

Öljarens näringsstatus

”

Sjelf afbördar sig Hjelmaren genom Hydevadsån, i olika delar af sitt lopp jemväl benämnd Eskilstuna- eller Torshällaån, i fjärden Blacken af Mälaren. Kring dessa vattendrag äro belägna några af länets bördigaste och mest odlade trakter. Så är sjön Öljarens dalgång, särskildt den öster derom belägna Julitadalen, synnerligen bördig; och kring östra delen af Hjelmaren samt kring Eskilstunaån med deras tillflöden utbreder sig den vidsträckta, jmförelsevis jemna Rekarnebygden, hvars visserligen stenbundna jordmån äfven utmärker sig för sin bördighet.

”

Ur: "Bidrag till Sveriges officiella statistik. Kungl Maj:ts Befallningshavandes femårsberättelser, 1896-1900 Södermanlands län"

Sammanfattning

Detta projekt ingår som en förstudie till ett större projekt med avsikt att förbättra sjön Öljarens näringsstatus. Öljaren har idag klass 4 enligt Naturvårdsverkets klassning med bedömningen eutrof, dvs. sjön lider av övergödning.

I detta projekt har en modell byggts upp som en avbildning av sjön. Mätningar av fosfor, vattenföring, kväve, djup m.m. har tillsammans med andra sjöspecifika parametrar legat till grund för modellen. All modellering har utförts i LakeMab, utvecklad vid Uppsala Universitet.

Aspån står för den överlägset största fosforbelastningen och åtgärder i detta inflöde ger mest inverkan på sjöns fosforhalt. Den största belastningen sker också under vårfloden.

En åtgärd som visade sig vara effektiv var att anlägga fångdammar i avrinningsområdet. Dessa dammar verkar ge bäst effekt i Aspåns avrinningsområde tillsammans med inflödet som mynnar ut vid Julita gård.

Ett minskat läckage från åkermarken minskar också sjöns fosforhalt.

Innehåll

Inledning.....	6
Bakgrund och syfte.....	6
Definitioner	6
Öljaren.....	7
Övergödning.....	7
Metod	9
ArcMap.....	9
Lake Mab.....	11
Provtagning och mätningar.....	12
Vattenföring.....	12
Fosfor.....	12
Kväve.....	12
pH och syrehalt.....	13
Djupmätning.....	13
Statistiska metoder.....	13
Modellens giltighet.....	14
Modellerade scenarier	14
Förändring av morfologiska parametrar	14
Rening av olika kombinationer av inflöden	14
Sedimentationsdamm med våtmark	14
Halvera belastningen under vårfloden	14
Minskning av utsläpp från reningsverken.....	15
Muddring	15
Påverkan av förändrad markanvändning på nuvarande jordbruksmark	15
Minskning från klass 4 till klass 3 enligt Naturvårdsverket.....	15
Resultat	16
Djupmätning	16
Vattenföring	17
Fosfor.....	18
Fosforbelastning.....	18
Förväntat fel	20
Kväve	20
pH och syrehalt	20
Modellens giltighet.....	20
Modellerade scenarier.....	21

Förändring av morfologiska parametrar	21
Rening av olika kombinationer av inflöden	22
Sedimentationsdamm med våtmark	22
Halvera belastningen under vårfloden	23
Minska belastningen från reningsverken	23
Muddring	23
Påverkan av förändrad markanvändning på nuvarande jordbruksmark	24
Minskning från klass 4 till klass 3 enligt Naturvårdsverket.....	24
Sammanställning scenarier	24
Diskussion.....	25
Slutsatser.....	27
Referenser	28
Bilaga 1	30

Inledning

Bakgrund och syfte

Övergödning har länge varit ett stort problem i våra sjöar. Enligt EU:s nya vattendirektiv är målet att alla vattenförekomster till år 2015 skall uppnå så kallad god status. Enligt sjön Öljarens bedömning finns risk att detta mål inte kommer att uppfyllas med avseende på sjöns näringsgrad (VISS.se). Det behövs således åtgärder för att vända Öljarens övergödning. Detta projekt ingår som en förstudie och är en del i ett större projekt som har som mål att förbättra Öljarens status.

Syftet med detta projekt är att utifrån empiriska mätningar och befintliga data bygga upp en modell som en avbildning av sjön med avseende på dess näringsstatus och fosforhalt. Modellen kan sedan användas för att simulera hur åtgärder av olika slag påverkar Öljaren. Projektet har innefattat i huvudsak provtagning av vattenföring, djup, fosfor och kväve men också pH och syrehalt. Alla simuleringar har gjorts i modellen LakeMab utvecklad vid Uppsala Universitet (Håkansson och Bryhn, 2007). Projektet har pågått mellan 1 november till 31 augusti.

Definitioner

Sektion- avser genomskärningen över bredden av ett dike, t. ex. ett inflöde.

GIS- Geografiska informationssystem.

TP- Totalfosfor, dvs. både partikulärt bundet och löst fosfor.

TN- Totalkväve, dvs. både partikulärt bundet och löst kväve.

Vattenföring- Vattenflödet i t.ex. m³/s.

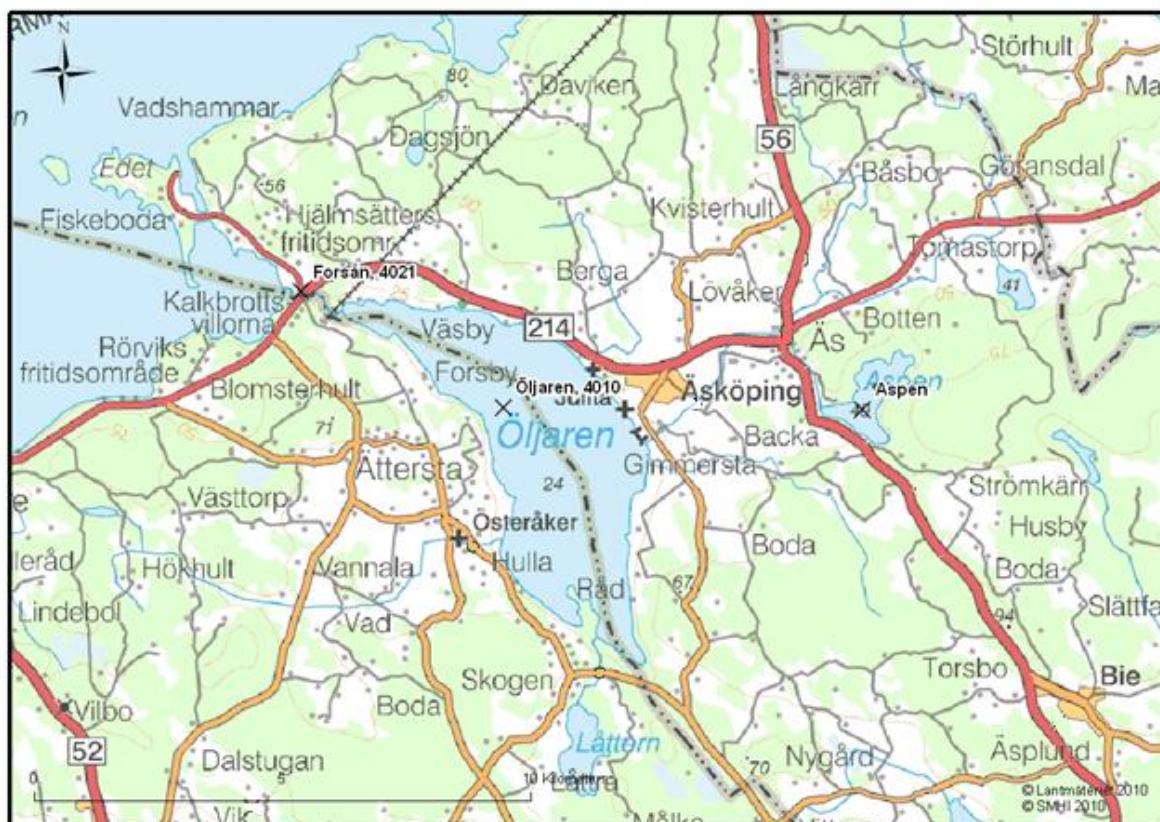
Morfologiska parametrar- Syftar till parametrar som area, medeldjup, maxdjup och liknande.

95%- igt konfidensintervall- Sannolikheten att i 95 fall av 100 så ligger resultatet inom felmarginalen.

Öljaren

Öljaren ligger i Södermanlands län, närmare bestämt i Katrineholms och Vingåkers kommuner och sjön avvattnas norrut till Hjälmarens. Inom Öljarens avrinningsområden ligger sjöarna Aspen, Lättern och Fäbosjön. Öljaren är historiskt sett rik på fisk och har fortfarande idag två aktiva yrkesfiskare. Årligen tas ca 5 ton fisk upp ur Öljaren (mail, Olsson). Öljaren har tidigare genomgått en sjösänkning (VISS.se). Under 2010 hittades också anmärkningsvärt den sällsynta fisken Grönling i Aspån- ett av inflödena till Öljaren (artdata.slu.se).

En översiktskarta över sjön visas nedan i figur 1.



Figur 1. Karta över Öljaren

Övergödning

Övergödning är det tillstånd som drabbar sjöar som belastas med en allför stor mängd näringsämnen. Sjön påverkas med en rad symptom som fiskdöd och algblomning och får övergödningprocessen fortgå kan det så småningom leda till att sjön växer igen.

Av de näringsämnen som är mest förekommande i sjöar (kväve och fosfor) har fosfor pekats ut som det begränsande näringsämnet. Kväve kan vid underskott fixeras från luften med hjälp av kvävefixerande bakterier och således är en begränsning av kvävebelastningen till sjöar ingen garanti för en förbättrad näringsstatus. (Bryhn, 2008)

Fosfor kommer dels från den externa belastningen till sjön genom tillflöden, nederbörd och andra källor i avrinningsområdet men också genom den interna belastningen, dvs. att den fosfor som är lagrad i bottensedimenten läcker ut till vattenfasen. En syrefri miljö, som är ett av symptomen för övergödning, har en roll i detta läckage. (vattenportalen.se, 2006)

Naturvårdsverkets har tagit fram en klassning av trofinivå (gödningsgrad) utifrån medelkoncentrationen av fosfor i sjön. Dessa klassningar kan ses i tabell 1.

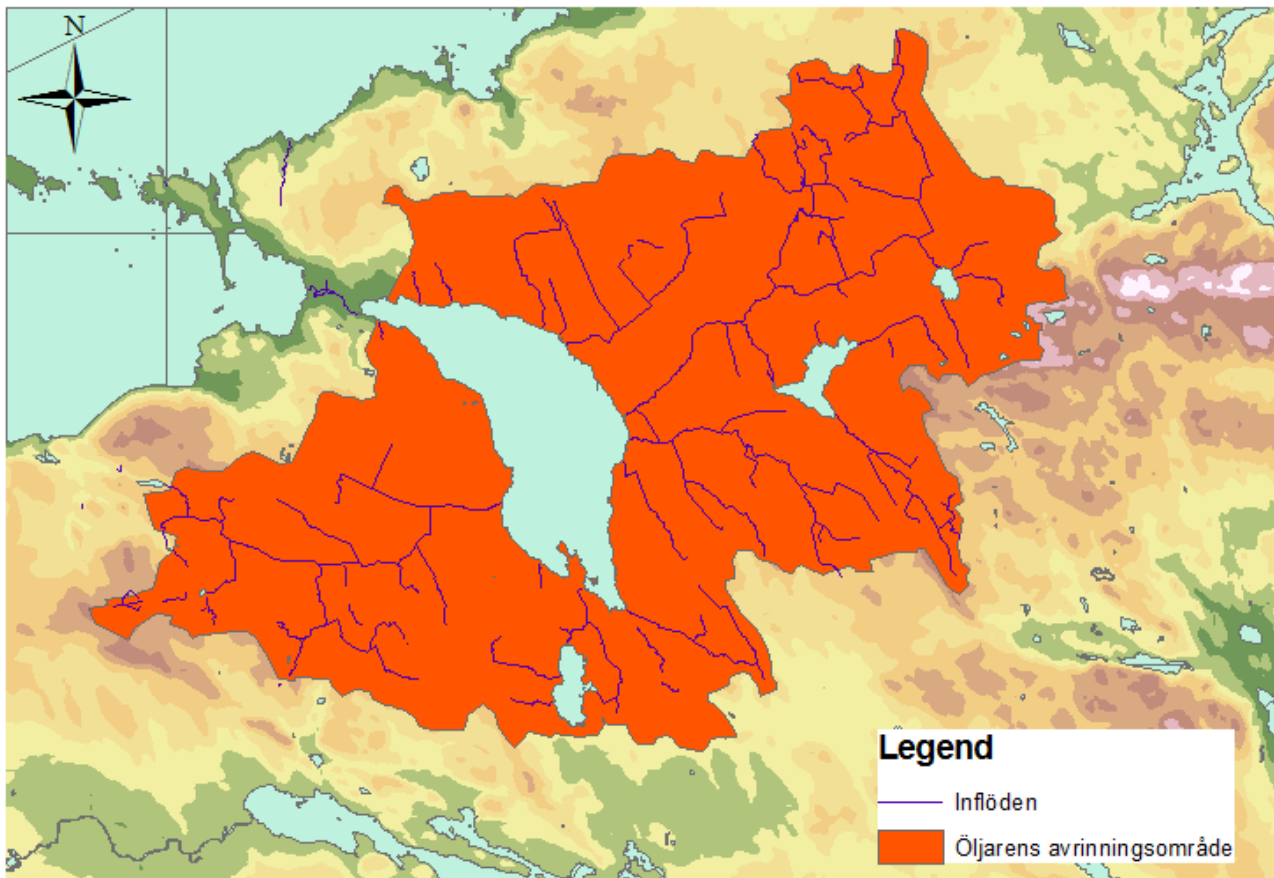
Tabell 1. Klassificering med avseende på trofinivå utifrån fosforkoncentration.

Klass	Trofinivå	Fosforkoncentration [µg/l]
1	Låga halter (oligotrof)	<12,5
2	Måttligt höga halter (mesotrof)	12,5-23,0
3	Höga halter (eutrof)	23,0-45,0
4	Mycket höga halter (eutrof)	45,0-96,0
5	Extremt höga halter (hypertrof)	>96,0

Metod

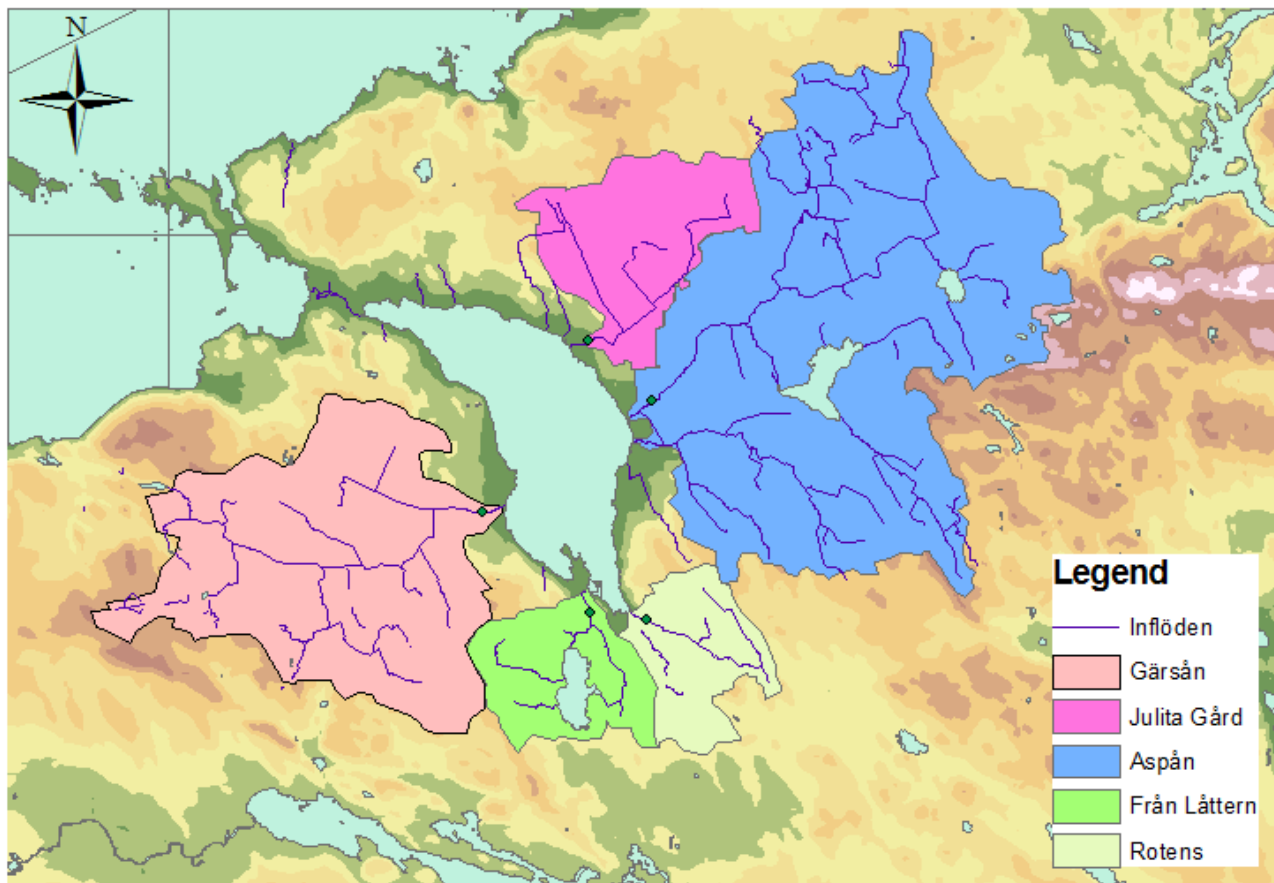
ArcMap

Öljarens avrinningsområde bestämdes med hjälp av GIS och programmet ArcMap till 201 km² (ArcMap, 2011). Kartor från lantmäteriets digitala kartbibliotek användes för bestämningen av de olika avrinningsområdena utifrån höjdkurvor (Digitala Kartbiblioteket, 2011). Öljarens avrinningsområden kan ses i figur 2.



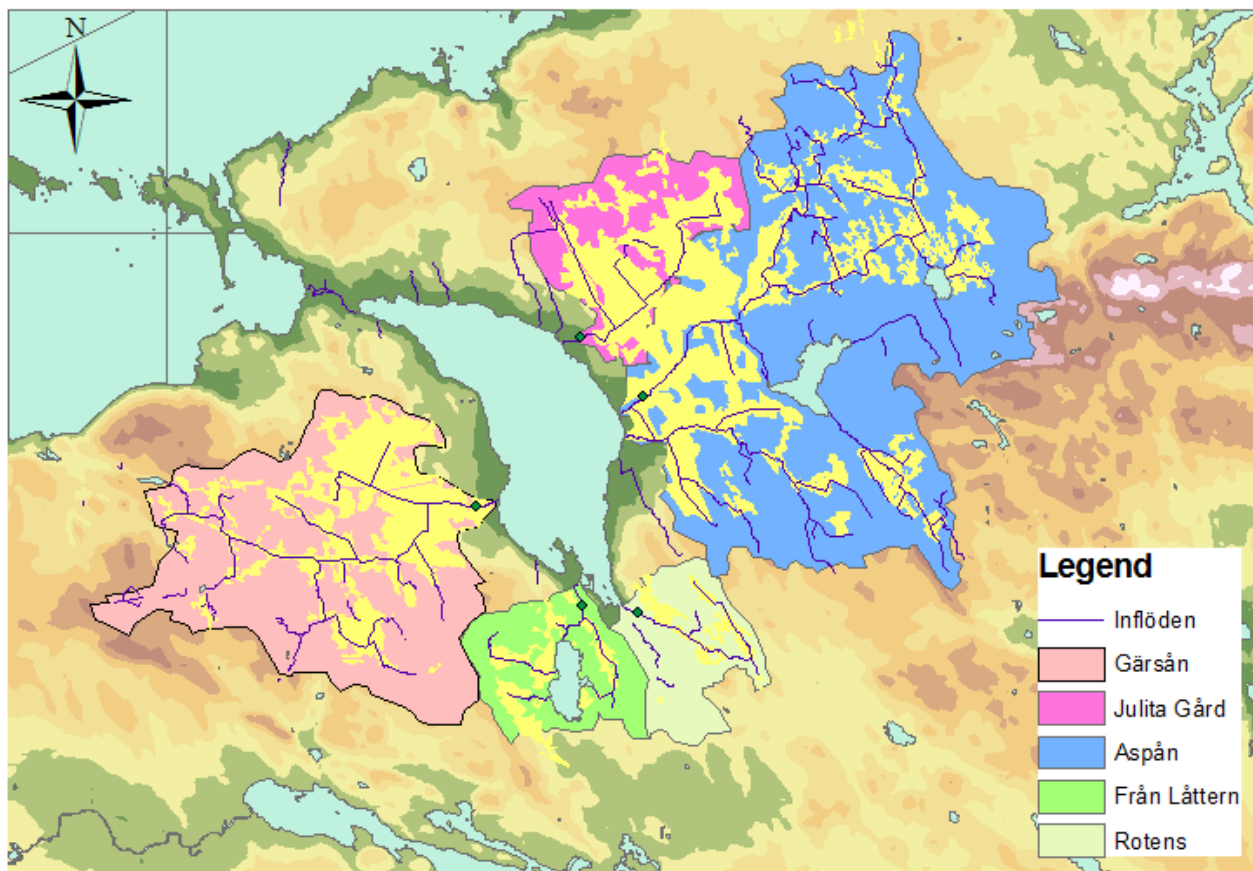
Figur 2. Öljarens avrinningsområde © Lantmäteriet.

Fem stycken inflöden valdes ut som de största utifrån deras avrinningsområden. I dessa har också mätningarna koncentrerats. De olika delavrinningsområdena för de fem inflödena kan ses i figur 3. De gröna punkterna anger mätpunkterna för varje inflöde. Två av inflödena är namngivna: Gärsån och Aspån. De andra mindre inflödena har benämnts efter var de mynnar ut; Rotens, Julita gård och utflödet från sjön Låttern till Öljaren. Öljarens ytarea är 17,9 km² och ligger 24 m över havet (VISS.se). Årsnederbörden för Katrineholm är 545 mm/år (valla väder).



Figur 3. De olika delavrinningsområdena för de fem största inflödena. Punkterna anger mätpunkterna för varje inflöde.

Öljaren är belägen i ett jordbrukslandskap och andelen åkermark i de olika delavrinningsområdena kan ses i figur 4. Storleken av arealen åkermark i Öljarens avrinningsområde är 51,28 km² (rapport länsstyrelsen). Namnet Öljaren betyder "sjön som blåser upp snabbt" (Strandberg, 1997).



Figur 4. Åkermarken i de olika inflödenas avrinningsområden markerat med gul färg.

Lake Mab

Alla simuleringar har utförts i LakeMab. LakeMab är en dynamisk massbalansmodell för fosfor och är framtagen vid Uppsala Universitet (Håkansson och Bryhn, 2007). Eftersom tidigare forskning har visat att fosfor är det begränsande näringsämnet i sjöar är det massflödena av fosfor som huvudsakligen behandlas i modellen. Det är både extern belastning, som koncentration i inflöden, nederbörd, men också den interna belastningen från sediment som behandlas i modellen. Modellen består av differentialekvationer och delar en sjö i fyra delar. För varje tidssteg beräknar modellen massflödena av fosfor mellan dessa delar och en totalfosforkoncentration i sjön. En schematisk bild av modellen finns i bilaga 1, figur 1. (Bryhn, 2008)

LakeMab bygger på data från 41 olika sjöar runt om i världen och är kalibrerad utifrån dessa data. Den bygger också på nya kunskaper från Tjernobylyockan där radioaktivitet kunde utnyttjas för att studera massflöden i ekosystem. Eftersom LakeMab härstammar från en stor datamängd har den en stor domän (giltighetsområde) och kan appliceras på många olika sjöar. LakeMab innehar även ett antal drivvariabler vilka presenteras nedan.

De drivvariabler som behövs till LakeMab är:

- Avrinningsområdets area
- Medeldjup
- Maxdjup
- Latitud
- Altitud (meter över havet)
- Sjöns area
- Årlig nederbörd
- Total fosforkoncentration inflöden

I projektet ingick följaktligen även att, genom mätningar i fält, ta fram medeldjup, maxdjup och den totala fosforkoncentrationen i inflödena. Utöver de empiriska mätningarna under projektets gång har också en del tidigare provtagningar för fosforhalten i sjön använts (slu.se).

Provtagning och mätningar

Vattenföring

Under perioden har vattenföringen mätts i inflödena, i huvudsak med flygel. Flygelmätning innebär att vattenhastighetens variation mot djupet mäts (med hjälp av en propeller) i 10 vertikaler över bredden av sektionen. Med hjälp av dessa delflöden kan sedan vattenföringen över hela sektionen beräknas. När flödet var väldigt lågt under torra perioder på sommaren mättes vattenföringen med den så kallade flottörmetoden. Hastigheten mäts då på ytvattnet med en flottör och med hjälp av arean samt en korrektionskonstant (som bestäms av sektionens botten typ) beräknas den totala vattenföringen. Flygelmätning kan dock anses som den säkraste metoden. Korrektionskonstanten för olika botten typer ses i bilaga 1, tabell 1.

Fosfor

Vattenprov har under perioden tagits i sjön samt i inflödena och analyserats med avseende på fosfor och senare under perioden också på kväve. Vattenprov i sjön har i varje punkt tagits på 3 olika djup och sammanförts till ett prov. I inflödena togs tre prov över bredden på sektionen och sammanfördes till ett. Det fanns också 14 provtagningar i sjön sedan tidigare (slu.se). Vattenföring och fosforhalt behövs för att få den totala fosforkoncentrationen i inflödena (en av drivvariablerna till LakeMab) och fosforhalten i sjön. Den empiriskt uppmätta fosforhalten i sjön jämförs sedan med modellens beräknade fosforhalt.

De fosforanalyser som ansågs orimliga¹ togs bort. Risk finns att sediment kommit in i dessa prov och genererat ett felaktigt värde.

Kväve

Under senare delen av projektet analyserades också kväve på vattenprov i inflödena och i sjön. Vattenprov togs på samma sätt som för fosfor. Naturvårdsverket har en klassning av kvävehalten i sjöar, se tabell 2.

¹ S.k. utelligare, dvs. mätvärden som markant skiljer sig från den övriga datamängden.

Tabell 2. Klassning utifrån kvävehalt för sjöar och vattendrag.

Klassning	mg/l
Låga halter	<0,3
Måttligt höga halter	0,3-0,625
Höga halter	0,625-1,25
Mycket höga halter	1,25-5
Extremt höga halter	>5

pH och syrehalt

Syrehalten analyserades på ett fåtal stickprov tagna i sjön under lugna soliga dagar under sensommaren för att få en uppfattning om eventuell syrebrist vid botten. Syrehalten analyserades med en syremätare på laboratoriet.

pH- värdet i sjön kan med fördel läggas till i modellen och togs på några stickprov i sjön. Analysen gjordes med pH- mätare på laboratoriet.

Djupmätning

Djupet har mätts med ekolod från båt. För varje djupmätning angavs koordinaterna för punkten med en GPS. De olika punkterna med tillhörande djup har sedan lagts in i ArcMap och interpolerats för att få fram bottenytans struktur. Volymen kunde därefter bestämmas och medeldjupet fås som volymen genom arean. Medeldjup och maxdjup är två av drivvariablerna till modellen.

Statistiska metoder

Säkerheten i mätningarna kan uppskattas med att beräkna det förväntade felet för medelvärdet. Det förväntade felet beräknas enligt ekvation 1 och 2. CV- värdet är den så kallade variationskoefficienten. Olika parametrar har olika karaktäristiska CV- värden, dvs. en förväntad variationskoefficient beroende på hur parametern kan variera i sjösystem, säkerhet i mätmetoder mm. De olika karaktäristiska CV- värdena kan ses i tabell 3 (Håkansson, 1999). Att det karaktäristiska CV- värdet är högre i inflödena än i sjön är anledningen till att det där gjordes fler mätningar.

$$CV = \frac{SD}{MV} \quad (1)$$

$$Förväntat\ fel = CV * \frac{1,96}{\sqrt{N-1}} \quad (2)$$

I ekvationerna står SD för standardavvikelsen, MV för medelvärde och N för antal mätningar. (1,96 svarar mot ett 95%- igt konfidensintervall).

Tabell 3. Karaktäristiska CV- värden.

	Karaktäristiskt CV- värde
Fosforhalt i sjön	0,35
Fosforhalt i inflödena	0,50
pH	0,05
Morfologiska parametrar	0,01

Modellens giltighet

För att kontrollera modellens giltighet testades modellens beräknade fosforhalt mot den empiriskt uppmätta fosforhalten i sjön. Om modellens beräknade värden höll sig inom plus/minus två standardavvikelser (svarar mot ett 95%-igt konfidensintervall) runt det empiriska medelvärdet ansågs modellen som en god avbildning av sjön. Hamnade modellens beräknade värde inom plus/minus en standardavvikelse ansåg modellen som en mycket god avbildning av sjön.

Modellerade scenarier

Förändring av morfologiska parametrar

Många sjöar har påverkat sin näringsstatus genom sjösänkning och fosforhalten antogs därför kunna påverkas av ett förändrat djup. Därför testades en höjning respektive sänkning av sjöns medeldjup och maxdjup.

Rening av olika kombinationer av inflöden

Att rena inflödena med någon metod för att minska fosforbelastningen simulerades i modellen. Reningsgraden varierades mellan 0 – 50 % och jämfördes med simulerad medelhalt i sjön. Att endast rena det största inflödet, Aspån, testades och även att rena de tre största inflödena. Till slut simulerades hur en rening av alla fem inflöden skulle påverka sjöns fosforhalt.

Sedimentationsdamm med våtmark

Enligt Greppa näringen (ett samarbete mellan jordbruksverket, Länsstyrelserna och Lantbrukarnas riksförbund) kan s. k. fångdammar användas för att rena fosfor i vattendrag. Där beskrivs det en lösning med en sedimentationsdamm tillsammans med våtmarksfilter, översilningszon och utloppsbyggning. Att anlägga dammar med storleken 0,1-0,4 % av inflödets avrinningsområde kan minska fosforbelastningen med 21-44 %. I modellen simulerades ett alternativ med att anlägga dammar motsvarande 0,1 % respektive 0,4 % av avrinningsområdenas area. Dammarna har också visat sig mest effektiva vid flödestoppar eftersom det då kommer mycket partikulärt bundet fosfor som sedimenterar snabbt. Dammarnas dimensionering och utformning görs utifrån markens egenskaper, topografi, vattenföring m.m. (greppa.nu)

Halvera belastningen under vårfloden

Under vårfloden kan belastningen av fosfor öka dramatiskt. Detta kan bero på de stora vattenföringsökningarna i och med snösmältningen och att obevuxen barmark samtidigt kan erodera sediment innehållande fosfor. Detta simulerades genom att halvera mängden fosfor i Aspån, respektive de tre största, under februari till april.

Minskning av utsläpp från reningsverken

De reningsverk som har Öljaren som recipient (Julita och Österåker reningsverk) har idag ett utsläppskrav på fosfor på 0,5 mg/l. Att sänka detta utsläppskrav till 0,3 simulerades i modellen.

Muddring

Försök med muddring eller på annat sätt påverka sjöns sediment har använts som en radikal åtgärd för att vända sjöars övergödning. Simuleringen gjordes genom att initiera en minskad halt totalfosfor i sjöns sediment i modellen med 25 %. Modellen tar dock ingen hänsyn till att de underliggande sedimenten kan aktiveras och avge fosfor till vattenkolonnen.

Påverkan av förändrad markanvändning på nuvarande jordbruksmark

Att på åkermarken förändra grödan kan påverka fosforläckaget (naturvardsverket.se). Vallodling kan reducera läckaget med 20 %, bete med 40 % och småskog med 50 %. Fosforläckaget kan skilja sig markant beroende på jordtyp och väderförhållanden. Medelvärdet för landet är 0,4 kg/ha (jordbruksverket.se) och detta värde fick vara utgångspunkten för det förmodade läckaget från åkermarken idag.

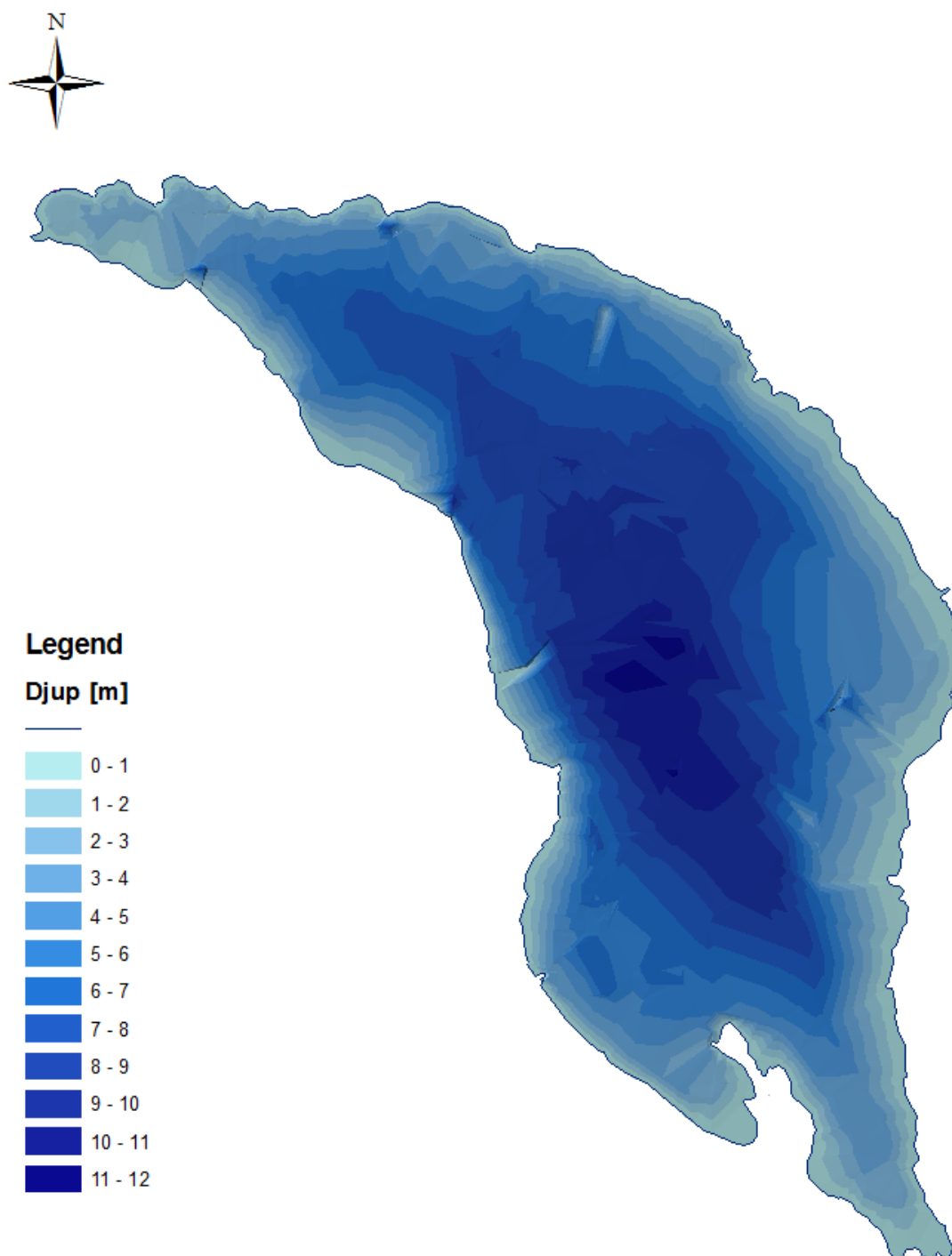
Minskning från klass 4 till klass 3 enligt Naturvårdsverket

Att minska Öljarens klassning från klass 4 till klass 3 skulle förbättra Öljarens status. Behovet av den totala minskningen av fosforkoncentrationen i inflödena simulerades.

Resultat

Djupmätning

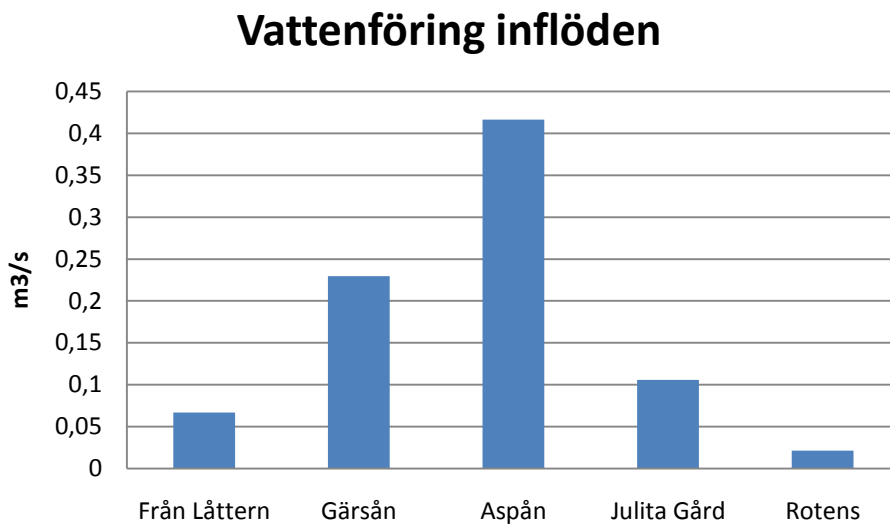
Under projektet gjordes 979 djupmätningar med ekolod. Med hjälp av ArcMap kunde bottenstrukturen interpoleras fram och volymen beräknas. Medeldjupet fås som volymen genom arean. Resultatet av djupmätningen visas i figur 5. Medeldjupet bestämdes till 5,6 m.



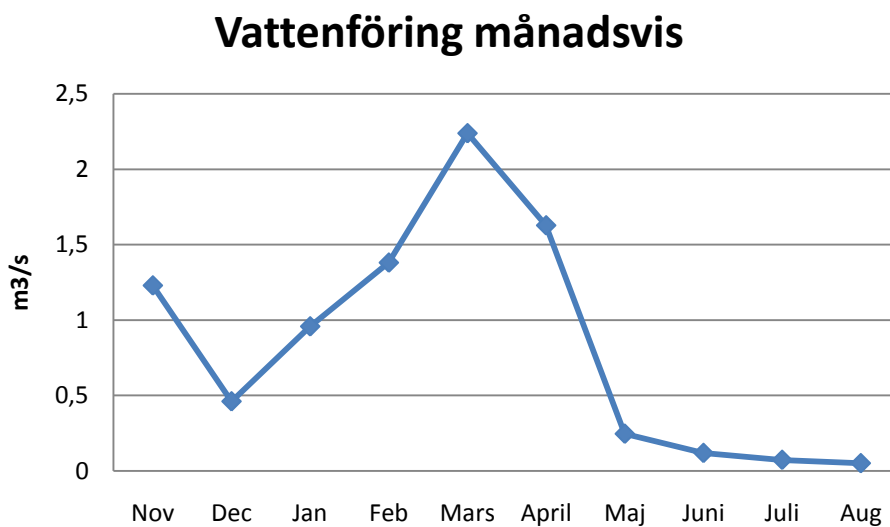
Figur 5. Resultatet av djupmätningen

Vattenföring

Resultatet av månadsmedelvärdena av vattenföringen för de olika inflödena visas i figur 6. Figur 7 visar den totala vattenföringen månadsvis. 351 vattenföringsmätningar gjordes under perioden.



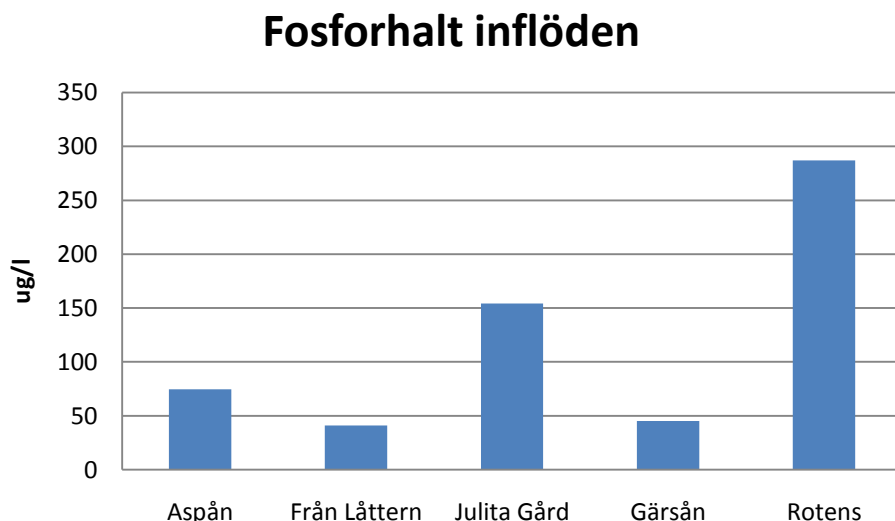
Figur 6. Resultatet av vattenföringen för de olika inflödena.



Figur 7. Variationen av vattenföringen månadsvis.

Fosfor

Totalt 360 st vattenprov togs totalt i inflödena och 54 st vattenprov togs i sjön. Därtill fanns 14 st mätningar sedan tidigare i sjön. Månadsmedelvärdena för fosforhalten i de olika inflödena visas i figur 8.



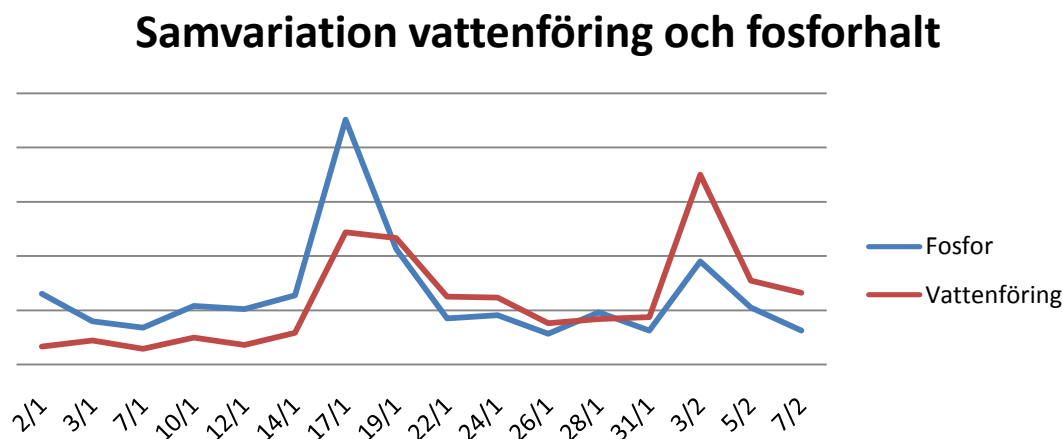
Figur 8. Fosforhalten i de olika inflödena.

Fosforhalten i sjön var under perioden 54 µg/l i snitt. Detta ger Öljaren klassning 4 enligt Naturvårdsverket, vilket innebär mycket höga halter (eutrof). Genom att exkludera uteliggare ökade modellens säkerhet markant.

Fosforbelastning

Med hjälp av koncentrationen fosfor i de olika inflödena kunde mängden fosfor från de olika inflödena beräknas.

När vattenföringen ökar i och med vårfloden ökar också fosforhalten i vattnet. Figur 9 visar vattenföringens samvariation med fosforhalten i vattnet. Som exempel valdes vattenföring och fosfor ut för Aspån mellan den 2/1-11 och den 7/2-11.



Figur 9. Samvariationen mellan vattenföring och fosfor.

Genom att undersöka samvariationen mellan vattenföring och fosforhalt kan ett samband mellan dessa två bestämmas. Detta kan vara till hjälp vid beräkningar av en teoretisk fosforhalt vid en speciell vattenföring. Samvariationen redovisas för Gärsån, Aspån respektive Julita gård i ekvation 3-5 nedan.

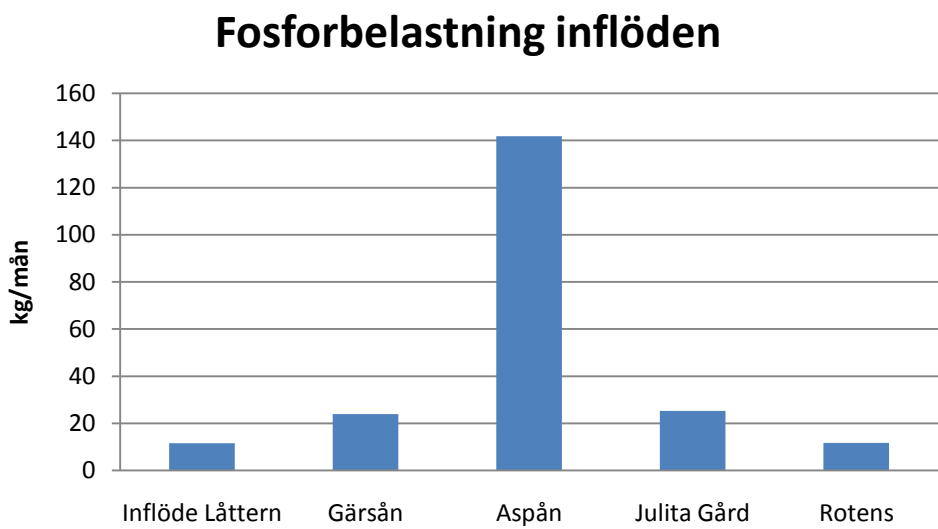
$$y_{\text{Gärsån}} = 96,535x + 16,49 \quad (3)$$

$$y_{\text{Aspån}} = 95,874x + 21,605 \quad (4)$$

$$y_{\text{Julita gård}} = 550,47x + 61,46 \quad (5)$$

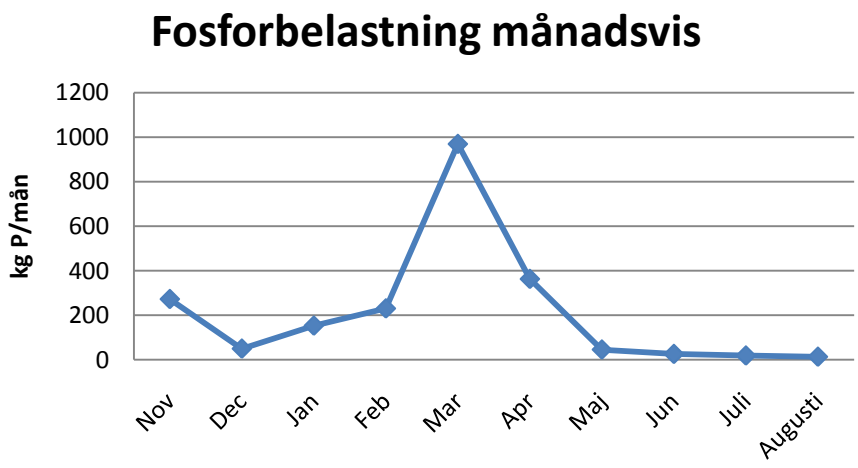
y är fosforhalten i $\mu\text{g/l}$ och x är vattenföringen i m^3/s .

Månadsmedelvärdet för fosforbelastningen som de olika inflödena bidrar med visas i figur 10. Fosforbelastningen för de olika inflödena kan jämföras med vattenföringen i de olika inflödena, se figur 6.



Figur 10. Månadsmedelvärdet för fosforbelastningen för de olika inflödena.

Hur fosforbelastningen förändras med årstiderna visas i figur 11.



Figur 11. Den totala fosforbelastningen från alla inflöden över tid.

Förväntat fel

Det förväntade felet för de olika parametrarna redovisas i tabell 4 (Observera att det karaktäristiska CV- värdet för fosforhalten i sjön och i inflödena är på 35 % respektive 50 %). Det förväntade felet för djupmätningen blev 2,7 %. För fosforhalten i sjön blev det förväntade felet 6,9 %. Observera att tidsperioden är betydligt kortare för kväveanalyserna vilket kan underskatta det förväntade felet.

Tabell 4. Förväntat fel för de olika inflödena för vattenföringen respektive fosforhalten.

Förväntat fel [%]	Från Låttern	Gärsån	Aspån	Julita gård	Rotens
Vattenföring	23	28	24	34	37
Fosfor	14	23	18	19	15
Kväve	5,1	7,3	7,7	5,6	21

Kväve

57 vattenprover analyserades med avseende på kväve i inflödena och 24 vattenprov i sjön. Resultatet av månadsmedelvärdena maj till juli redovisas i tabell 5. Medelhalten för kväve i sjön bestämdes till 0,812 mg/l. Detta anses enligt naturvårdsverkets klassning höga halter av kväve.

Tabell 5. Månadsmedelvärden för kväve och det förväntade felet .

	Från Låttern	Gärsån	Aspån	Julita gård	Rotens
TN [mg/l]	0,69	1,71	1,35	1,77	2,00

pH och syrehalt

pH- värdet i sjön var 7,6. Syrehalten vid ett vattenprov taget på olika djup och ett vattenprov endast taget vid botten var 8,5 respektive 8,7. Totalt analyserades syrehalten och pH på 15 sjöprov.

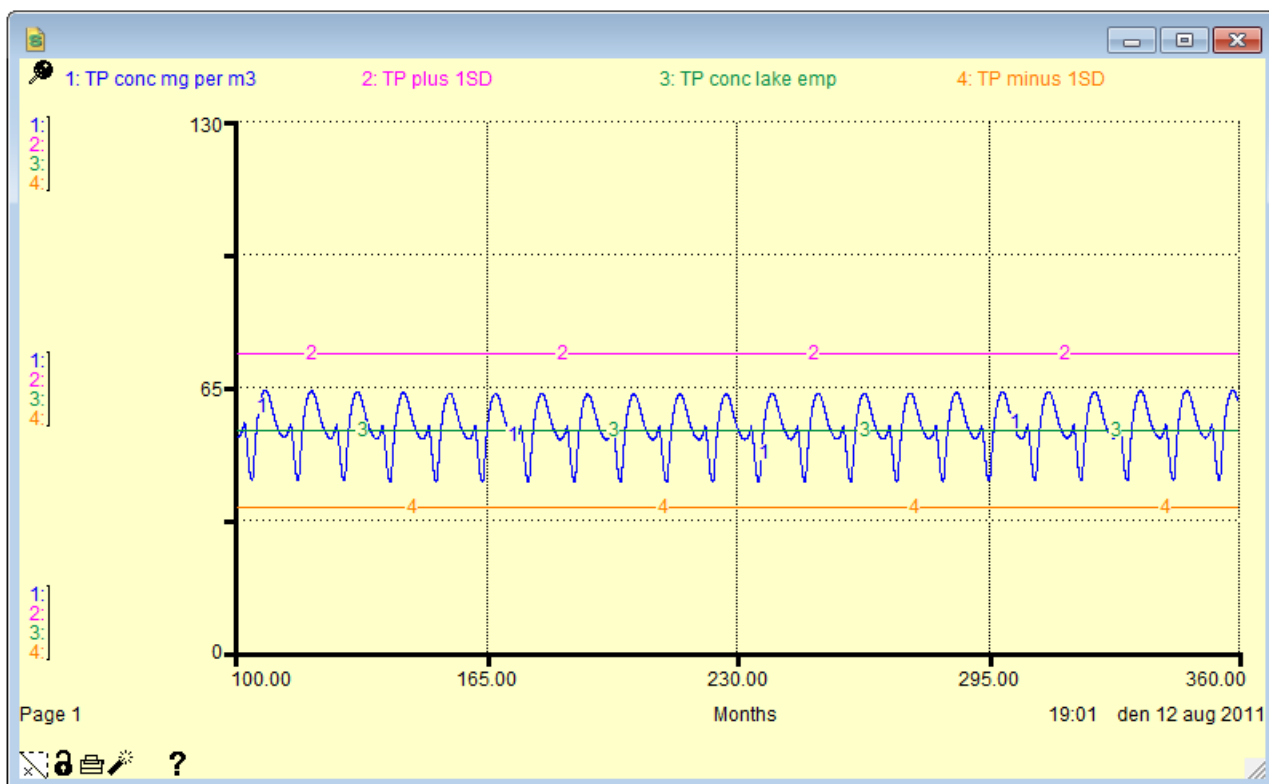
Modellens giltighet

Tabell 6 visar drivvariablerna specifikt för Öljaren.

Tabell 6. Modellens drivvariabler för Öljaren

Inparameter	
Sjöns area	17,9 km ²
Avrinningsområdets area	201 km ²
Altitud	24,0 m
Latitud	59 °
Medeldjup	5,61 m
TP inflöden	84,0 µg/l
Årlig nederbörd	545 mm/år

Modellens giltighet testades och resultatet kan ses i figur 12. Den blå linjen är den av modellen beräknade fosforkoncentrationen i sjön och den gröna linjen motsvarar den empiriskt uppmätta halten i sjön. Rosa samt orange linje representerar plus/minus en standardavvikelse. Modellen beräknar medelvärdet i sjön till 55 µg/l att jämföras mot det empiriskt uppmätta 54 µg/l.

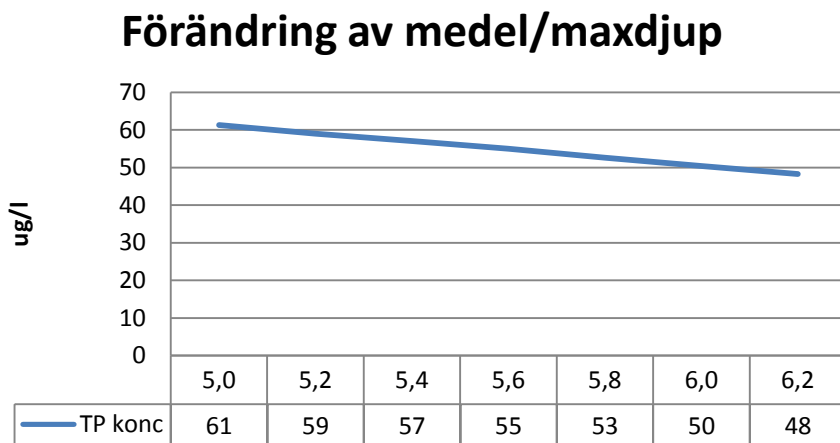


Figur 12. Modellens giltighet. Blå linje motsvarar modellens beräknade fosforhalt och den gröna empiriskt uppmätt medelvärde under perioden. Rosa och orange linje motsvarar plus/minus en standardavvikelse.

Modellerade scenarier

Förändring av morfologiska parametrar

Figur 13 visar modellerad totalfosforkoncentration som funktion av en förändring av medel- och maxdjup. Uppmätt medeldjup var 5,6 m.



Figur 13. Modellerad totalfosforkoncentration som funktion av medeldjup.

Rening av olika kombinationer av inflöden

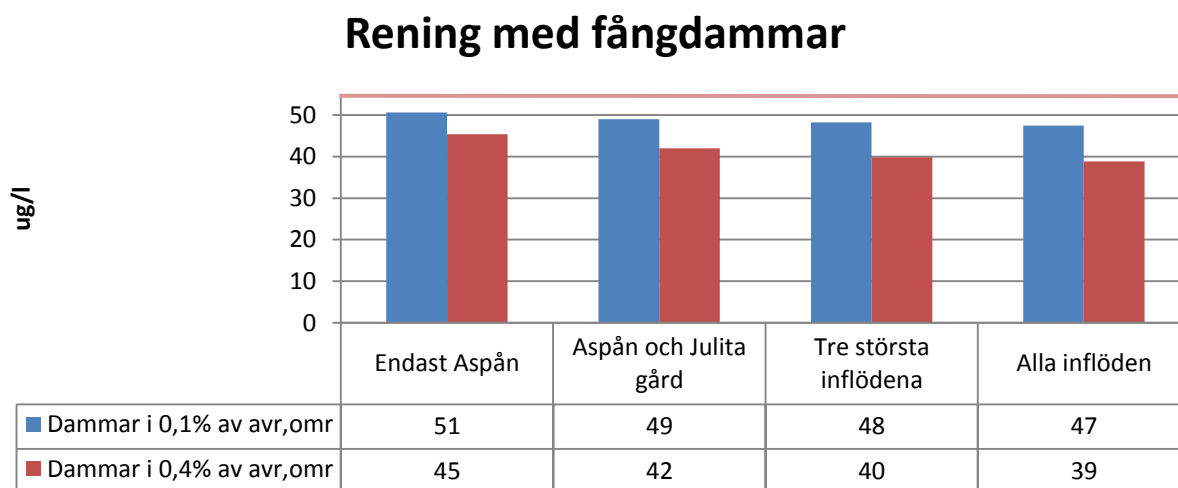
Att med någon metod rena inflödena minskar belastningen av fosfor in till sjön. Simulering gjordes med endast rening av Aspån, Aspån tillsammans med Julita gård, de tre största inflödena och slutligen en rening av alla inflöden, se tabell 7. Den simulerade fosforhalten i sjön kan ses i tabell 7.

Tabell 7. Simulerad fosforhalt i sjön med olika reningsgrad och rening av ett, tre eller alla inflöden.

Reningsgrad [%]	Rening alla inflöden [minskning %]	Rening tre största inflödena [minskning %]	Rening Aspån och Julita [minskning %]	Rening Aspån [minskning %]
0	0	0	0	0
10	6,0	6,0	5,1	4
20	14	12	10	8
30	20	18	16	12
40	28	24	21	16
50	32	30	27	20

Sedimentationsdamm med våtmark

Att rena vattnet med hjälp av sedimentationsdammar simulerades i olika varianter. Resultatet kan ses i figur 14. Den röda linjen motsvarar modellerande halten med originalmodellen (55 µg/l).



Figur 14. Rening med fångdammar med olika alternativ.

Den sammanlagda ytarean för de olika alternativen redovisas i tabell 8.

Tabell 8. Storlek av ytarean som motsvaras av 0,1 % respektive 0,4 % för de olika inflödena.

Inflöde	Avr.omr area [km ²]	Andel 0,1 % [m ²]	Andel 0,4 % [m ²]
Aspån	76,8	76 800	307 000
Julita gård	15,4	15 400	61 600
Gärsån	41,1	41 100	164 000
Från Låttern	10,9	10 900	43 600
Rotens	9,30	9 300	37 200

Att anlägga dammar i 0,4 % av avrinningsområdet för de olika inflödena simulerades för att få uppfattning om vilket inflöde som svarade bäst på dammbygge och hur detta påverkade Öljaren, se tabell 9.

Tabell 9. Minskning per anlagd dammareal.

	Aspån	Julita	Gärsån	Från Låttern	Rotens
Modellerad TP [µg/l]	45	52	53	55	54
Minskning [%]	18	5,5	3,6	0,0	1,8
Minskning/anlagd dammyta [%/km ²]	59	89	22	0,0	49

Dammar kan dimensioneras efter ett avrinningsområde mellan 0,2-1 km². Bidrag kan sökas i samband med anläggning av dammar. En damm som SLU anlade vid Bornsjön 2009 var 835 m² och den totala kostnaden var knappt 130 000 kr. (Jordbruksverket, 2010)

Halvera belastningen under vårfloden

Eftersom den absolut största belastningen äger rum under vårfloden simulerades en halvering av mängden fosfor i februari, mars och april. Modellen beräknade fosforhalten i sjön till 50 µg/l vid en halvering i Aspån. Att halvera belastningen under vårfloden i de tre största inflödena (Aspån, Gärsån och Julita gård) resulterade i en fosforhalt på 49 µg/l.

Minska belastningen från reningsverken

Att exempelvis sänka kravet från 0,5 mg/l till 0,3 mg/l ger en modellerad fosforhalt på 53 µg/l i sjön. Under 2010 hade Julita reningsverk ett medelvärde på 0,39 mg/l och Österåker reningsverk ett medelvärde på 0,31 mg/l.

Muddring

Att muddra Öljaren gav ett resultat på 37 µg/l som medelhalt i sjön under de första 100 månaderna. Dock återgick modellen till värdet 55 µg/l efter ca 300 månader.

Påverkan av förändrad markanvändning på nuvarande jordbruksmark

Att förändra markanvändningen på befintlig jordbruksmark i Öljarens avrinningsområde och på så sätt minska fosforutlakningen simulerades. Resultatet visas i tabell 11.

Tabell 11. Påverkan av markanvändningen på nuvarande åkermark.

Markanvändning	Fosforkonc, i sjön [$\mu\text{g/l}$]
Vallodling	52
Bete	48
Småskog	47
Inget läckage	38

Minskning från klass 4 till klass 3 enligt Naturvårdsverket

För att minska Öljarens klassificering enligt Naturvårdsverket från klass 4 till klass 3 innebär att den totala fosforhalten i inflödena måste minska med 27 % till 61 $\mu\text{g/l}$.

Sammanställning scenarier

En sammanställning av utvalda scenarier visas i tabell 12.

Tabell 12. Översikt över utvalda scenarier.

	Modellerad konc. fosfor [$\mu\text{g/l}$]	Förändring [%]
Medeldjup		
<i>Minskat</i>	57-61	+3,6-11
<i>Ökat</i>	53-48	-3,7-13
Rening 50 %		
<i>Endast Aspån</i>	43	-22
<i>Aspån och Julita gård</i>	40	-27
<i>Tre största inflödena</i>	38	-31
<i>Alla inflöden</i>	37	-33
Fångdammar i 0,4 % av avr.omr. area		
<i>Endast Aspån</i>	45	-18
<i>Aspån och Julita gård</i>	42	-24
<i>Tre största inflödena</i>	40	-27
<i>Alla inflöden</i>	39	-29
Halvera belastningen under vårfloden		
<i>Endast Aspån</i>	50	-9
<i>Tre största inflödena</i>	49	-11
Muddring		
<i>25% av sedimentet avlägsnas</i>	37	-33
Förändrad markanvändning		
<i>Vallodling</i>	52	-5,9
<i>Bete</i>	48	-12
<i>Småskog</i>	47	-15

Diskussion

Modellen ligger inom plus/minus *en* standardavvikelse runt det empiriska medelvärdet och kan därför anses som en mycket god avbildning av sjön. Modellens beräknade fosforhalt (55 µg/l) jämfört med det empiriskt uppmätta i sjön (54 µg/l) bekräftar detta. Modellen gäller för månaderna november till augusti vilket avspeglar en stor del av årets variationer.

De förväntade felen för vattenföringsmätningarna och fosforhalten i inflödena och i sjön ligger långt under det karaktäristiska CV- värdet och kan anses som relativt säkra i sammanhanget. Kväveanalysernas korta tidsperiod kan medföra att det förväntade felet underskattas.

Den största belastningen av fosfor är under vårfloden då vattenföringen ökar markant samtidigt som fosforhalten i vattnet ökar. Troligtvis är orsaken att mycket sedimentbunden fosfor slits loss av de höga vattenhastigheterna. En likartad men något mindre flödestopp väntas under höstmånaderna. Under denna period har ingen provtagning skett.

Det inflöde som överlägset står för den största fosforbelastningen är Aspån och är samtidigt det inflöde som visar störst gensvar på åtgärder. Dock skall noteras att ingrepp måste utföras med stor försiktighet för att skydda den sällsynta arten Grönling.

Efter Aspån är det inflödet vid Julita gård samt Gärsån som står för den största mängden fosfor. Anmärkningsvärt är att Julita gårds inflöde, trots sin ringa storlek, står för en ungefär lika stor mängd som Gärsån med betydligt större avrinningsområde. Gärsån har dock en hög kvävehalt. En minskad belastning i de tre största inflödena ger en märkbar minskning av fosforhalten i sjön. De två mindre avrinningsområdena bidrar inte med en avgörande mängd fosfor. Rotens inflöde har en mycket hög fosforhalt. Detta kan förklaras med att detta inflöde stod still under stor del av perioden vilket medfört att fosfor kan ha läckt från sedimenten pga. syrebrist.

Att anlägga fångdammar i avrinningsområdet verkar ha god genomslagskraft på fosforhalten in till sjön. Eftersom maxgränsen för dammarna är ett avrinningsområde på 1 km² så behövs fler mindre dammar längre upp i avrinningsområdet, nära föroreningskällorna. Dammarna bör vara mest effektiva dels i Aspåns avrinningsområde pga. dess stora fosforbelastning, och dels i Julita gårds avrinningsområde eftersom detta inflöde står för en stor belastning relativt storleken på avrinningsområdet (tabell 9). Mycket positivt är att fångdammarna fungerar bättre med en hög andel partikelbundet fosfor vid flödestoppar (pga. större partiklar sedimenterar snabbare) eftersom belastningen vid vårfloden är ett stort problem. Dikena i Julita gårds inflöde är naturligt raka och kan vara en orsak till att sedimentsbundet fosfor inte bromsas upp utan obehindrat kan fortsätta ut till Öljaren. Åtgärder som bromsar vattenhastigheten är effektiva i detta inflöde, t.ex. genom att återneandra dikena eller genom fångdammar. Ett nästa steg kan vara att utreda eventuella fosforkällor i Aspåns och Julita gårds avrinningsområden.

Dammarealerna i tabell 8 är mycket stora. Dock kan det noteras att en dammareal motsvarande 0,4 % av Aspåns avrinningsområde minskar Öljarens bedömning till klass 3 enligt Naturvårdsverket vilket är en mycket stor minskning i dessa sammanhang. En dammyta av 0,1 % av avrinningsområdets yta ger även den en märkbar förändring. Att endast minska läckaget från åkermarken genom skydds-zoner o.s.v. är en enkel metod men måste kombineras med andra åtgärder.

Jordbruksmarkens bidrag var mycket svårt att uppskatta eftersom den skiljer sig beroende på jordtyp, topografi m.m. Dock kan slutsatsen dras att anlägga betesmark eller småskog bidrar till en

märkbar fosforminskning i sjön. Att läckaget skulle vara noll är en orimlighet men togs med som ett extremvärde.

Djupet har en stor inverkan på sjöns fosforhalt. Att höja nivån i sjön kan innebära en minskad fosforhalt i Öljaren. Dock kan en fortsatt övergödningsprocess minska djupet återigen så en mer långsiktig lösning är att minska belastningen från avrinningsområdet.

Muddring ger en förbättrad fosforhalt i sjön men används mestadels i mindre grunda sjöar som en sista utväg. Det är heller ingen långsiktig metod.

Öljarens namn betyder "sjön som blåser upp snabbt" vilket kan vara en positiv egenskap när det gäller intern belastning. En god omblandning minskar risken för syrebrist vid botten (och därmed en intern belastning) vilket är positivt eftersom den är mycket svår att påverka. Dock kan inget vidare resonemang föras kring de alldeles för få syremätningarna.

Även om reningsverken har krav på 0,5 mg/l låg båda reningsverken med god marginal under fastställda gränsvärden. Detta medför att bidraget från reningsverken i själva verket är lägre.

Slutsatser

- Modellen kan anses som en mycket god avbildning av sjön.
- Den period med extremt stor mängd fosfor är under vårfloden.
- Aspåns avrinningsområde står överlägset för den största belastningen och åtgärder i detta avrinningsområde ger en effektiv inverkan på fosforhalten i sjön. Att minska belastningen från Aspån med 50 % skulle förbättra Öljarens status från klass 4 till klass 3.
- Att anlägga dammar i avrinningsområdet är en mycket effektiv åtgärd för att minska belastningen, i synnerhet i Aspåns och Julita gårds avrinningsområden.
- Att minska läckaget från jordbruksmarken ger en minskad fosforhalt i Öljaren

Referenser

Böcker och artiklar

Andersson, M., Tottie, O., (2007), *Modellering av fosfor i Bagarsjön, Nacka*. Projektarbete, Uppsala Universitet.

Bryhn, A., (2008), *Quantitative understanding and prediction of lake eutrophication*. Digital comprehensive summaries of Uppsala dissertations from the faculty of science and technology, 415.

Bryhn, A. C. och Håkanson, L., (2007), *A comparison of predictive phosphorus load-concentration models for lakes*. *Ecosystems*, 10: 1084-1099.

Cullen, P. och Forsberg, C., (1988), *Experiences with reducing point sources of phosphorus to lakes*. *Hydrobiologia*, 170: 321-336.

Håkanson, L., (1999), *Water Pollution - Methods and criteria to rank, model and remediate chemical threats to aquatic ecosystems*. Backhuys publishers, Leiden, The Netherlands.

Håkansson, L., Bryhn, A., 2007. A dynamic mass-balance model for phosphorus in lakes. Manuskript, Uppsala Universitet.

Håkanson, L. och Bryhn, A. C., (2008), *A dynamic mass-balance model for phosphorus in lakes with a focus on criteria for applicability and boundary conditions*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 187: 119-147.

Håkanson, L. och Peters, R., (1995), *Predictive limnology, methods for predictive modelling*. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

Håkanson, L., (1999). *Water Pollution - Methods and Criteria to Rank, Model and Remediate Chemical Threats to Aquatic Ecosystems*. Backhuys, Leiden, The Netherlands, 277 p.

Jeppesen, E., Søndergaard, M., Jensen, J. P., et al., (2005), *Lake responses to reduced nutrient loading – an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies*. *Freshwater Biology*, 50: 1747- 1771

Jordbruksverket, (2010), *Jordbruksinformation 11-2010, "Dammar som samlar fosfor"*. Holmbergs, Malmö.

Khan, A. F. och Ansari, A. A., (2005), *Eutrophication: An ecological vision*. *The botanical review*, 71: 449-482.

Schindler, D., W., Hecky, R. E., Findlay, D. L., et al., (2008), *Eutrophication of lakes cannot be controlled by reducing nitrogen input: Results of a 37-year whole-ecosystem experiment*. *PNAS*, 105: 11254-11258.

Wilander, A., Nyberg, M., (2008), *Utvärdering av sötvattensprogrammet för sjöar i Södermanlands län 1998-2007*. Rapport Länsstyrelsen Södermanlands län, 2008:13.

SMHI/Naturvårdsverket, (1979), *Vattenföringsbestämning vid vattenundersökningar*. Bratts tryckeri, Jönköping.

Strandberg, S., (1997), *Julita Hembyggsförenings årsskrift nr 1997*, 22.

Internet

Artdatabanken SLU (2011)

http://www.artdata.slu.se/FaunaochFlora/pdf/faunaochflora_1_2011_Gronling.pdf

Digitala kartbiblioteket (2011)

<https://butik.metriska.se/digibib/index.php>

Greppa näringen (2011)

www.greppa.nu

Greppa näringen (2008)

<http://www.greppa.nu/arkiv/nyhetsarkiv/klimat2006/ettvarmareklimatgerokadenaringsforlust.5.14f79cb117833f3e2780002512.html>

Naturvårdsverket (2003)

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5291-8.pdf>

Naturvårdsverket (2007)

<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-0148-3.pdf>

Jordbruksverket (2009)

http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra10_35.pdf

Slu, institutionen för vatten och miljö (2011)

<http://info1.ma.slu.se/db.html>

Vattenportalen (2009)

http://www.vattenportalen.se/ovp_ordlista_startside.htm 090905

Valla väder (2011)

<http://www.vaderbitarna.se/Valla-Vader/index.shtml>

VISS, Vatteninformationssystem i Sverige (2011)

<http://www.viss.lst.se/Waters.aspx?waterEUID=SE655974-150853>

<http://www.viss.lst.se/Waters.aspx?waterEUID=SE655974-150853&userProfileID=3>

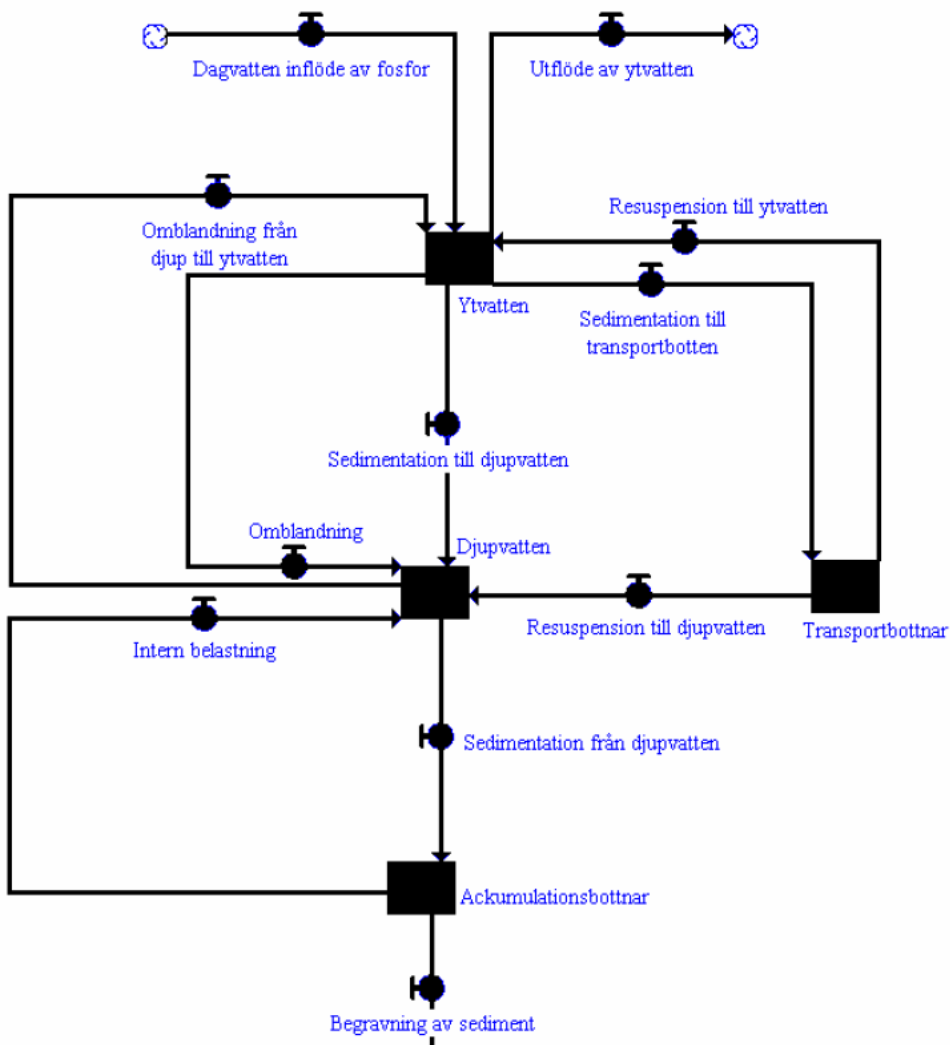
Övriga källor

Gustav Olsson, Öljarens fiskevårdsförening, mailkontakt 28/8-2011.

Bilaga 1

Tabell 1. Korrektionskonstant, k , för olika botten typer. (SMHI/Naturvårdsverket, 1979)

Bottentyp	k
Mycket ojämn botten; sten och/eller vass och gräs	0,5
Något ojämn botten; sten	0,6
Jämn botten sand eller grus	0,7
Jämn konstgjord sektion med trä, stål eller betong	0,8



Figur 1. LakeMabs grundstruktur (Andersson & Tottie, 2007)