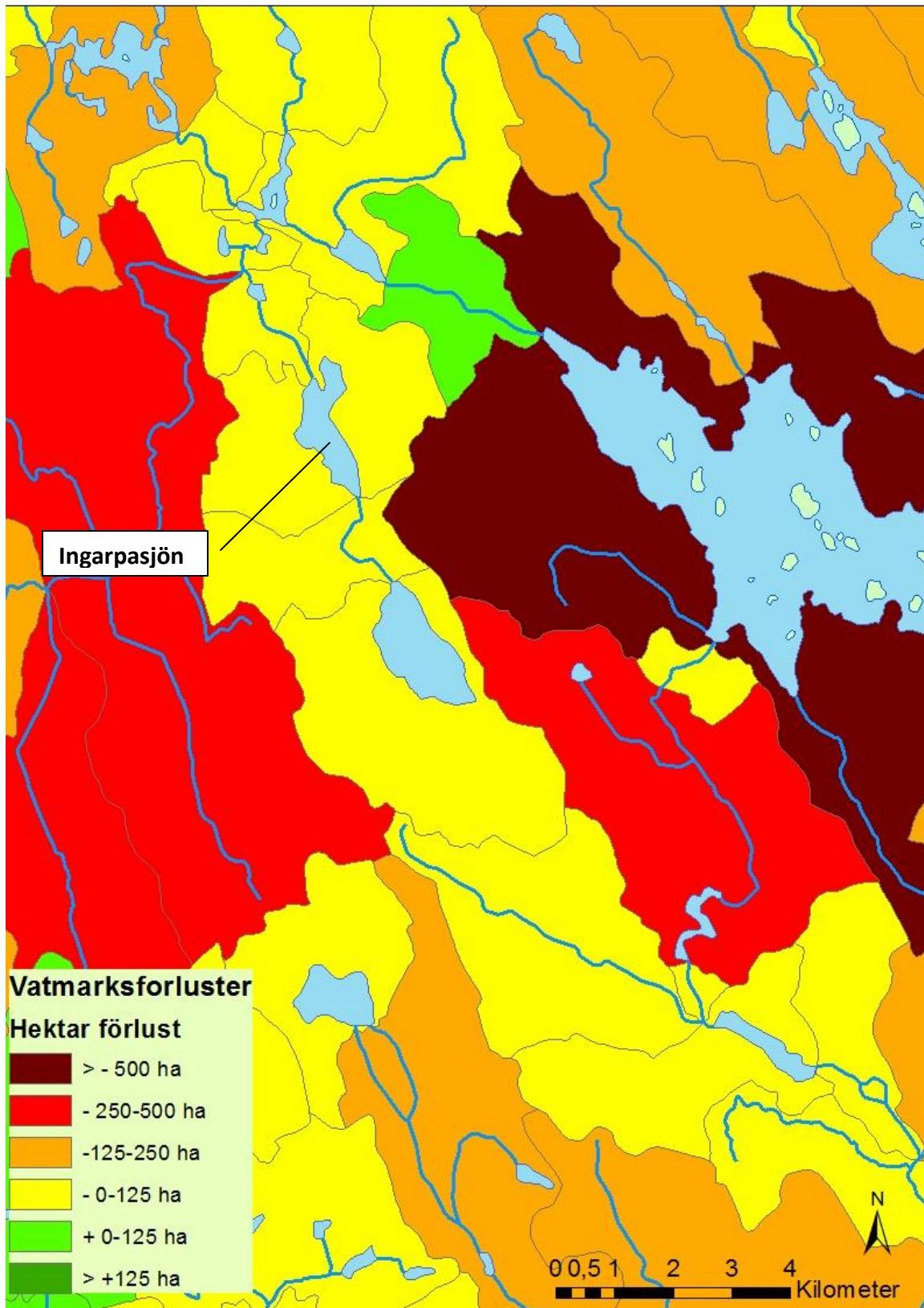
Utdikningar i skogsbruket står för drygt hälften av Sveriges totala våtmarksförlust, och ytterligare 40 procent beror på sjösänkningar som har förvandlat våtmarker till jordbruksmark. En relativt liten del av våtmarkerna har försvunnit på grund av torvbrytning, men framför allt i Jönköpings och Västra Götalands län är torvtäkter vanliga (Naturvårdsverket 2017).

Idag är synen på våtmarker annorlunda och genom ökad förståelse för dess funktioner har flera restaureringsprojekt genomförts i Sverige. Våtmarkernas betydelse för landskapets hydrologi, vattenkvalitet och biologisk mångfald är mycket stor och idag finns flera olika former av statligt finansierade bidrag att söka i syfte att återskapa eller skapa nya våtmarker i landskapet.

Figur 3 visar våtmarksförluster inom en del av området uppströms Solgen och angränsande delavrinningsområden. Kartan är framtagen av länsstyrelsen i Jönköpings län och visar skillnader i våtmarksarea per delavrinningsområde mellan generalstabskartan (1875-1885) och marktäckedata (2000). Skiktet visar hur mycket våtmarker som på ett eller annat sätt har försvunnit genom dikningar, markomvandling eller andra orsaker under denna period. Syftet med skiktet är att visa på områden där våtmarksbevarande/restaureringar/anläggande blir extra viktiga. Viktigt i sammanhanget är dock att Generalstabskartan för området kring Ingarpasjön togs fram efter att de första markavvattningsåtgärderna genomförts inom området kring Ingarpasjön – därför bör analysen vara något underskattad avseende arealen förlorade våtmarker. Men den ger likväl en indikation på att bara inom Ingarpasjöns och Bodasjöns delavrinningsområden har uppskattningsvis 100-200 ha våtmarker försvunnit och kring sjön Solgen är siffran över 500 ha förlorade våtmarksområden per delavrinningsområde.

Många avvattnade och uppodlade marker, främst torvmarker, sjunker med tiden ihop när torvjorden mineraliserar och återgår till ett blötare tillstånd, även om diken underhålls. Hur stor andel av de tidigare avvattnade markerna som idag inte odlas pga att de är för blöta finns dock inga tillgängliga uppgifter om – men det är sannolikt relativt stora arealer, åtminstone lokalt.

Litteratur av intresse i sammanhanget är KSLA:s samlade skrift ”Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000” (KSLA 2010) samt SMHI:s ”Sänkta och torrlagda sjöar” (1995) och Naturvårdsverkets rapport 6777:2017.



Figur 3. Vatmarksförluster inom delavrinningsområden (avgränsade med grå linje) kring Ingarpasjön och Solgen. Källa: länsstyrelsen i Jönköpings län.

Markavvattning kring Ingarpasjön

Bodasjön, Ingarpasjön och den mellanliggande sjön Räveln har tillsammans med omgivande våtmarker påverkats av markavvattningsåtgärder under en lång period. Med stöd av kartstudier på lantmäteriets webbtjänst "historiska kartor" (www.lantmateriet.se) skedde de mest omfattande markavvattningsåtgärderna i området kring Ingarp från mitten av 1800-talet och fram till ca 1925. Av samma kartmaterial framgår att Bodasjön tidigare har benämnts både Södersjön (kring 1850) och Kopparpsjön (under 1860-talet).

I samband med sjösänkningarna torrlades till slut sjön Räveln medan Bodasjöns och Ingarpasjöns vattenytor sänktes betydligt. På generalstabskartan från 1875 finns fortfarande sjön Räveln kvar medan ekonomiska kartan från 1954 visar att Räveln är helt avsänkt.

Ett omfattande äldre dokument som beskriver markavvattningsföretaget kring Solgen under 1860-talet är skriften "*Sjön Soljen med flere wattendrag..... upprättad i och för vattensänkning åren 1864 t o m 1868*" (historiska kartor Lantmäteriet, www.lantmateriet.se). Detta markavvattningsföretag omfattade bl.a. sjön Solgen och flera uppströms belägna sjöar och vattendrag. Figur 3 och 4 visar utsnitt från kartmaterialet i denna skrift jämfört med dagens karta. Det framgår ganska tydligt att sjöarnas areal var större innan sänkningarna, men det har inte närmare undersökts hur stora arealer odlingsmark som skapades och vilken status de har i dagsläget. Man kan dock se att vissa områden som idag är odlingsmark tidigare låg under vatten.

Vattendraget från Bodasjön till Fuseån har haft annorlunda sträckning innan sjösänkningarna men exakt hur den har runnit har inte utretts i denna rapport.



Figur 4. Detaljer av kartmaterial från 1813 (A) som visar Ingarpasjöns nordöstra del vid Koanäs och det ursprungliga utloppet och från 1868 (B) som visar norra delen av Ingarpasjön, bodasjö kanal och sjön Grönnen samt del av Fuseån, i samband med ett större markavvattningsföretag för Solgen, tillsammans med dagens karta. Källa: www.lantmateriet.se.



Figur 5. Rekonstruktion av kartmaterial från 1868 som visar Bodasjön (Kopparpssjön) samt Räveln (sedmera helt av sänkt) och södra delen av Ingarpasjön, i samband med ett större markavvattningsföretag för Solgen. Källa: www.lantmateriet.se.

Markavvattningens effekter

Sjösänkningar kan leda till ändrade avrinningsförhållanden, ökat näringsläckage, ökad igenväxning, förändrade ekosystem, marksättningar och en snabbare åldring (uppgrundning) av sjön (SMHI 1995).

För hydrologin inom ett avrinningsområde har en sjö stor betydelse för sin utjämnande verkan på avrinningen. Beroende på hur mycket av sjöns areal som försvinner så minskar sjöns (och de omgivande våtmarkernas) förmåga att dels mildra högflöden, dels magasinera vatten vid torka. En sänkt sjö tillsammans med flera dränerande dikessystem kan alltså avsevärt påskynda ytavrinningen vid t.ex. kraftig nederbörd, samtidigt som den vattenhushållande funktionen från de utdikade våtmarkerna och den tidigare större sjövolymen går förlorade.

I de områden där jordarterna består av organogena jordar, vilket innefattar en stor del av de våtmarker som torrlades under 1800-talet, är marksättningar ett stort problem efter markavvattning. Markerna sjunker ihop pga mineralisering, näringsupptag av grödor och packning av tunga maskiner. På sikt blir de vattenmättade igen, även om de inte brukas. Marksättningar i samband med sjösänkningar uppgår till ca 1-2 cm/år och därför har många områden avvattnats vid flera tillfällen och vissa marker går idag inte att bruka för odling.

Effekten av näringsläckage efter markavvattning beror på ökad syresättning i jordprofilen vilket bidrar till en ökad nedbrytningsprocess och minskad denitrifikation (som sker i syrefria miljöer). Detta bidrar till ett ökat kväveläckage – framförallt nitrat, till grundvatten och dikessystem. Fosfor är i regel partikelbundet och läckaget sker huvudsakligen som fosfat via ytavrinning till diken eller ytvatten. Andra viktiga källor till ökad tillförsel av näringsämnen till ytvatten är tillförsel av växtnäring och enskilda avlopp. Sammantaget kan påverkan till en sjö eller ett vattendrag bli mycket stor, beroende på markförhållanden och intensitet i markanvändning m.m.

För Ingarpasjön ges en närmare beskrivning under kapitlet ”vattenkvalitet” nedan.

Vattenkvalitet i Ingarpsjön

Ingarpsjöns vattenkvalitet har studerats översiktligt sedan 1970-talet och enstaka gånger tidigare under 1900-talet. Inom ramen för Eksjö kommuns vattenprovtagningsprogram togs årligen vattenprover i bl.a. Ingarpsjön och Bodasjön 1977-2011, varefter provtagningen upphörde några år för att sedan återupptas 2016 i ett reviderat program. Mellan dessa åren genomfördes inom ramen för LOVA-projektet "Ingarpsjön" en månadsvis provtagning i sjöns in- och utlopp, tillsammans med sedimentanalys i sjöns djuphåla.

Andra sätt att mäta vattenkvalitet på, förutom kemiska analyser, är att studera förekomst och diversitet av t.ex. plankton, växter (makrofyter) och fisk. Provfiske i Ingarpsjön har aldrig genomförts men makrofytstudier har gjorts av länsstyrelsen i Jönköpings län.

För att bedöma vattenkvaliteten i en sjö används olika typer av nationella bedömningsgrunder och index. Sedan Sverige blev medlem i EU har vi förbundit oss att genomföra EU:s vattendirektiv, i vilket ingår att bedöma kvaliteten på våra vatten, s.k. statusklassning

Statusklassning och Ingarpsjöns status

Statusklassning av vatten är en bedömning av sjöar, vattendrag och grundvatten enligt EU:s vattendirektiv och miljöbalkens förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön. Sveriges vattendrag och sjöar samt grundvattenmagasin har delats in i vattenförekomster som sedan statusklassas i 6-års cykler. Statusklassningen utförs av länsstyrelserna och vattenmyndigheten och som underlag används i princip allt tillgängligt material för respektive vattenförekomst. Ibland är underlaget litet eller obefintligt – då görs en expertbedömning från fall till fall, där man bl.a. använder data från intilliggande vattenförekomster. Till varje vattenförekomst ställs en miljökvalitetsnorm – en slags bindande målsättning som innebär att vattenkvaliteten inte får försämrats och att god status skall uppnås genom åtgärder inom ett visst tidsperspektiv.

Information om alla vattenförekomsternas status och miljökvalitetsnormer finns att tillgå via hemsidan VISS (www.viss.lansstyrelsen.se) som står för VattenInformationSystem Sverige.

Enligt den senaste statusklassningen för Ingarpsjön bedöms denna ha måttlig ekologisk status, beroende på parametrarna "närlingsämnen" och "makrofyter". Det framgår också att en säkrare bedömning kan göras av statusen genom ett standardiserat provfiske. Statusklassningen för Ingarpsjön finns att ladda ned som pdf på hemsidan VISS (vatteninformationssystem Sverige), via adressen www.viss.lst.se

Ingarpsjön – från klarvattensjö till grumlig slättsjö

Som rubriken antyder har Ingarpsjön, tillsammans med många andra svenska sjöar, gjort en resa från att vara näringsfattig klarvattensjö till en mer eller mindre näringsrik och grumlig sjö under en period av ca 100 år. Det finns mycket lite data att tillgå när det gäller äldre undersökningar, men den 21 juli 1935 mättes siktdjupet i Ingarpsjön av Thunmark till 4,16 m och det finns även äldre uppgifter om förekomst av kortskottsväxten notblomster (*Lobelia dortmanna* L.), som är en karaktärsväxt för näringsfattiga (oligotrofa) sjöar, med grus- och

sandbottnar. Denna växt finns med största sannolikhet inte kvar idag och senast uppmätta siktdjup i augusti 2017 var 1,1 meter och ungefär detsamma 2016. De sjöar inom Emåns avrinningsområde som idag har siktdjup motsvarande 4 meter eller mer är Södra Vixen, Stora Bellen, Vallsjön och Mycklaflon - sannolikt hade Ingarpasjön en liknande karaktär som dessa sjöar åtminstone fram till 1940-talet och möjligen något årtionde till. Sänkningen av sjön, tillsammans med uppodlingen av de torrlagda sjöbottnarna och angränsande våtmarker var starten på hela denna omvandlingsprocess. Därefter bidrar en intensiv markanvändning och fler enskilda avlopp till att sjön slutligen skiftar karaktär pga hög näringsbelastning, uppgrundning och troligen en internbelastning.

Näringsämnen och eutrofiering

Av växtnäringsämnena kväve och fosfor är det främst fosfor som reglerar produktionen i sötvatten och normalt används parametern totalfosfor (tot-P) för statusklassning och bedömningar. Fosfatfosfor (PO_4^-) är den oorganiska föreningen av fosforsalter som förekommer löst i vatten och den enda formen som växter direkt kan tillgodogöra sig. Vanligtvis är fosfatfosforkoncentrationen i sötvattensmiljö begränsande för alg tillväxten. Tillförsel av fosfatfosfor från tex enskilda avlopp eller jordbruksmarker medför en ökad tillväxt av vegetation och plankton i vattendrag och sjöar. Fosfat kan också utlösas ur sjöars bottensediment vid syrgasbrist och då orsaka sekundär tillförsel av fosfor – s.k. internbelastning (se figur 6). En annan orsak till att fosfor frigörs från sediment är s.k. bioturbation; när fiskarter som söker föda på botten (främst braxen och sutare) rör upp sediment och på så vis frigör näringsämnen.

Kväve mäts oftast som totalkväve (tot-N), men kväveföreningar som nitrat (NO_3^-), nitrit (NO_2^-) och ammonium (NH_4^+) har betydelse för produktionen i sötvatten främst i relation till fosfor, även om det finns indikationer på att kväve kan vara begränsande i kraftigt övergödda eller vissa näringsfattiga sötvattenförekomster (t.ex. i fjällen). Det är framförallt det lättlösliga nitraten som lakas ut i grundvatten och ytvatten som kan ge upphov till problem vid för höga koncentrationer.

Eutrofiering, eller övergödning, är en serie sammanlänkade processer som börjar med för stort tillskott av näringsämnen som på sikt leder till långtgående effekter i vattenmiljöer eller marker. Normal tillförsel av näringsämnen till en vattenmiljö är en naturlig och nödvändig process för den biologiska produktionen och inte ett miljöproblem. Det är när tillförseln ökar i sådan omfattning att ekosystemets ursprungliga karaktär, egenskaper och funktioner förändras som man kan se problem som t.ex. algblomning, syrebrist och fiskdöd. (Havs och vattenmyndigheten 2013).

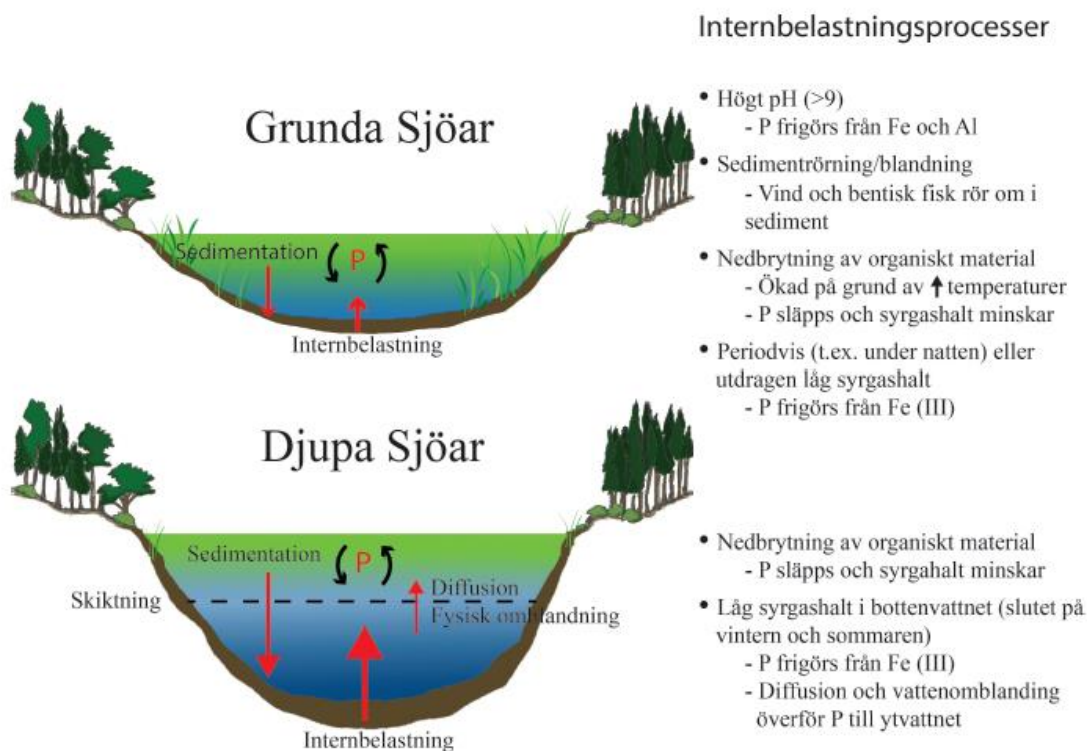
En process som är förknippad med eutrofiering är s.k. internbelastning från sjöars sediment. Internbelastning innebär att främst fosfor som finns lagrad i sjöns bottensediment frigörs till vattnet och bidrar till att övergödningens problemen förstärks och kvarstår trots att man kanske genomfört åtgärder som minskar den externa belastningen (SLU 2016).

Även om kunskapen kring internbelastning är begränsad finns vissa kända grundläggande principer. Så gott som alla sjöar har en naturlig bruttointernbelastning, d.v.s. att det sker ett visst utflöde av fosfor från sedimentet. I normalfallet överskrider bruttointernbelastningen mångfalt av sedimentationen så att det inte sker någon nettointernbelastning utan i stället en

netto retention (dvs huvuddelen av näringsämnen lagras i sedimentet). Men i samband med långsiktigt hög extern fosforbelastning, ökar bruttointernbelastningen, och den kan ibland överskrida sedimentationen så att det sker en nettointernbelastning (SLU 2016).

En ökad bruttointernbelastning kan ha följande konsekvenser:

- 1) retentionen av fosfor minskar, fosforhalten ökar under en del av året, och därmed ökar risken för algblomning (bruttointernbelastning)
- 2) retention är obefintlig och uttransporten av fosfor via utloppet blir större än intransporten (nettointernbelastning).
- 3) Åtgärdsbetinget för påverkanskällor uppströms och nedströms påverkas om åtgärder mot internbelastning inkluderas



Figur 6. Principskiss över internbelastningsprocesser (Källa: SLU 2016).

Extern tillförsel av näringsämnen sker kontinuerligt från omgivande marker både naturligt och från antropogena källor (enskilda avlopp, reningsverk, industrier, dagvatten från hårdgjorda ytor). Urlakningen av kväve och fosfor från omgivande mark till ytvatten varierar stort och beror både på t.ex. jordmån, temperatur, nederbörd och hydrologi. Sedan tillkommer effekter från markanvändning som t.ex. gödsling, brukningsmetoder, grödor, bearbetning av jordbruksmark, underhåll av diken och trakthyggesbruk. Detta s.k. diffusa läckage är mycket svårt att mäta och övervaka, men det har stor betydelse för den totala balansen av näringsämnen i sjöar och vattendrag.

Resultat från vattenprovtagningar

Tillgängliga data på vattenkemi

Vattenkemidata för Ingarpasjön finns från 1977 och årligen framåt, med vissa avbrott, och dessa prover har tagits vid sjöns utlopp. Sedan 2016 provtas Ingarpasjön årligen inom Eksjö kommuns reviderade sjöprovtagningsprogram och därför finns goda möjligheter att följa upp eventuella framtida åtgärder. Nedan ges en redovisning av sammanställda data, med fokus på parametrar som är relaterade till näringsbelastning. Inom ramen för LOVA Ingarpasjön togs månadsvisa prover vid in- och utloppet av Ingarpasjön för att kunna följa koncentrationerna av näringsämnen in och ut från sjön under ett drygt år (dec 2011- juni 2013). Under denna period togs även prover vid Bodasjöns utlopp varannan månad. Utöver dessa provtagningar finns även en sjöprovtagning från länsstyrelsen i Jönköpings län från 2008 som kompletterar övriga provtagningar.

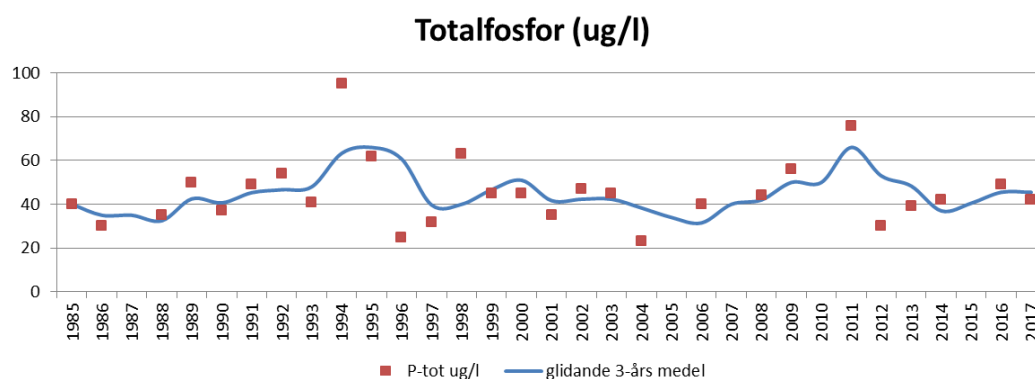
En liten osäkerhetsfaktor i sammanhanget är att den äldre provtagningen ibland har skett under olika perioder på året, vilket har betydelse för koncentrationerna av näringsämnen m.m. Därför ökar osäkerheten angående bedömningar och slutsatser.

Näringsämnen

Sjöprovtagningar

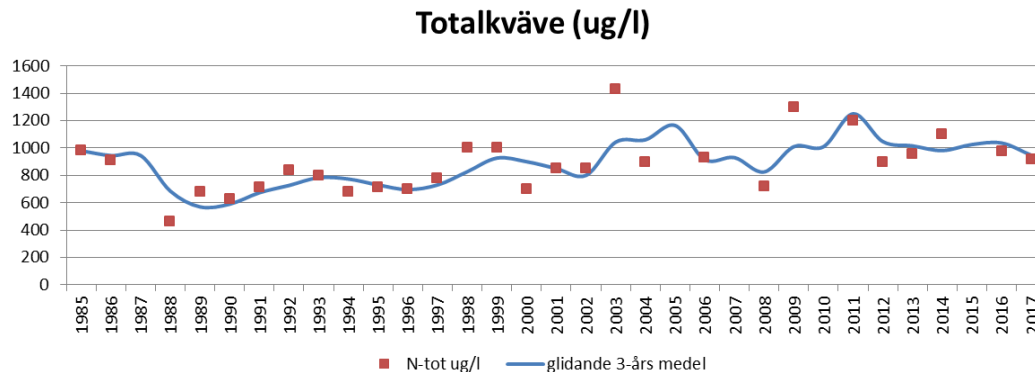
Uppmätta koncentrationer av fosfor och kväve från sjöprovtagningar sträcker sig från 1985 till 2017, med undantag för vissa år då data sakas. Det skall poängteras att proverna fram till 2013 är tagna vid utloppet av sjön, oftast i maj månad, dvs. inte ytprover (0,5 m) över sjöns djuphåla.

Koncentrationerna av totalfosfor pendlar från måttligt höga (12,5-25 µg/l) till mycket höga halter (45-96 µg/l) med en medelkoncentration på 45 µg/l, vilket betecknas som höga, på gränsen till mycket höga halter. Ett Mann-Kendall test visar ingen signifikant trend ($p=0.75$) under perioden. (figur 7).



Figur 7. Graf över uppmätta koncentrationer av total fosfor från ytvatten i Ingarpasjön 1985-2017. Proverna fram till 2013 är tagna vid sjöns utlopp, förutom 2008. Senare prover är tagna över sjöns djuphåla.

Koncentrationerna av totalkväve visar en signifikant ökande trend från mitten av 1980-talet (Mann kendall, $p=0.002$) då de gick från att vara måttligt höga halter (300-625 $\mu\text{g/l}$) till höga halter (625-1250 $\mu\text{g/l}$) med en medelkoncentration på 880 $\mu\text{g/l}$ (figur 8).



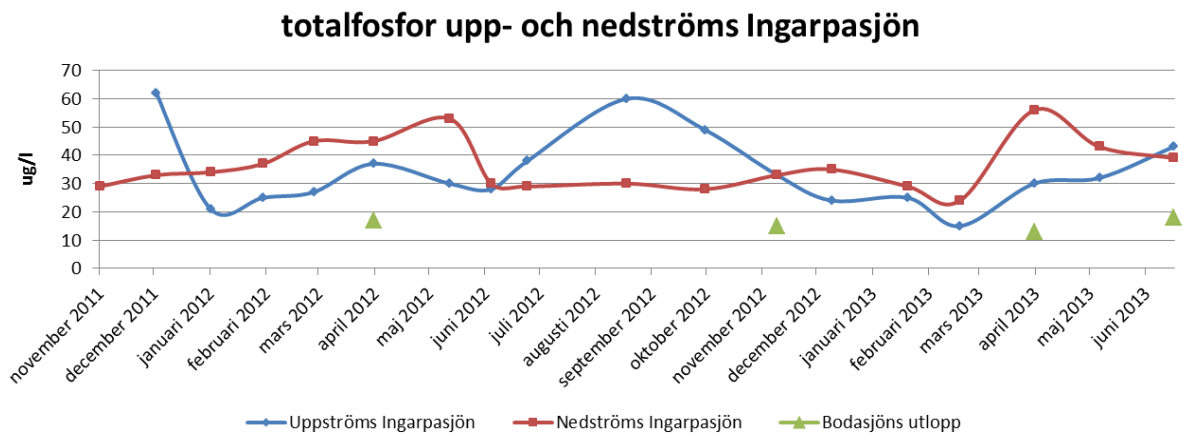
Figur 8. Graf över uppmätta koncentrationer av totalkväve i Ingårpsjön 1985-2017. Proverna fram till 2013 är tagna vid sjöns utlopp, förutom 2008. Senare prover är tagna över sjöns djuphåla.

Intensivprovtagning in- och utlopp

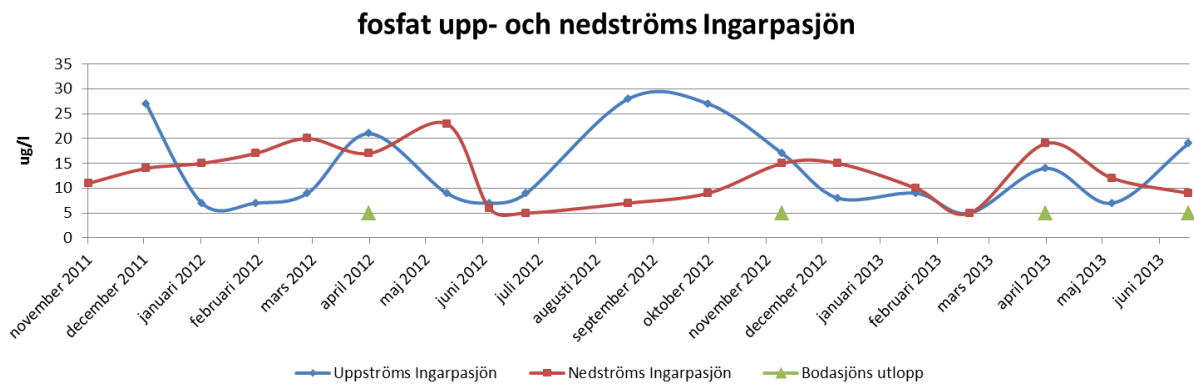
Under perioden december 2011 till juni 2013 togs månadsvisa prover upp- och nedströms Ingårpsjön, samt vid Bodasjöns utlopp vid fyra tillfällen, för att kunna följa koncentrationerna av näringsämnen, konduktivitet och färgtal. Vid denna provtagning genomfördes även analyser på fosfat och nitrat/nitrit vilka utgör de lättillgängliga fraktionerna av kväve och fosfor. Som en del av utvärderingen är det viktigt att jämföra med vattenföringen och för den aktuella perioden fanns åtminstone två tillfällen med hög nederbörd och ökade flöden (figur 11). Detta har sannolikt bidragit till högre koncentrationer av näringsämnen pga ökad ytavrinning.

fosfor

Resultatet visar att under perioden varierade fosforhalterna vid respektive upp- och nedströms provtagningspunkter. Under januari till juni 2012 är koncentrationen högre nedströms och under juli-november 2012 råder det omvända förhållandet, därefter svänger det tillbaka igen under senvintern-våren 2013. Fosforhalterna varierar med ungefär samma mönster som totalfosforhalterna (figur 10). Högsta koncentrationerna var på provtagningslokalen vid inloppet till Ingårpsjön under perioden augusti-oktober 2012, vilket också sammanfaller med högre flöden (se figur 14). Att halterna på punkten nedströms Ingårpsjön är betydligt lägre tyder på att fosfor till viss del omsätts i Ingårpsjön (dvs tillgänglig fosfor tas upp av biomassa), men att det under vinterperioderna uppstår det omvända förhållandet (figur 9 och 10). Det går därför inte att utesluta att Ingårpsjön påvisar en internbelastning av fosfor – dvs de perioder fosforkoncentrationen är högre nedströms än uppströms kan tyda på att sjöns sediment "läcker" fosfor, troligen pga syrebrist (se syrehalter nedan).



Figur 9. Uppmätta koncentrationer av fosfor vid in- och utlopp till Ingarpasjön samt vid utloppet från uppströms belägna Bodasjön.



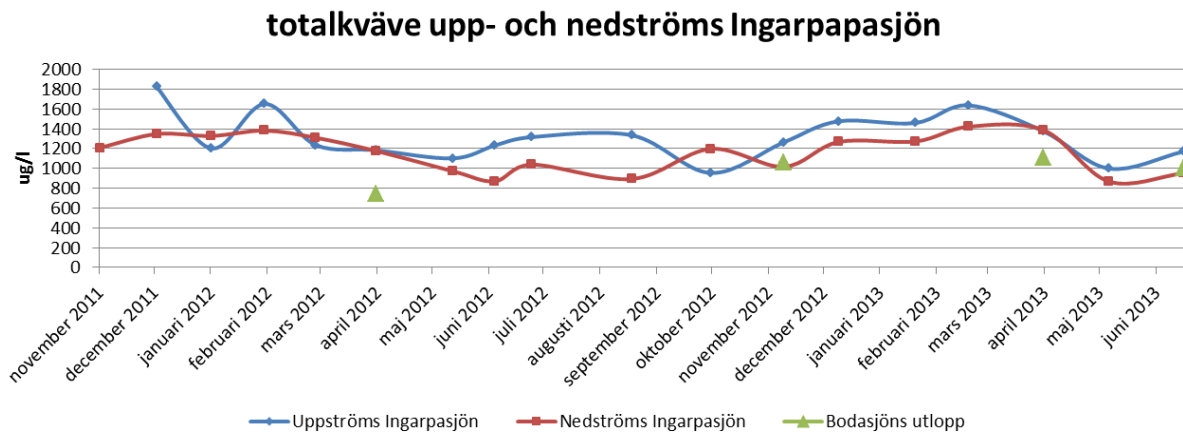
Figur 10. Uppmätta koncentrationer av fosfat vid in- och utlopp till Ingarpasjön samt vid utloppet från uppströms belägna Bodasjön.

Intressant nog visar uppmätta koncentrationer av både totalfosfor och fosfatfosfor direkt nedströms Bodasjön på betydligt lägre fosforhalter vid samtliga mätillfällen. Fosfatkoncentrationerna i Bodasjön ligger stabilt på ca 5 µg/l vilket indikerar näringsfattiga förhållanden. Detta tyder på att fosfortillförseln till Ingarpasjön ökar utmed rinnsträckan mellan Bodasjön och Ingarpasjön. Det finns både dikessystem och jordbruksmark som avvattas inom detta område, samt eventuellt enskilda avlopp. Under mätperioden finns en ökning av fosfatfosforkoncentrationen under april 2012 och 2013 vilket kan ha ett samband med gödsling av jordbruksmark.

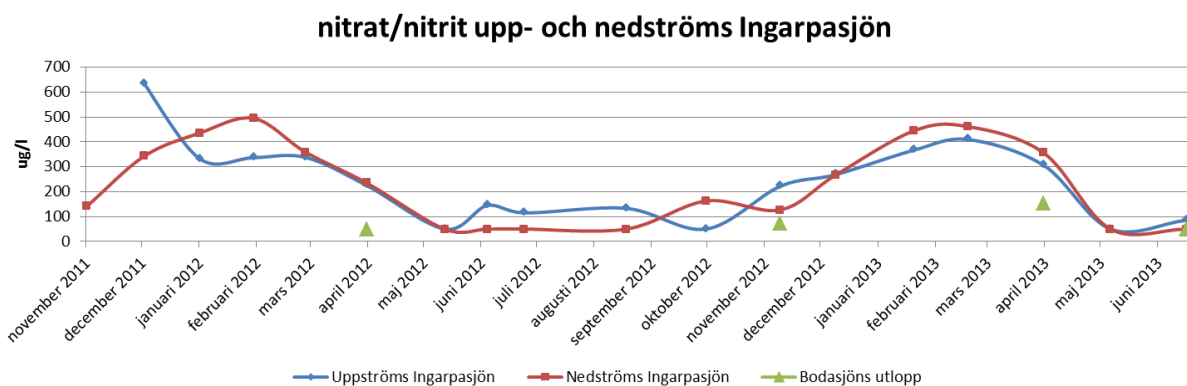
kväve

Kvävekoncentrationerna under mätperioden visade inte lika stor variation upp- och nedströms och vid endast ett mätillfälle (oktober 2012) var koncentrationen nedströms högre än uppströms (figur 11). Koncentrationerna var däremot genomgående höga till mycket höga vid in- och utlopp av Ingarpasjön. Vid Bodasjöns utlopp var koncentrationerna något lägre, dock motsvarande höga halter. Nitrat- och nitritkoncentrationerna var under vinter och tidig vår höga vid Ingarpasjöns in- och utlopp, men lägre vid Bodasjöns utlopp vid samtliga mätillfällen (figur

12). I regel är andelen nitrit alltid mindre än nitrat och i näringsrika jordbruksbygder kan nitrathalterna uppgå till över 1000 µg/l medan näringsfattiga vatten i regel har halter kring 100 µg/l (som t.ex. i Bodasjön).



Figur 11. Uppmätta koncentrationer av kväver vid in- och utlopp till Ingarpasjön samt utloppet vid uppströms belägna Bodasjön.

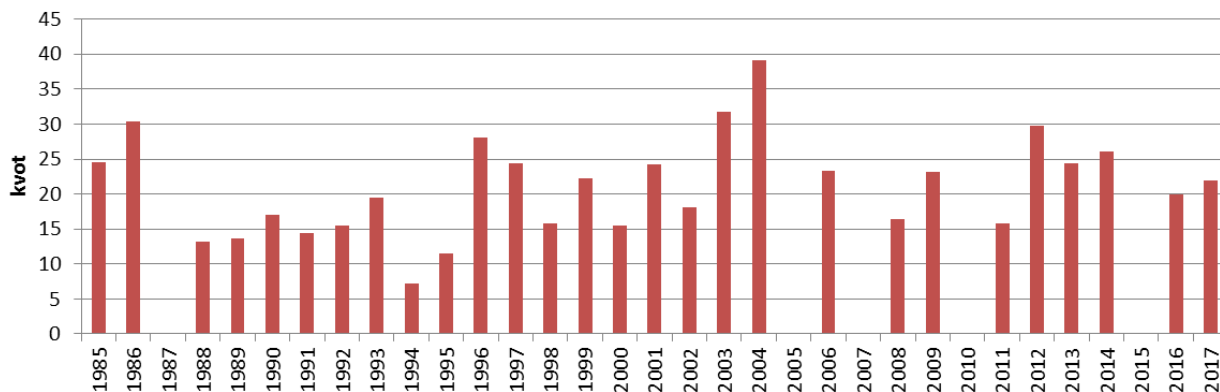


Figur 12. Uppmätta koncentrationer av nitrat- och nitritkväve vid in- och utlopp av Ingarpasjön samt utloppet vid uppströms belägna Bodasjön.

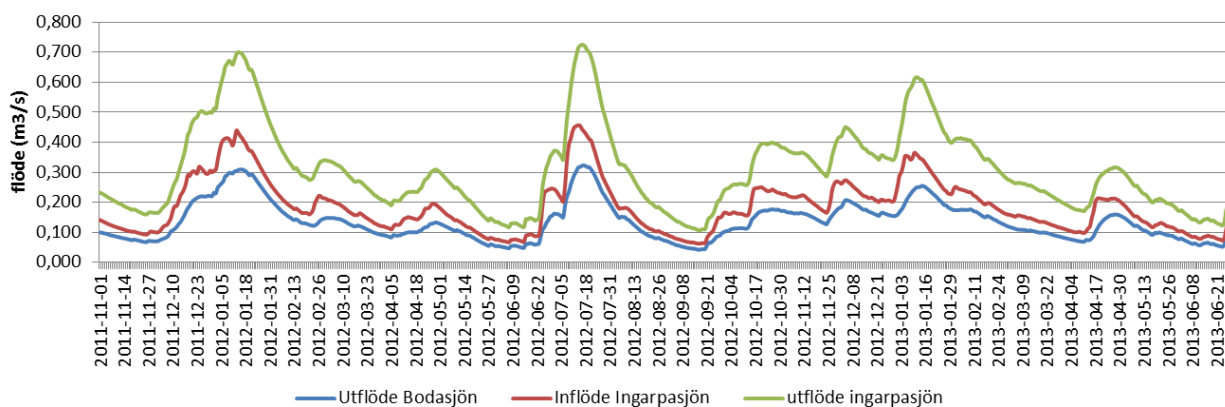
Kväve/fosfor kvot

Genom att bedöma kvävehalter i samspel med fosforhalter får kvävehalterna i sjöar en ekologisk betydelse. Normalt finns ett underskott av fosfor och ett överskott av kväve i vattnet men om detta förhållande förskjuts kan det gynna vissa typer av kvävefixerande bakterier (cyanobakterier – ibland kallas de för blågrönalger) som kan vara giftiga vid massförekomster. Normala förhållanden är kväveöverskott där kvoten är 30 eller mer och sammantaget finns tydliga brytpunkter för kvotskalan. Enligt SLU har det visats att massförekomst av blågröna alger, dvs. "blomningar" är betydligt vanligare i sjöar med kväve/ fosforkvoter under 30. Detta gäller då både icke kvävefixerande cyanobakterier och kvävefixerande cyanobakterier. I figur 13 framgår beräknade kvoter för de sjöprovtagningar som gjorts i Ingarpasjön 1985-2017 och sammantaget är kvoterna oftast kring 20, vilket gör att sannolikheten för massförekomst av cyanobakterier har funnits i princip hela perioden.

Totalkväve/totalfosforkvot



Figur 13. Totalkväve/totalfosforkvot i Ingarpasjön 1985-2017.



Figur 14. Vattenföring i Bodasjö kanal under perioden November 2011-juni 2013. Flödena är modellerade av SMHI (HYPE). Källa: www.smhi.se.

Transporter av näringsämnen

Genom att mäta koncentrationer av näringsämnen på olika lokaler kan man med hjälp av vattenföringsuppgifter beräkna hur mycket fosfor och kväve som transporteras till och från ett vattenområde.

Transportberäkningarna för Ingarpasjöns av- och tillrinningsområde är framtagna dels av SMHI genom den hydrologiska modellen S-HYPE med tillgängliga bakgrundsdata för kväve och fosfor från den nationella databasen SMED (Svenska miljöemissionsdata), dels med hjälp av de faktiska mätningarna som utfördes inom LOVA Ingarpasjön 2011-2013, tillsammans med SMHI:s S-HYPE flödesmodellering.

Tabell 2 nedan beskriver resultatet av transportberäkningarna under 2012, med hänvisning till figur 15 nedan som redovisar vilka områden som avses. Vid en jämförelse mellan faktiska mätningar och SMHI:s modellerade transporter 2012 påvisar de faktiska mätningarna ca 30 %

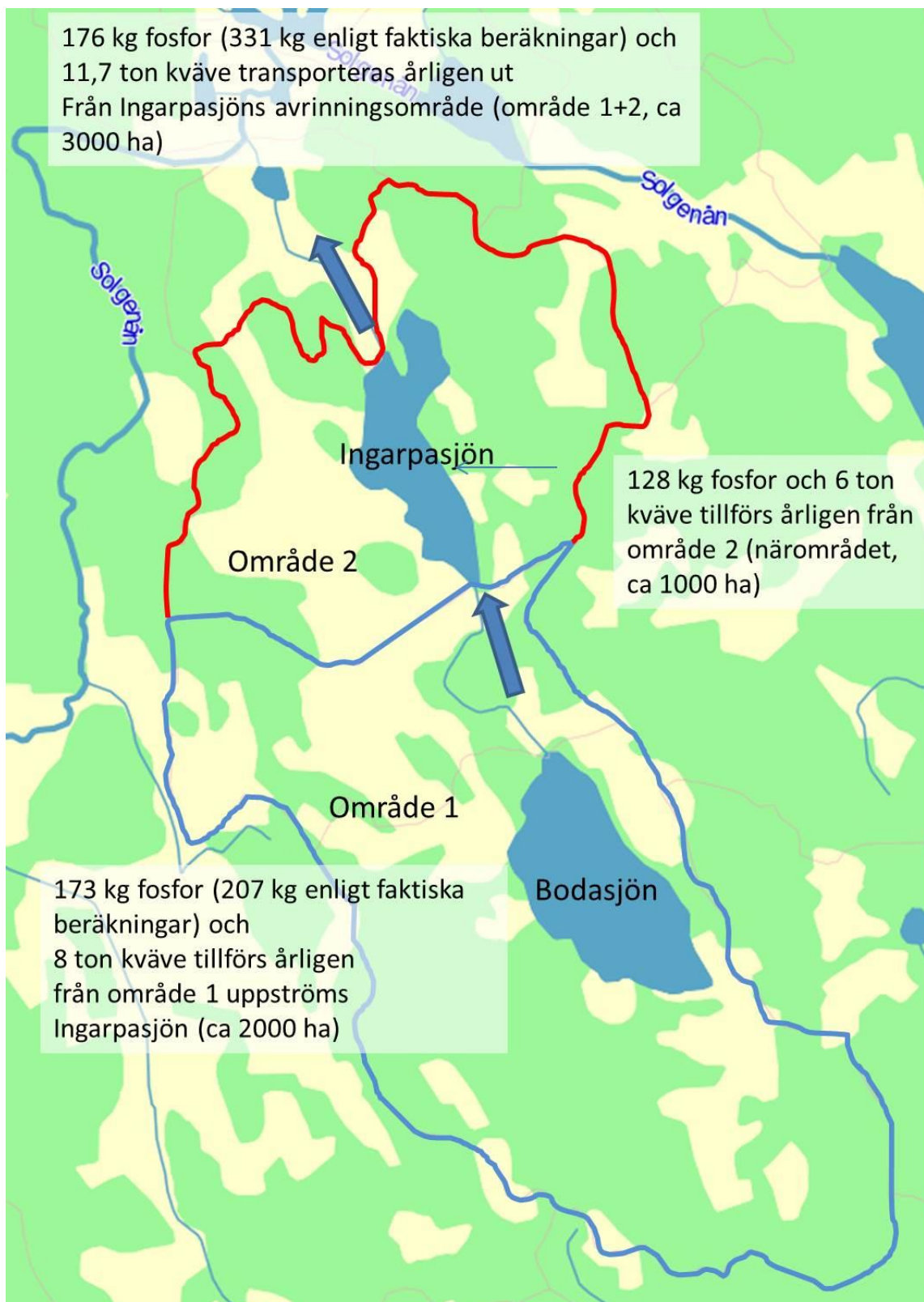
högre fosfortransporter till Ingarpsjön och ca 50 % högre transporter ut från sjön 2012. Kvävetransporterna är däremot likvärdiga SMHI:s modellerade data och sammantaget kan arealförlusterna (kg/ha*år) betecknas som måttligt höga till höga och är likvärdiga mellan område 1 och 2. Variationer i transporter sker alltid mellan månader och år beroende på flöden och markanvändning m.m. men resultatet indikerar att fosfortransporterna sannolikt är högre än vad SMHI:s modellering visar.

Tabell 2. Transportberäkningar av fosfor och kväve 2012 till och från Ingarpsjön, baserat på SMHI:s Hype modellering och faktiska mätningar. Beräkningar från faktiska mätningar framgår med fet stil inom parentes.

Transport 2012	Område enligt figur 15	Fosfor (kg)	Arealspecifik förlust (kg/ha*år)	Kväve (kg)	Arealspecifik förlust (kg/ha*år)
årstransport till Ingarpsjön från Bodasjön	1	138 (207)	0,07 (0,12)	7985 (7922)	4,09 (4,05)
årstransport till Ingarpsjön från närområdet	2	128	0,12	5943	5,67
årstransport från Ingarpsjön	1+2	176 (331)	0,06 (0,11)	11783 (10963)	3,93 (3,65)

Transporterna 2012 från område 1 uppströms Ingarpsjön (ca 2000 ha) uppgår till 138 kg fosfor (207 kg enligt faktiska mätningar) och närmare 8 ton kväve. Område 2 runt själva Ingarpsjön (ca 1000 ha) bidrog 2012 med 128 kg fosfor och närmare 6 ton kväve. Båda områdena tillsammans utgör Ingarpsjöns avrinningsområde (ca 3000 ha) och transporten 2012 ut från Ingarpsjön var 176 kg fosfor (331 kg enligt faktiska mätningar) och närmare 12 ton kväve.

Av transportberäkningarna kan man dra slutsatsen att arealförlusterna inom område 2 (närområdet kring Ingarpsjön) är högre än område 1 uppströms enligt SMHI:s modelleringar. De faktiska mätningarna tyder samtidigt på att fosfortransporterna ut från sjön är högre än vad SMHI modellerat. Detta tyder på att Ingarpsjön åtminstone inte alltid fungerar som en fälla för fosfor, även om en del av de tillgängliga näringsämnen omsätts i sjön och bidrar till produktionen. Troligen förekommer en viss internbelastning vid syrefria förhållanden under framförallt senvinter och tidig vår, vilket bidrar till ökade fosfortransporter nedströms men också syrebrist och ökad fosforbelastning i sjön.



Figur 15. Karta över Ingarpasjöns avrinningsområde med gränser för delavrinningsområden och beräknade transporter av fosfor och kväve.

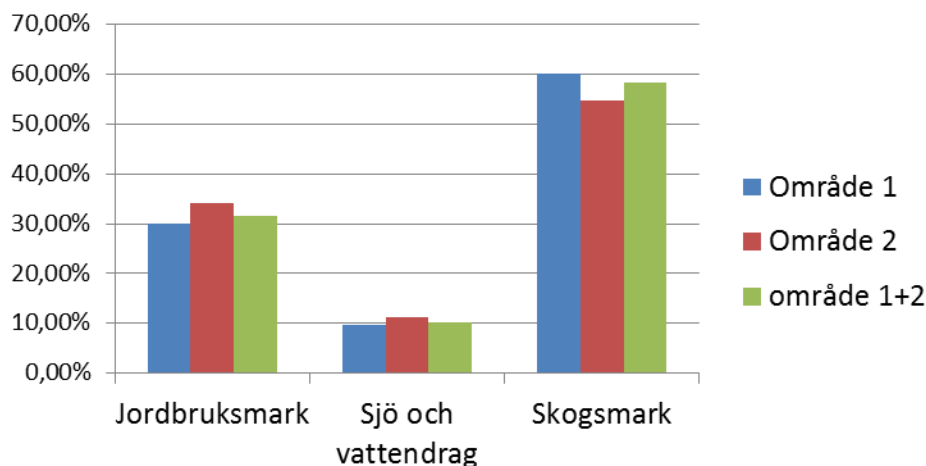
Markanvändning och källfördelning av näringsämnen

Transportberäkningarna ovan beskriver hur mycket näringsämnen som transporteras i avrinningsområdet. För att ta reda på varifrån näringsämnena kommer krävs en s.k. källfördelning. Fosfor och kväve tillförs från många olika källor, varav en viss andel alltid är naturlig (bakgrundsbelastning) från t.ex. skogsmark, våtmark och andra marktyper samt även ytvatten (främst pga atmosfärisk deposition och omsättning i ekosystemet). Därutöver finns en mänsklig påverkan (antropogen belastning) från t.ex. enskilda avlopp och tillförda näringsämnen på tex. jordbruksmark och som en effekt av markanvändningen i jord- och skogsbruket. Utöver detta kan man också särskilja bruttobelastning och nettobelastning – varav det sistnämnda är den belastning som kvarstår efter att näringsämnena har omsatts i biologiska system.

Källfördelningen för Ingarpasjöns av- och tillrinningsområde är framtagna av SMHI genom den hydrologiska modellen S-HYPE med tillgängliga bakgrundsdata för kväve och fosfor från den nationella databasen SMED (Svenska miljöemissionsdata). För att resultatet skall bli överskådligt redovisas källfördelning för respektive delavrinningsområde enligt figur 18 (1, 2 samt 1+2) samt att vi skiljer på bakgrundsbelastning och bruttobelastning.

Markanvändningen i respektive delavrinningsområde och visar likartade förhållanden i båda områdena. Skogsmarken dominerar med ca 55 %, följt av jordbruksmark ca 30 % och ytvatten ca 10 %. I andelen skogsmark ingår även trädbevuxna mossar och kärr, vilket gör att bilden inte blir helt korrekt. I område 2, närmast Ingarpasjön är andelen jordbruksmark något större än uppströms i område 1 (figur 16).

Markanvändning

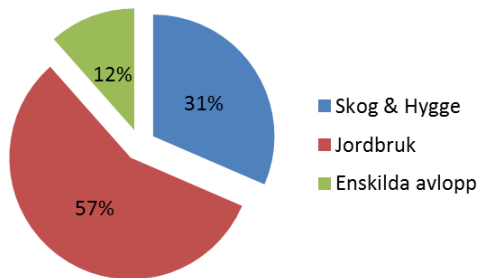


Figur 16. Markanvändning inom olika delar av Ingarpasjöns avrinningsområde, med hänvisning till figure 15. (Källa: SMHI)

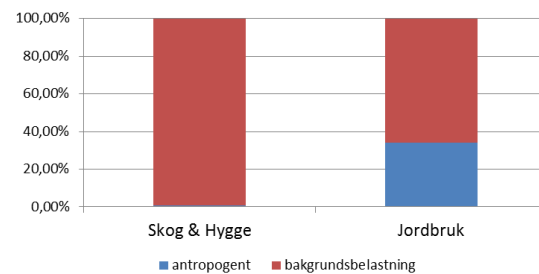
Källfördelningarna av fosfor och kväve inom område 1, 2 samt hela Ingarpasjöns avrinningsområde (1+2) är enligt SMHI:s modellering i princip identiska, därför redovisas endast område 1+2, dvs hela Ingarpasjöns tillrinningsområde. Resultatet i figur 17 visar att huvuddelen av fosfor härstammar från jordbruks- och skogsmark (57 % respektive 31 %) medan enskilda

avlopp står för 12 %. Från jordbruksmarken är den antropogena fraktionen av fosfor jämförelsevis högre (ca 35 %) jämfört med skogsmarken, där bakgrundsbelastningen utgör över 99 %. Sammanlagt bidrar Ingarpasjöns avrinningsområde med en nettobelastning av ca 150 kg fosfor per år till Östersjön enligt SMHI:s modelleringar, vilket utgör ca 1 % av den totala transporten från Emåns avrinningsområde.

Källfördelning av fosfor inom Ingarpasjöns avrinningsområde



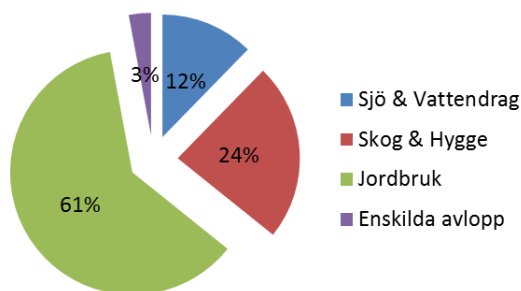
Fosfor - bakgrundsbelastning



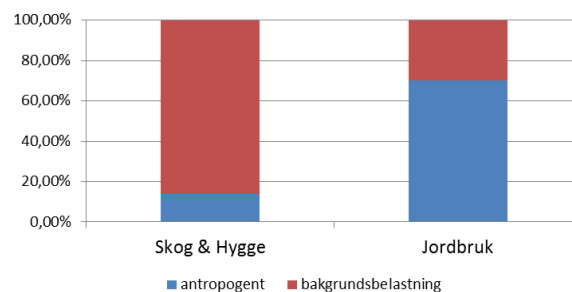
Figur 17. Källfördelning av fosfor (bruttobelastning) i Ingarpasjöns avrinningsområde (område 1+2 enligt figur 15) samt fraktion av bakgrundsbelastning. Källa: SMHI 2017.

Källfördelningen av kväve inom avrinningsområdet (figur 18) visar att jordbruksmarken bidrar med huvuddelen av kvävet (ca 61 %), följt av skogsmark (24 %), ytvatten (12 %) och enskilda avlopp (3 %). Den antropogena fraktionen av kvävet från jordbruksmark är hög – ca 70 %, vilket förklaras av att jordbruksmarken årligen tillförs relativt stora mängder av näring genom gödsling. För skogsmarken motsvarar denna fraktion ca 10 % - oftast beror denna del på trakthyggsebruket, som bidrar till ökat kväveläckage efter avverkning. Den totala nettobelastningen av kväve från avrinningsområdet till Östersjön är ca 10 ton per år enligt SMHI:s modellering, vilket utgör ca 1,5 % av den totala transporten till Östersjön från Emåns avrinningsområde.

Källfördelning av kväve inom Ingarpasjöns avrinningsområde



Kväve - bakgrundsbelastning



Figur 18. Källfördelning av kväve (bruttobelastning) i Ingarpasjöns avrinningsområde (område 1+2 enligt figur 15) samt fraktion av bakgrundsbelastning. Källa: SMHI 2017.

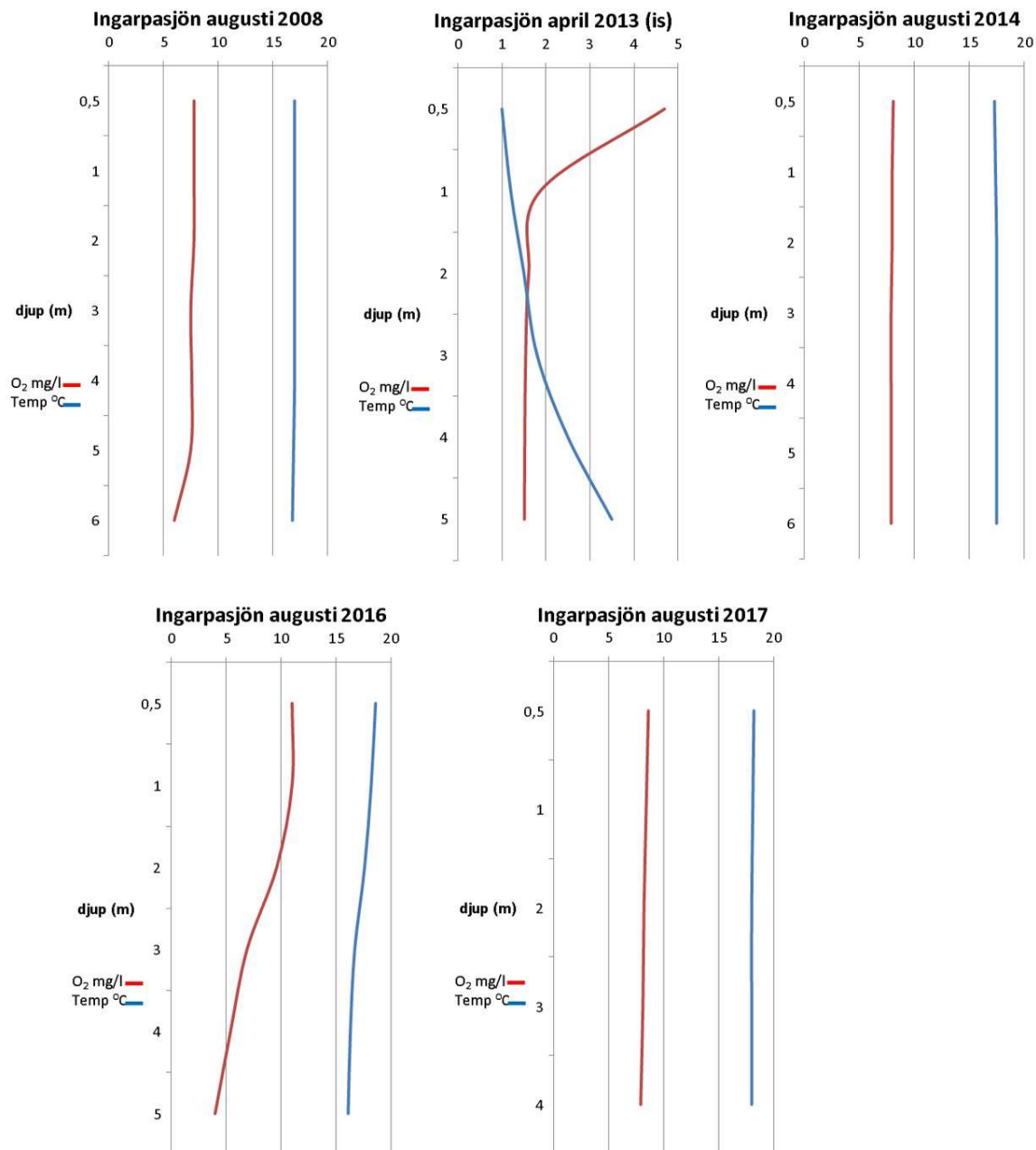
Enligt uppgifter från Eksjö kommun finns 125 enskilda avlopp i Ingarpasjöns avrinningsområde (dock ganska få i direkt närhet till sjön) och enligt den tillsyn som bedrivits är 46 av dessa godkända (37 %). Samtidigt har boende kring Ingarpasjön sedan ett antal år tillbaka drivit frågan att få sina avlopp kopplade till det kommunala VA-nätet, vilket vore den bästa lösningen med hänsyn till vattenkvaliteten.

De övergripande slutsatser man kan dra kring transporter och källfördelning är att den antropogena (mänskliga) påverkan av näringsämnen till Ingarpasjöns är relativt stor. Närområdet utgörs till stor del av jordbruksmark som har väldigt nära kontakt med grund- och ytvatten. Att Ingarpasjön dessutom är sänkt har i sig bidragit till uppgrundning och igenväxning som därefter ger en ökad nedbrytning av organiskt material som är både syretärande och ger ett extra tillskott av tillgängliga näringsämnen.

Syretillstånd och organiskt material

Ingarpasjön är relativt grund, med ett maxdjup på ca 7 meter och medeldjup på 3 meter. Detta innebär att sjön i princip aldrig skiktas, dvs. det temperaturskikt som uppstår när en sjö värms upp under vår och sommar och vattenmassan delar upp sig i två skikt; ytvatten och bottenvatten, med olika temperatur och syreinhåll. Vi har utfört temperatur- och syremätningar vid 4 tillfällen 2013-2017 vilket redovisas i figur 16 nedan, tillsammans med länsstyrelsens sjöprovtagning 2008. Äldre temperatur- och syreprofiler har ej funnits tillgängliga vid sammanställningen av rapporten.

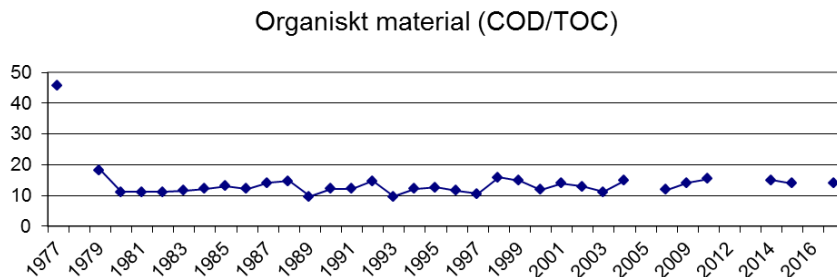
Resultatet visar på syrerikt till måttligt syrerikt tillstånd (>7 mg/l) ned till 1 meter över botten vid augustimätningarna 2008, 2014 och 2017, vilket är ett mycket bra förhållande. 2016 års augustimätning visade på svagt syretillstånd (3-5 mg/l) från ca 4 meters djup, vilket inte är onormalt i en oskiktad sjö under sensommaren. Provtagningen från is under början av april 2013 visade på däremot svagt syretillstånd redan från 1 meters djup och därefter syrefattigt tillstånd ned till botten (figur 19).



Figur 19. Temperatur- och syreprofiler över djuphålan i Ingarpasjön 2013, 2014, 2016 och 2017. Notera att 2013 års provtagning skedde från is under april månad.

Redan vid halter kring 4-5 mg/l får vissa fiskarter problem med syreupptaget och blir mer inaktiva och vid halter understigande 3 mg/l finns risk för att t.ex. abborre och kräfter kvävs. Karpfisk har generellt större tålighet mot låga syrgashalter. Om syrebrist uppstår regelbundet i Ingarpasjön när den är istäckt (framförallt efter en längre period) innebär detta inte bara att fisk dör, det betyder även att fosfor som är bundet till sedimenten frigörs (internbelastning) vilket ytterligare ökar syreförbrukningen. Effekten av låga syrehalter under is brukar visa sig genom att fisk söker sig till inlopp och öppet vatten, om det finns (t.ex. en vak), eftersom detta vatten innehåller mer syre.

Syrehalten påverkas av mängden löst organiskt material i vattnet, då detta material förbrukar syre vid bakteriell nedbrytning. De uppmätta halterna av organiskt material (COD eller TOC) i Ingarpasjön har inte förändrats nämnvärt sedan 1970-talet men genomsnittsvärdet är 13 mg/l vilket bedöms som höga halter (figur 20) och i paritet med de provtagna sjöar som har högst halter inom SRK Emån.

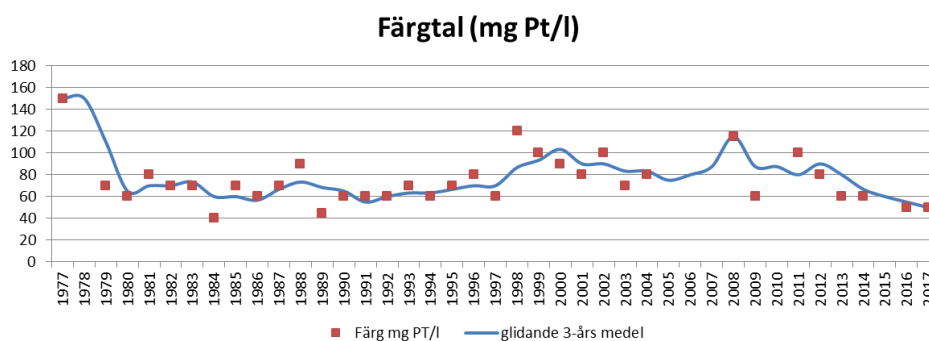


Figur 20. Organiskt material (mg/l) i Ingarpasjön under perioden 1979-2017.

Ljusförhållanden och klorofyll

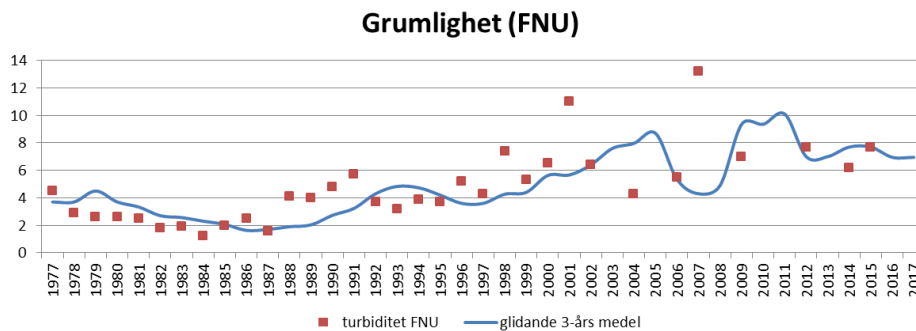
Vattenfärg, grumlighet och siktdjup är tre parametrar som beror på vattnets innehåll av lösta partiklar (t.ex. humus, lera, plankton m.m.). Tillsammans speglar de ljusmiljön i en sjö och påverkar direkt och indirekt livsbetingelserna för många olika djur och växter genom t.ex. syreförhållanden och ljusspridning. Av äldre uppgifter att döma kan Ingarpasjön i princip betraktas som en sjö med relativt klart vatten under 1930-talet och troligen några årtionden framåt, enligt dagens bedömningsgrunder (se inledningen av kapitlet vattenkvalitet ovan). Men dessa förhållanden har förändrats under en period på 50-70 år (eller rentav kortare tid).

Vattenfärgen i Ingarpasjön har under perioden 1977-2017 varit relativt stabil med värden kring 70 mg Pt/l, vilket bedöms som betydligt färgat vatten. Man kan se en tendens till ökade halter i början av 1990-talet, som sedan klingat av lite kring 2010-talet (figur 21). Detta är en trend vi även kunnat se i flera andra sjöar inom Emåns avrinningsområde, men som även rapporterats från i princip hela Sverige och andra delar av norra Europa. Jämför man färgtalet med Bodasjön uppströms är färgtalet under samma period i genomsnitt 40 mg Pt/l. Detta tyder på att det är i Ingarpasjöns närområde som det största tillskottet av humusämnen sker – sannolikt från de torvrika markerna runtomkring inklusive tillrinnande dikessystem.



Figur 21. Vattenfärg i Ingarpasjön 1977-2017.

Grumligheten i Ingarpasjön visar en tydlig trend på ökade halter (FNU-enheter) sedan början av 1990-talet (Mann-kendall test, $p < 0.001$). Under 1970- och 1980-talet motsvarade halterna måttligt grumligt vatten, för att under 1990-talet och framåt visas på halter motsvarande betydligt till starkt grumligt vatten (figur 22), motsvarande de allra grumligaste sjöarna som provtas inom SRK Emån. Orsaken till detta kan vara flera, men troligen är det kopplat till både ökade humushalter, förändrad markanvändning och ökad planktonbiomassa. Ökad grumlighet påverkar direkt siktdjupet, men den indirekta påverkan kan vara t.ex. ökade transporter av fosfor, syrebrist och internbelastning.



Figur 22. Grumlighet (turbiditet i FNU-enheter) i Ingarpasjön 1977-2017.

Siktdjupet i Ingarpasjön har mätts vid de senaste sjöprovtagningarna, men tyvärr saknas äldre data, förutom en enstaka uppgift från 1935, då Thunmark uppmätte siktdjupet till 4,3 meter i juli månad. Vid den senaste sjöprovtagningen i augusti 2017 mättes siktdjupet till 1,2 meter vilket enligt bedömningsgrunderna (Naturvårdsverket 1999) betraktas som litet siktdjup och ligger i paritet med de sjöar inom SRK Emån som har allra minst siktdjup.

Klorofyll är en parameter som ger ett grovt mått på växtplanktonbiomassan i ett vattenprov och kan därför ge en indikation på t.ex. övergödning och orsaker till grumligt vatten. Klorofyllhalten har analyserats vid sjöprovtagningen 2016 och 2017 med resultatet 17 respektive 15 $\mu\text{g/l}$ vilket motsvarar höga halter. Vid sjöprovtagningen 2008 uppmättes klorofyllhalter på 32 $\mu\text{g/l}$ vilket motsvarar mycket höga halter. Dessa resultat kan sålunda åtminstone delvis förklara Ingarpasjöns höga grumlighet och ringa siktdjup – dvs. hög klorofyllhalt innebär i praktiken stor växtplanktonbiomassa vilket i sig betyder hög produktion och god tillgång på fosfor.

Metaller i sediment

Metallanalyser har inte gjorts vid några sjöprovtagningar i Ingarpasjön. Däremot genomfördes en sedimentprovtagning från is under april 2013, där analyser av metaller och näringsämnen gjordes på ytsediment (0-5 cm) och två djupare skikt (5-10 cm och 20-25 cm). Sedimentationshastigheten i en sjö varierar beroende på flera variabler men vi har inte närmare undersökt vilken tidsperiod respektive skikt motsvarar. Man kan dock konstatera att ytsedimenten (0-5 cm) har lägre koncentrationer av tungmetaller men något högre koncentrationer av kväve (tabell 3). Fosforhalterna var ungefär lika stora i alla skikt och med likvärdiga halter som i andra undersökta sjöar.

Tillstånden för de uppmätta medelhalterna av tungmetaller är enligt bedömningsgrunderna låga till mycket låga, förutom arsenik (As) och krom (Cr) som bedöms som måttligt höga. Dessa halter är dock likvärdiga jämfört med andra sjöar som provtagits inom SRK Emån och föranleder ej till några särskilda åtgärder.

Tabell 3. Resultat av sedimentanalyser (tungmetaller och näringsämnen mg/kg TS) i Ingarpsjön april 2013. Laboratorium ALS Scandinavia. Medianvärdena för SRK Emån härstammar från 2016 års provtagning.

parameter	0-5 cm	5-10 cm	20-25 cm	medel	Tillstånd halter	Median SRK Emån	Median Jönköpings län
Cu	23,2	25,6	29,4	26,1	Låga-måttliga	29,6	
Zn	98,9	119	121	113,0	mycket låga	192,5	
Cd	0,46	0,57	0,58	0,5	mycket låga	1,48	
Pb	24,5	29,2	30,4	28,0	mycket låga	62	
Hg	0,09	0,1	0,1	0,1	mycket låga	0,236	
Cr	18,7	19,3	23	20,3	måttlig höga	20,7	
Ni	13,8	15,8	17,1	15,6	Låga-måttliga	17,9	
As	11,6	13,1	11,8	12,2	måttlig höga	10,95	
P	1740	1990	1760	1830,0		1610	1800
N	13400	13200	12400	13000,0		16200	11000

Badvattenprover

I Sverige ska de badplatser som har mer än 200 badande per dag under badsäsongen registreras som EU-bad. Kommuner kan även frivilligt registrera och kontrollera övriga bad enligt samma regler (Havs- och vattenmyndigheten 2017).

Eksjö kommun provtar 12 badplatser var fjärde vecka under badsäsongen, däribland Ingarpsjön. Vid ett badvattenprov analyseras så kallade indikatorbakterier (E. coli och enterokocker). Dessa är inte sjukdomsframkallande i sig men är ett bra mått på om det kan finnas sjukdomsframkallande bakterier i vattnet. Om det är mycket höga halter av indikatorbakterierna är risken större att det finns bakterier som man kan bli sjuk av om man sväljer mycket vatten. I tabell 3 nedan framgår att badvattnet i Ingarpsjön inte haft några anmärkningar under perioden 2013-2017.

Tabell 4. Resultat från badvattenprovtagning i Ingarpsjön 2013-2017. Källa Havs- och vattenmyndigheten.

Datum	E. coli (cfu/100ml)	Enterokocker (cfu/100ml)	Algförekomst	Vattentemp
2017-08-09	< 50	< 50	Ingen blomning	20,0 °C
2017-07-12	< 50	< 50	Ingen blomning	19,9 °C
2017-06-14	< 50	< 50	Ingen blomning	0,0 °C
2016-08-03	< 100	< 100	Ingen blomning	19,6 °C
2016-07-20	< 100	< 100	Ingen blomning	20,0 °C
2016-06-15	< 100	< 100	Ingen blomning	17,3 °C

2015-07-08	< 50	< 50	Ingen blomning	17,0 °C
2015-06-24	< 50	< 50	Ingen blomning	16,9 °C
2015-06-10	< 50	< 50	Ingen blomning	15,0 °C
2014-08-06	< 50	< 50	Ingen blomning	21,8 °C
2014-07-09	< 50	< 50	Ingen blomning	21,7 °C
2014-06-18	< 50	< 50	Ingen blomning	18,5 °C
2013-08-07	< 50	< 50	Ingen blomning	20,8 °C
2013-07-10	< 50	< 50	Ingen blomning	20,5 °C
2013-06-12	< 50	< 50	Ingen blomning	20,2 °C

Enskilda dricksvattentäkter

Enligt SGU:s brunnsarkiv finns ett relativt stort antal enskilda vattentäkter i form av framförallt djupborrhade brunnar i närheten av Ingarpasjön. Vi saknar uppgifter på vattenkvaliteten i dessa brunnar men man kan misstänka att framförallt nitrathalterna kan vara förhöjda. Alltför höga nitrathalter är farligt för hälsan och dricksvattnet riskerar i vissa fall betecknas som otjänligt.

Sammanfattning – vattenkvalitet och påverkan

Med stöd av alla undersökningar och provtagningar kan man konstatera att Ingarpasjön är påverkad av näringsbelastning. De flacka omgivningarna (som bl.a. utgör gammal sjöbotten och tidigare våtmarker) har nära till grundvattnet, som i sin tur står i direkt kontakt med sjön. På dessa flacka ytor sker idag både intensiv markanvändning samt att flera enskilda avlopp ligger i närheten (dock inte i direkt anslutning till sjön).

Detta tillsammans med näringstillskott från uppströms belägna områden samt trolig periodvis internbelastning från sedimenten i sjön gör att Ingarpasjön successivt har gått till ett mer näringsrikt stadie som på sikt förändrar sjöns karaktär, ekosystem och vattenkvalitet. Denna process går långsamt men kan accelerera och om inga åtgärder vidtas kan man förvänta sig problem som är förknippade med kraftigt övergödda sjöar, som t.ex. algblomningar och syrebrist under längre perioder. Än så länge är detta inget uttalat problem i Ingarpasjön, men risken är stor att det blir så i framtiden, därför är det en god idé att försöka vidta åtgärder som bromsar utvecklingen och förhoppningsvis vänder trenden.

Åtgärdsförslag för att minska näringsbelastning

Det finns flera olika åtgärdstyper och strategier för att minska näringsbelastning till ett ytvatten. Några grundförutsättningar för att kunna genomföra åtgärder är lokalt engagemang, kunskap kring problematiken, en åtgärdsplan, tillstånd och samsyn från myndigheter och fastighetsägare/arrendatorer samt ekonomiska medel för genomförandet.

Genom Lova-projektet 2011-2015 kunde konstateras att det finns både engagemang, kunskap och insikt om problematiken bland markägare och boende kring sjön. Projektet bidrog också till kompletterande kunskap om vattenkvaliteten i sjön, vid sidan om kommunens tidigare och pågående provtagningar. Det finns även kunskap och samsyn hos både kommunen och länsstyrelsen kring frågan. Det som saknas är sålunda en åtgärdsplan som alla involverade är överrens om samt finansiering för åtgärderna.

Nedan beskriver vi de åtgärdsförslag som vi anser bör genomföras för att minska näringsbelastningen på Ingarpasjön. Dessa förslag kan sedan ligga till grund för en ny ansökan om LOVA-medel, efter att fastighetsägare och andra berörda har gett sitt godkännande.

Kompletterande undersökningar

Standardiserat provfiske

För att få en bättre bild över sjöns ekologiska status föreslår vi ett standardiserat provfiske. En sådan undersökning ger en bild över vilka fiskarter som finns i en sjö, deras relativa förekomst samt storleksfördelning. Detta ger ett bra underlag för statusklassning och fiskevårdsområdets förvaltning av sjön, samt att man får en bättre bild om ett s.k. reduktionsfiske av vitfisk är en tänkbar åtgärd i Ingarpasjön (se nedan).

Kostnad: Ett provfiske i länsstyrelsens regi kostar ca 50 000 kr under förutsättning att fiskerättsägare (fvof) kan bistå vid provfisket med plockning av nät.

Växtplankton

Uppmätta klorofyllhalter i Ingarpasjön tyder på stor växtplanktonbiomassa. Växtplankton i sjöar studeras inom miljöövervakningen av främst två skäl: Dels för att växtplanktonsamhällets mängd och sammansättning avspeglar näringstillståndet i den aktuella sjön. Dessutom kan en del växtplankton själva bli ett direkt problem, t.ex. vid toxiska algbloomningar eller om problemskapande arter uppträder i dricksvattentäkter (Medins 2016). Växtplanktonprovtagning är en standardiserad övervakningsmetod som bl.a. ingår i recipientkontroll Emån och utvärderas årligen. Resultatet är också en viktig parameter i statusklassningen av sjöar.

Kostnad: 7600 kr inklusive översiktlig utvärdering

Enskilda avlopp och kommunalt VA

Av 125 inventerade avlopp är 46 stycken godkända enligt Eksjö kommun som bedriver tillsynen. En självklar åtgärd är sålunda att åtgärda bristfälliga avlopp, som inte är aktuella att kopplas till kommunalt VA. De avlopp som kan ges möjlighet att ansluta till ett kommunalt reningsverk bör göra det eftersom det är en mycket bra åtgärd för att minska belastningen på Ingarpasjön.

Åtgärder i jordbruket

Enligt källfördelningen bidrar jordbruksmarken kring Ingarpasjön med störst andel både fosfor och kväve. Detta är heller inte så konstigt då stora delar av sjöns närområde, framförallt i sydväst, utgörs av jordbruksmark i direkt anslutning till sjön. Denna mark är åtminstone delvis gammal sjöbotten och grundvattenytan ligger mycket ytligt. Marken är dränerad med flera dikessystem som mynnar i Ingarpasjön och man kan även förmoda att markerna har sjunkit relativt mycket sedan tiden för sjösänkning och nyodling. Växtnäringsläckage både till grundvattnet och ytvattnet (Ingarpasjön) via dikessystemen torde vara relativt stort.

Det finns idag inga siffror eller uppgifter på hur mycket växtnäring som sprids på jordbruksarealerna kring Ingarpasjön, vilket gör det omöjligt att beräkna läckage och upptag i grödor. Vissa jordbruk kring sjön är anslutna till Greppa Näringen, ett statlig finansierat projekt som riktar sig till lantbrukare för att minska övergödningen och främja en säker hantering av växtskyddsmedel på gårdsnivå. Även om detta är lovligt tror vi inte att det är tillräckligt för att på sikt se förändringar i Ingarpasjön, med hänsyn till uppmätta resultat av vattenkvaliteten.

Tänkbara åtgärder i jordbruket är förutom anläggning av våtmarker (som behandlas separat nedan) att genomföra markkartering och växtnäringsbalanser i hela området kring sjön (såvida detta inte är gjort på sen tid) och därefter minska gödselgivorna med stöd av resultatet. I vissa områden kan det vara nödvändigt att helt upphöra med spridning av gödsel. Detta kan också innebära att man får ställa om brukningsmetoderna på många ställen.

Faktum är, med tanke på situationen, att den mest effektiva åtgärden vore att ställa om alla delar av nuvarande vallodlingar och åkermark som ligger i närheten av Ingarpasjön till naturbetesmark, för att på så vis upphöra helt med mekanisk spridning av växtnäringsämnen i anslutning till sjön. Vår bedömning är att detta är den åtgärd som sannolikt skulle ge störst effekt och kanske den enda åtgärd som kan minska belastningen till den grad som är nödvändigt för att vända trenden. En så pass stor förändring i markanvändningen kan komma att drabba enskilda lantbrukare och fastighetsägare påtagligt avseende sysselsättning och ekonomi – därför bör den diskuteras, studeras och utvärderas ingående konsekvenserna.

Skyddszoner, restaurering av åplan och tvåstegsdiken

Anläggning av skyddszoner längs diken, Bodasjö kanal och i anslutning till sjön är något som kan bidra till att minska näringsbelastning till en viss grad. Helst bör skyddszonerna tillåtas fri succession med både med undervegetation, träd och buskar för ett högre näringsupptag – en s.k funktionell kantzon. Effekten av skyddszoner varierar i hög grad och när det gäller etablering av skyddszoner längs dikessystem kring Ingarpasjön är bedömningen att effekten är liten även om den bidrar. Utmed Bodasjö kanal, från Bodasjön och ned till sammanflödet med Fuseån, är det lämpligt att anlägga en funktionell kantzon.

Kostnaden för åtgärden motsvarar i princip förlusten av de arealer som eventuellt nyttjas för olika former av markanvändning. Samtidigt kan man förvänta sig möjligheten till ett visst uttag av träråvaror i en kantzon, t.ex. brännved och flis. Det skall dock nämnas att redan i dagsläget finns träd- och buskbevuxna kantzoner utmed vissa sträckor av Bodasjö kanal och vissa dikessystem, men det kan etableras på fler ställen.

En speciell typ av skyddszoner är s.k. integrerade skyddszoner – ett koncept som utvecklats av hushållningssällskapet i Halland i syfte att effektivisera näringsretention från åkermark. Konceptet har visat sig effektivt men är mer kostsamt än att bara anlägga en skyddszon utmed diket eller vattendraget.



Figur 23. Exempel på en skyddszon utmed ett dikessystem. Källa: Wetlands.se

Restaurering av åplan innebär att man återskapar de strukturer av ett som gått förlorade när man en gång sänkte och rätade ut ett vattendrag. Detta innebär t.ex. att raka sträckor grävs om så att de blir slingrande/meandrande, åslänterna flackas ut och breddas så att översvämningssytor bildas. Detta skapar inte bara vattenuppehållande funktioner utan även temporära våtmarksytor som bidrar till att ta emot näringsämnen både vid höga flöden och från anslutande diken. Åplanet utgör en del av skyddszonen men vissa ytor kan hållas öppna och nyttjas som betesmark. En av de största åplansrestaureringarna i Sverige är projektet Klingavälsån (figur 24) och Tulltorpsån i Skåne (figur 25).



Figur 24. Klingavälsån i Skåne – ett rätat vattendrag som restaurerats genom återmeandring.



Figur 25. Tulltorpsån i Skåne, där flodplansrestaurering och återmeandring genomförts utmed långa sträckor.

En annan, mer statisk restaureringsmetod som är lämplig i grävda diken är s.k tvåstegsdiken – där det ursprungliga dikets övre kant sänks och omgivande markområde breddas så att en terrass bildas (figur 26). Funktionerna påminner om de man uppnår vid åplansrestaurering men man behåller i regel dikets sträckning, dvs gräver ingen meandring. Tvåstegsdiket fungerar i

princip som ett dike med flodplan vid högvatten. Det gör att diket kan hantera större flöden utan att omgivande marker svämmar över och att sedimentation av partiklar kan ske på terrassen närmast diket. Undersökningar har visat att tvåstegsdiken bidrar till minskade transporter av näringsämnen, flödesdämpande effekter samt ökad biologisk mångfald (Jordbruksverket 2013).



Figur 26. Tvåstegsdike i jordbruksmark. Källa: Jordbruksverket

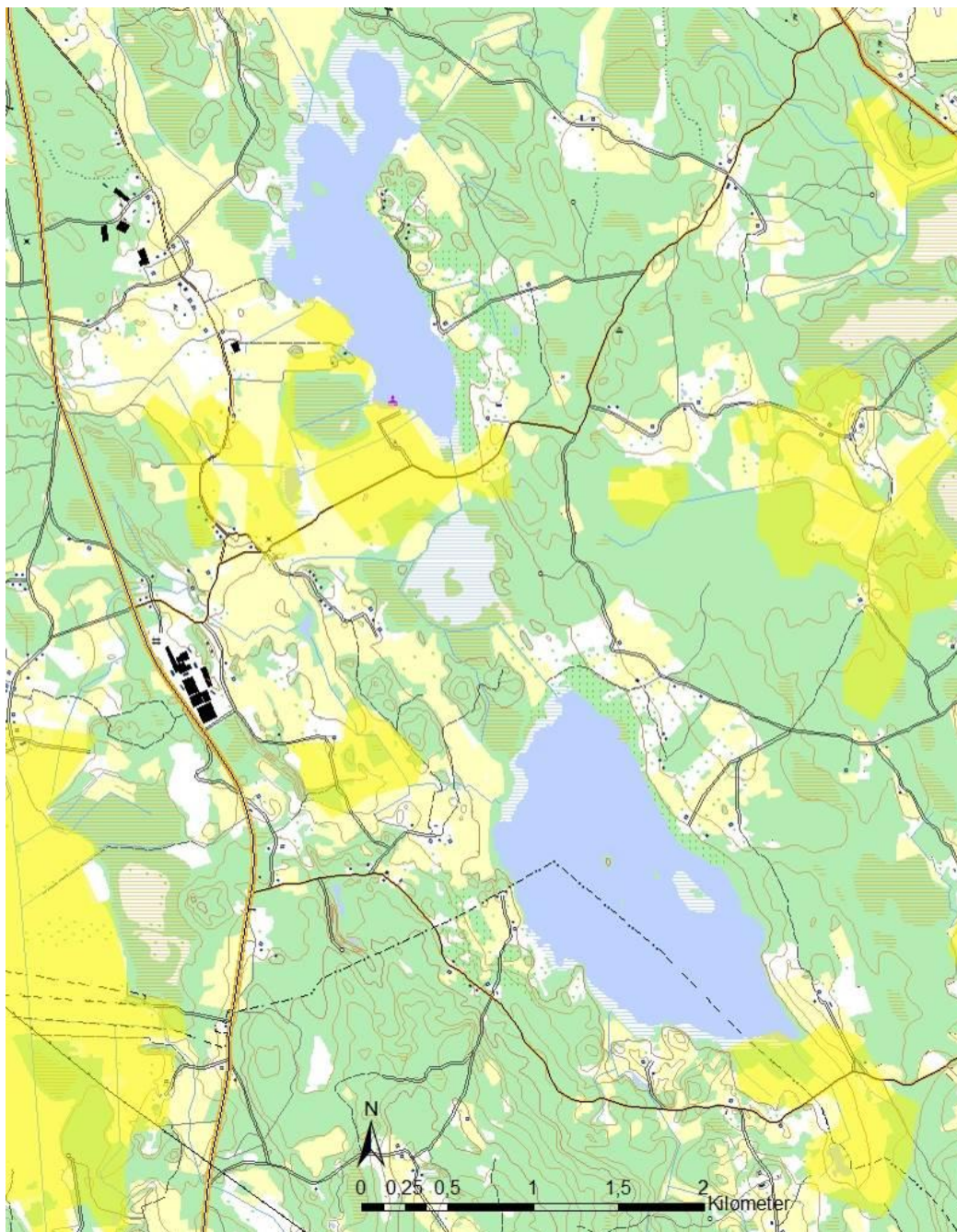
Åtminstone vissa sträckor av Bodasjö kanal från Bodasjön till sammanflödet med Fuseån kan åtgärdas genom åplansrestaurering. Schaktmassor som grävs bort kan dessutom användas för att höja markytan på omgivande jordbruksmark vilket gör låglänta partier mer lättbrukade och till viss del kan kompensera för den åkermark eventuellt som går förlorad intill kanalen. Kostnaderna för åplansrestaurering är i grunden höga, eftersom det kräver mycket gräv- och schaktarbete samt ibland kompensation för förlorad åkermark. Möjligheten att genomföra restaurering i Bodasjö kanal kräver därför fördjupade studier, tillsammans med fastighetsägare.

Våtmarker

Våtmarker kan anläggas både i syfte att bidra till retention av näringsämnen och skapa viktiga livsmiljöer för djur och växter. För att en våtmark skall bidra till näringsretention krävs relativt stora ytor och lämplig placering. Det finns flera områden kring Ingarpasjön som lämpar sig för etablering av våtmarker. I samband med kvantifieringen av våtmarksförluster i Jönköpings län (se figur 3 ovan) utförde länsstyrelsen en analys över potentiella våtmarker – dvs. man pekade ut områden som skulle vara lämpliga att etablera våtmarker inom. Figur 28 visar resultatet av Länsstyrelsens analys kring potentiella våtmarker inom Ingarpasjöns avrinningsområde. De utpekade områdena är i princip sådana områden där grundvattnet ligger mycket nära markytan (tidvis t o m ovan mark) och utgörs idag främst av jordbruksmark och betesmark.



Figur 27. Våtmarker i jordbrukslandskapet har både en viktig funktion för att minska näringsbelastningen till sjöar och vattendrag samt öka den biologiska mångfalden. Källa: länsstyrelsen i Kalmar län.



Figur 28. Områden för potentiella våtmarker (gul markering) i anslutning till Ingarpasjön och Bodasjön, enligt länsstyrelsen i Jönköpings län.

Våtmarker som står i direkt kontakt med ytligt grundvatten och omges av jordbruksmark kan bidra till ökad kväveretention, men gynnar även den biologiska mångfalden och bidrar till en mer attraktiv landskapsbild. Utöver de av länsstyrelsen utpekade potentiella våtmarkerna bör man även titta på möjligheten att skapa översilningsmark och/eller våtmark vid alla diken som mynnar i Ingarpasjön och Bodasjö kanal samt ställen uppströms Ingarpasjön och kring Bodasjön. Sådana anläggningar bidrar till ökad retention av partikelburen fosfor när de tar emot avrinningen från dikessystemen, innan de når sjön.

Kostnaden för anläggande av våtmarker varierar beroende på storlek, typ och placering och sammantaget krävs en mer noggrann utredning tillsammans med fastighetsägare för att finna lämpliga placeringar. Inom det statligt finansierade landsbyggsprogrammet samt LOVA finns möjlighet till ekonomiskt stöd för anläggande av våtmark. Anläggandet av en våtmark betyder inte alltid att värdefull jordbruksmark försvinner – många gånger finns möjligheten att återanvända de grävmassor som schaktas bort från våtmarksläget genom att sprida ut dem på åkermark i närheten och på så vis höja marknivån och skapa bättre förutsättningar för odling.

Muddring

Traditionell muddring av sjöar innebär stora kostnader, mycket grumling och påverkan på bottenfaunan. Muddring innebär att man suger upp hela eller delar av sedimenten – där mycket näringsämnen finns lagrade. Detta är en metod som ofta används av förorenade sediment, men på senare år har en ny, mer skonsam teknik utarbetats där man istället för att använda stora, flytande mudderverk, har datorstyrda fordon som går precis över botten och suger upp det översta lagret av sedimentet. Sedimentet kan sedan avvattnas i närheten på land och återanvändas på åkermark. På så vis skapar man ett kretslopp där näringsämnen som transporterats från omgivande marker och lagrats i sjön återförs till fastmarken och kan ge näring till växtodling eller betesmarker. Metoden kan sägas vara i utvecklingskedet – men några försök har genomförts och påbörjats i Jönköpings län, däribland Barnarpssjön utanför Jönköping.

Ingarpasjön är ett högst tänkvärt objekt för att genomföra denna typ av muddring och möjligheterna bör utredas närmare.

Biomanipulation

Biomanipulation är ett samlingsnamn på olika typer av åtgärder som syftar till att medvetet förändra artsammansättningen i ett ekosystem – oftast i syfte att få en bättre vattenkvalitet. Allra vanligast är att man förändrar fisksamhället, t.ex. genom att minska förekomsten av vissa arter eller introducera nya arter.

Reduktionsfiske

Reduktionsfiske är en metod som syftar till att "skörda" överskottet av näringsämnen i sjön genom att glesa ut förekomsten av främst karpfisk (vitfisk) som dels söker föda i bottensedimenten – t.ex. braxen och sutare, dels livnar sig på djurplankton under hela sin levnad. Genom att minska mängden djurplanktonätande fisk blir vattnet ofta klarare (ökat siktdjup) eftersom djurplankton äter växtplankton, som i sin tur påverkar vattnets grumlighet. Andelen rovfisk ökar också, samt att arter som t.ex. gädda och abborre gynnas av klarare vatten och kan jaga mer effektivt. Metoden ger ofta ett snabbt resultat i form av t.ex. ökat siktdjup och bättre syrehalter men det är ingen slutgiltig lösning – det krävs regelbundna insatser samt att man på sikt måste minska tillförseln av näringsämnen för att få ett varaktigt resultat.

Slutsatser och fortsättning

I denna rapport har vi utvärderat Ingarpasjöns status och kommit fram till att sjön har problem med näringsbelastning från framförallt kringliggande marker, men även från uppströms belägna källor. Likaså bedömer vi att sjön sannolikt har problem med internbelastning – dvs.

näringsläckage från sedimenten, vilket ytterligare bidrar till problem i sjön (tex. syrebrist under vårvintern) samt högre transporter av näringsämnen ut till Fuseån.

Huvuddelen av problemen kan kopplas till användningen på omgivande, flacka marker som idag utgör jordbruksmark och därigenom tillförs mer näringsämnen än vad som är naturligt. Att sjön är sänkt i flera omgångar har bidragit till uppgrundning och igenväxning – vilket i sin tur gör att växdelar bryts ner och bidrar till mer tillgänglig näring samt syretäring. Det är också möjligt att fiskarter som t.ex. braxen och sutare bidrar till mer tillgänglig fosfor genom s.k. bioturbation (dvs. de ”bökar” i bottensedimenten vid födosök i grundområden och frigör på så vis mer fosfor), men detta är dock svårt att svara på innan man vet hur stor andel vitfisk det finns i sjön.

Vi har gett en rad åtgärdsförslag i denna rapport, men på en relativt låg detaljnivå. Många åtgärder kräver detaljprojektering och dialog tillsammans med fastighetsägare och tillsynsmyndighet samt förankring hos andra berörda.

Vårt förslag till fortsättning är att ett nytt LOVA-projekt initieras – där man dels kan genomföra kompletterande studier (provfiske, planktonprovtagning), dels kan projektera och genomföra några av de föreslagna åtgärderna och på så vis sätta igång det praktiska arbetet. Första steget innan ansökan till ett nytt LOVA-projekt är att dela ut detta dokument till samtliga berörda och presentera innehållet och diskutera möjligheter och intresse att gå vidare. Ambitionen är att ett sådant möte skall ske under våren 2018 och att en ny LOVA-ansökan kan lämnas in till länsstyrelsen under samma period. Förhoppningsvis kan då provfiske ske redan sommaren 2018 och möjligen kan några åtgärder projekteras tillsammans med markägare och påbörjas redan under andra halvan av 2018 eller under 2019.

Referenser

- Naturvårdsverket 2009.** Markavvattning och rensning. Handbok för tillämpningen av bestämmelserna i 11 kapitlet Miljöbalken. Handbok 2009:5, utgåva 1 augusti 2009.
- SMHI 1995.** Sänkta och torrlagda sjöar. SMHI Svenskt vattenarkiv, nr 62 1995.
- KSLA 2010.** Svensk mosskultur – odling, torvanvändning och landskapets förändring 1750-2000. Kungl. Skogs och lantbruksakademien, meddelande nr 41. Red. Leif Runefelt.
- Naturvårdsverket 2017.** Miljökonsekvenser av markavvattning och dikesrensning. Rapport 6777, juni 2017.
- Håkansson, A. 1995.** Dränering, utdikning, sjösäkning och ängsvattning. I: Lärobok i Agrarhistoria. B.M.P. Larsson, M. Morell & J. Myrdal (Red.). SLU/Repro, Ultuna, Sweden. 57-65.
- SLU 2016.** Internbelastning av fosfor i svenska sjöar och kustområden – en kunskapsöversikt och förslag till åtgärder för vattenförvaltningen. Rapport 2016:6
- Jordbruksverket 2013.** Tvåstegsdiken – ett steg i rätt riktning? Rapport 2013:15
- Naturvårdsverket, LRF och Jordbruksverket 2004.** Miljöhänsyn vid dikesrensningar