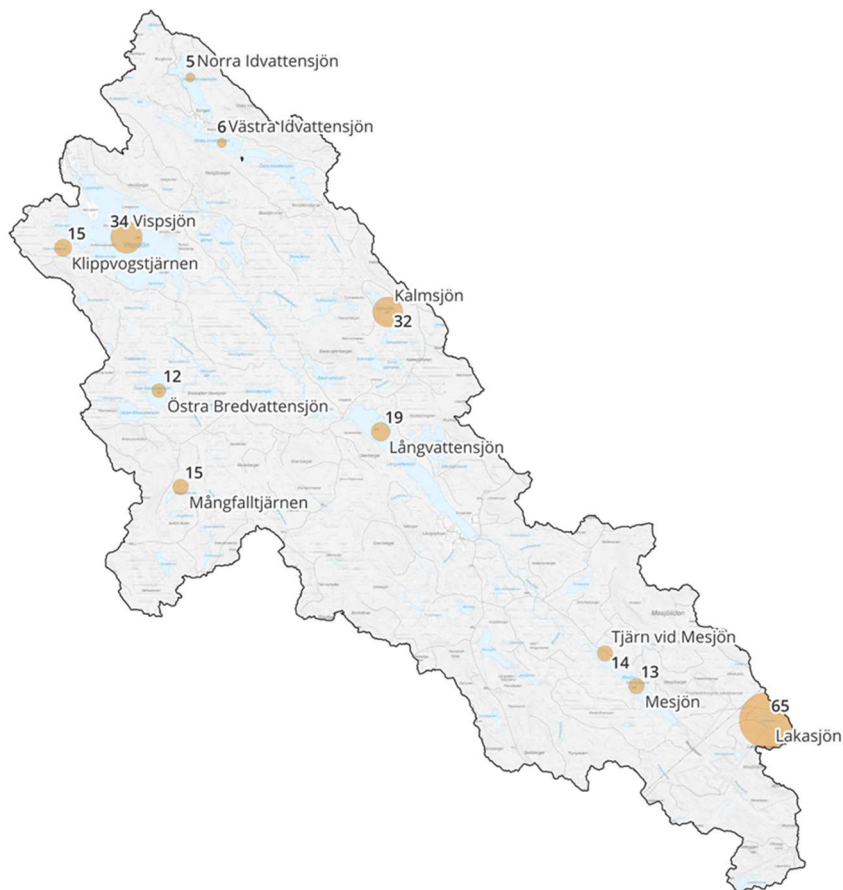




**ÅSELE KOMMUN**  
Sjeltien tjjelte

**Förstudie:**

# Källfördelningsanalys Vispsjön



2024-09-27

Rapporten har upprättats av Daniel Larson, H2OCON Miljö- och vattenkonsult AB.

Projektet har medfinansierats av Ångermanälven och Vapstälvens vattenråd samt genom statligt stöd till lokala vattenvårdsprojekt förmedlat av Länsstyrelsen Västerbotten



Havs  
och Vatten  
myndigheten

  
Länsstyrelserna

# Innehållsförteckning

1. Sammanfattning .....	4
2. Bakgrund .....	5
1.1. Syfte och frågeställningar .....	6
1.2. Avgränsningar.....	6
1.3. Underlagsmaterial.....	6
3. Problembeskrivning .....	7
3.1. Vispsjön .....	7
3.2. Vispsjöns avrinningsområde.....	8
3.3. Markanvändning .....	10
3.3.1. Forskning om påverkan från skogsbruk .....	11
3.3.2. Påverkan på Vispsjöns vattenkvalitet från hyggen.....	11
3.4. Dikning .....	13
3.5. Dämning.....	15
3.6. Andra möjliga källor .....	16
4. Källfördelningsanalyser och statistiska modeller .....	18
4.1. Källfördelningsanalys (HYPE) .....	18
4.1.1. Beskrivning .....	18
4.1.2. Resultat .....	18
4.2. Källfördelningsanalys (statisk).....	20
4.2.1. Beskrivning .....	20
4.2.2. Resultat .....	20
4.3. Naturlig fosforhalt baserat på statistisk modellering.....	22
4.3.1. Bedömningsgrunder nuvarande statusklassning .....	23
4.3.2. Bedömningsgrunder kommande statusklassning .....	23
5. Jämförelser av modellerade och uppmätta halter .....	25
5.1. Jämförelse med källfördelningsanalyser .....	25
5.2. Jämförelse med referenshalter.....	28
6. Slutsatser .....	29
6.1. Slutsatser av förstudien .....	29
6.2. Förslag på utredningar och åtgärder .....	29

# 1. Sammanfattning

Vispsjön uppvisar tecken på övergödning genom återkommande algblomningar. Vattenkemiska analyser har visat att sjöns fosforhalt överstiger vad som antas vara en naturlig nivå med ca tre gånger. Avrinningsområdet domineras dock av skog och myrmark, och traditionella källor till övergödning såsom jordbruksmark eller utsläpp av avloppsvatten saknas i princip.

För att översiktligt utreda orsakerna till Vispsjöns förhöjda fosforhalter har denna förstudie genomförts. Förstudien redovisar uppmätta fosforhalter samt teoretiska haltberäkningar, utifrån bland annat markanvändning och kända källor. Dessutom görs översiktliga bedömningar av påverkan från dämning och markavvattning

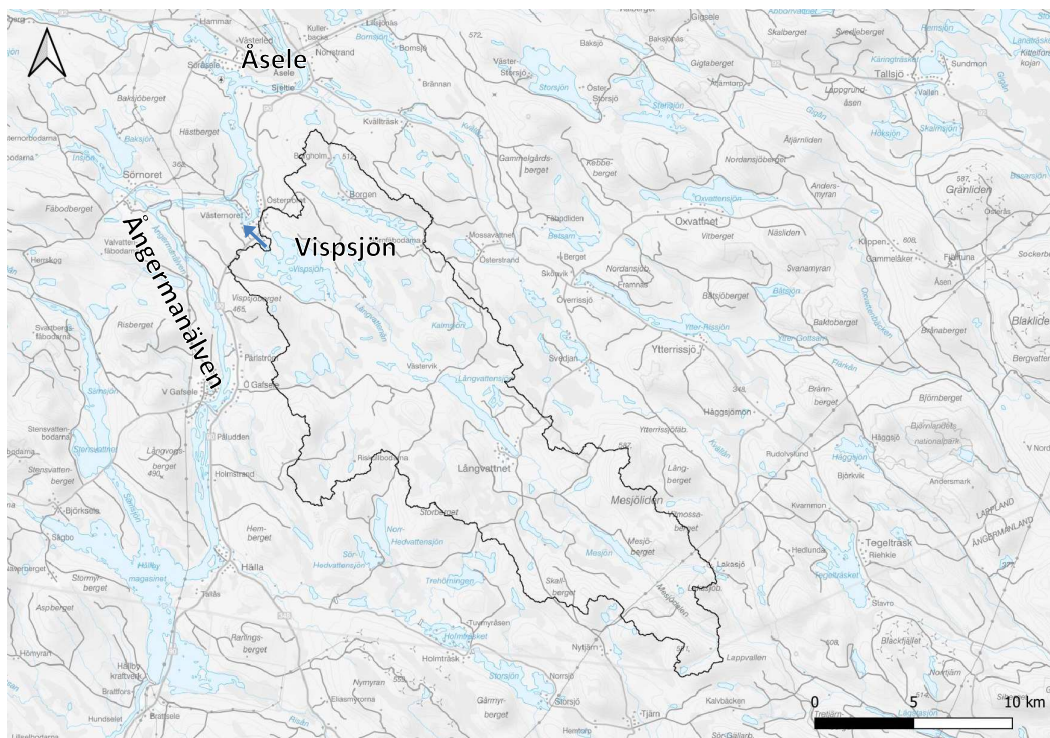
Förstudien visar att fosforhalterna i Vispsjön förmodligen är förhöjda, men inte så mycket som tidigare antagits. Vidare visas att den fosforbelastning som orsakat de förhöjda halterna förmodligen kommer från Vispsjöns näravrinningsområde. Strandnära avverkningar på kuperad mark lyfts fram som en tänkbar förklaring.

Resultaten från förstudien visar att ytterligare provtagning av vattenkvaliteten är nödvändig för att förstå varför Vispsjöns fosforhalt är förhöjd.

## 2. Bakgrund

Vispsjön i Åsele kommun uppvisar tecken på övergödning genom återkommande algblomningar. Vattenkemiska analyser har visat att fosforhalten överstiger vad som antas vara en naturlig nivå med ca tre gånger, vilket innebär att sjön inte lever upp till kraven för miljö kvalitetsnormen god ekologisk status.

Vispsjön ligger ca 10 km söder om Åsele tätort och avvattnas till Ångermanälven (Figur 1). Avrinningsområdet domineras av skog och myrmark, och traditionella källor till övergödning såsom jordbruksmark eller utsläpp av avloppsvatten saknas i princip. De vattenkemiska analyserna har dock visat att vattnet är grumligt, och det har antagits att skogsbruket inklusive dikningsåtgärder eller historisk belastning med frisättning av fosfor från sediment (s.k. internbelastning) kan vara orsaken till de förhöjda fosforhalterna.



Figur 1. Översiktskarta för Vispsjön och dess avrinningsområde. Pilen visar sjöns utlopp mot älven.

Åsele kommun har beviljats statligt stöd för att genomföra en förstudie för att utreda påverkan på Vispsjön från skogsbruk, markavvattning och dämning. Åsele kommun har uppdragit åt H2OCON Miljö- och vattenkonsult AB att genomföra förstudien, vilken redovisas i föreliggande rapport.

## 1.1. Syfte och frågeställningar

Förstudien syftar till att översiktligt utreda orsakerna till de förhöjda halterna av fosfor i Vispsjön. Utredningen har fokuserat på följande områden:

- Källfördelningsanalyser
- Påverkan från dämning nedströms
- Utredning skogsbruk och markavvattning

## 1.2. Avgränsningar

Fokus för förstudien har i samråd med Åsele kommun koncentrerats till de frågeställningar där det finns tillräckliga underlag för utredning som bidrar till en bättre förståelse kring belastningen på Vispsjön. Förstudien har därför avgränsats till att endast ytligt studera effekterna av dämning och markavvattning.

## 1.3. Underlagsmaterial

Förstudien har utgått från underlag som är tillgängligt via publika källor. De viktigaste underlagen utgörs av:

- Vattenkemiska data från datavärden SLU (<https://miljodata.slu.se/MVM>)
- Modelldata över vattenföring och belastning från SMHI (<https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenwebb>)
- GIS-underlag för avrinningsområden och data för markanvändning från SMHI (<https://www.smhi.se/data/hydrologi/vattenwebb>)

## 3. Problembeskrivning

Vispsjön är en ca 16 m djup och 6 km<sup>2</sup> stor sjö i Åsele kommun som ingår i Ångermanälvens avrinningsområde. Sjöns avrinningsområde är närmare 250 km<sup>2</sup> stort, och består till största del av skogsmark inklusive hygge (67%), myrmark (22%), sjöar och vattendrag (8%) respektive övrig öppen mark (3%)<sup>1</sup>. I avrinningsområdet finns även en liten andel jordbruksmark (0,1%).

SMHI:s HYPE-modell antyder att sjöarna och vattendragen inom Vispsjöns avrinningsområde årligen tillförs ca 900 kg fosfor<sup>2</sup>. Av detta kommer endast ca 2% från mänsklig aktivitet (14 kg från hyggen, 3 kg från jordbruksmark och 3 kg från enskilda avlopp). En stor del av den tillförda fosfor fastläggs dock innan vattnet når själva Vispsjön, den fosformängd som når sjön är beräknad till ca 500 kg per år. Vispsjöns medelvattenföring är ca 2,5 m<sup>3</sup>/s, vilket i kombination med den tillförda fosformängden innebär att sjöns fosforhalt teoretisk sett bör vara ca 6 µg/l (se kapitel 4).

Provtagningar som genomförts i sjön visar dock att fosforhalten förmodligen är betydligt högre än vad HYPE-modellen antyder. Under perioden 2019–2021 genomfördes provtagningar inom ramen för länsstyrelsens regionala miljöövervakning, vilka visade fosforhalter på 28–38 µg/l.

### 3.1. Vispsjön

Vid flera tillfällen under den senaste tioårsperioden har ansamlingar av alger (s.k. algbloomningar) noterats i Vispsjön. På ett ortofoto som togs 2019 syns algbloomning tydligt, och på ortofoton från 2010 och 2022 syns grumlighet som kan vara algbloomning (Figur 2). Även på ortofoton från 1972 och 1979 syns grumlighet, men dessa ortofoton är svartvita vilket gör det svårt att bedöma om det verkligen rör sig om algbloomning.

De uppmätta halterna av fosfor i Vispsjön är att betrakta som höga (28–38 µg/l)<sup>3</sup>. I förhållande till resultaten från SMHI:s HYPE-modell (6 µg/l) är avvikelserna mycket stora. De uppmätta fosforhalterna är dock betydligt lägre än vad som ofta är fallet i andra övergödda sjöar, till exempel sjöar i jordbrukslandskap eller små sjöar med stor påverkan från avloppsvatten.

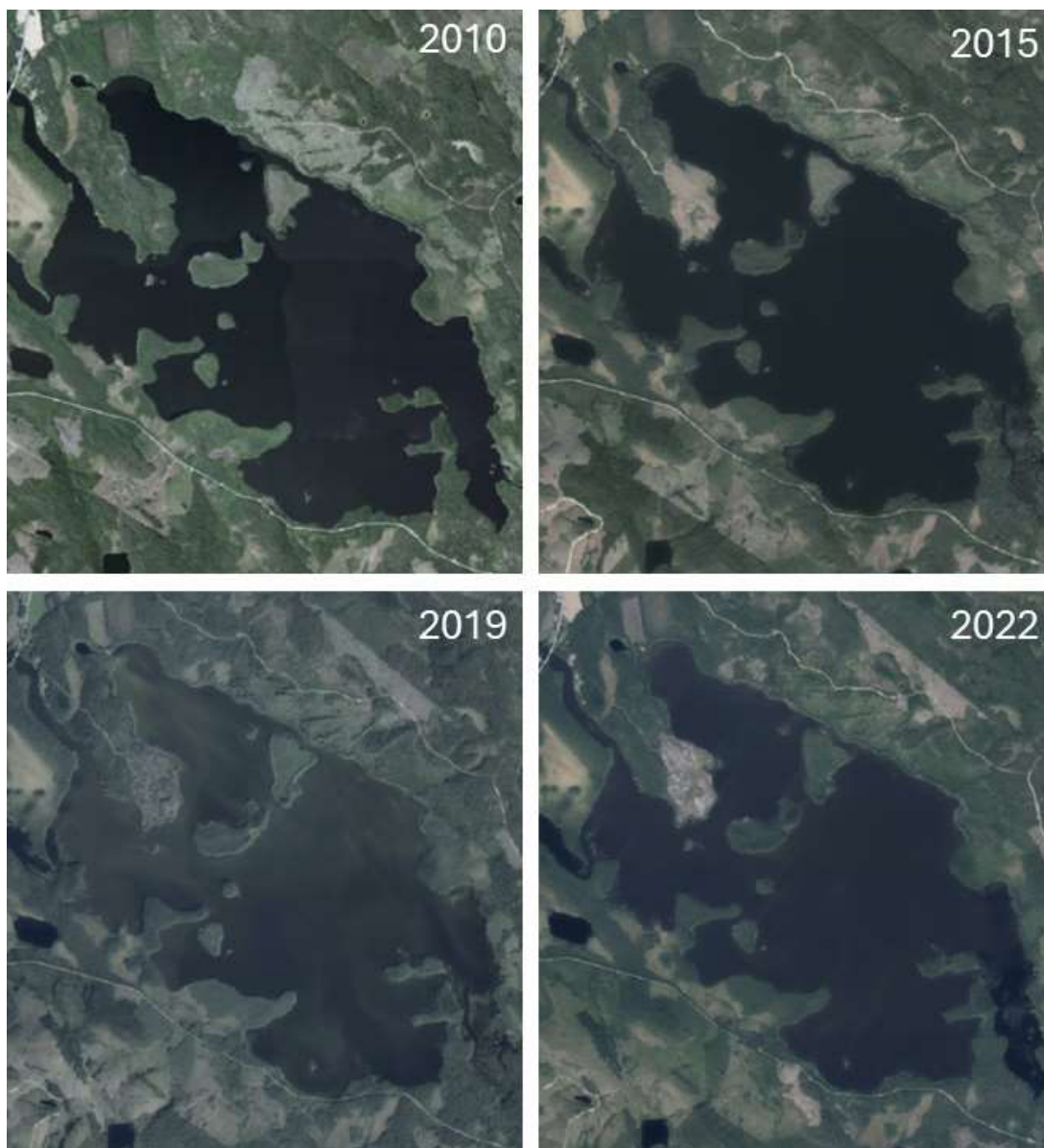
Utöver höga fosforhalter har även hög turbiditet (grumlighet) mätts upp i Vispsjön (4,3–4,8 FNU). Däremot har halterna av fosfatfosfor varit relativt låga (1–6 µg/l). Samtliga prov som analyserats avser dock oktober, vilket innebär att den biologiskt tillgängliga fosfatfosfor kan vara upptagen i biomassan.

<sup>1</sup> SMHI Vattenwebb, SVAR-version 2022\_1\_1

<sup>2</sup> SMHI Vattenwebb, modelldata utifrån modelluppsättningen s-hype2022\_version\_2022a\_1.0.0

<sup>3</sup> Naturvårdsverket (1999) Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Sjöar och vattendrag. Rapport 4913





Figur 2. Ortofoton över Vispsjön.

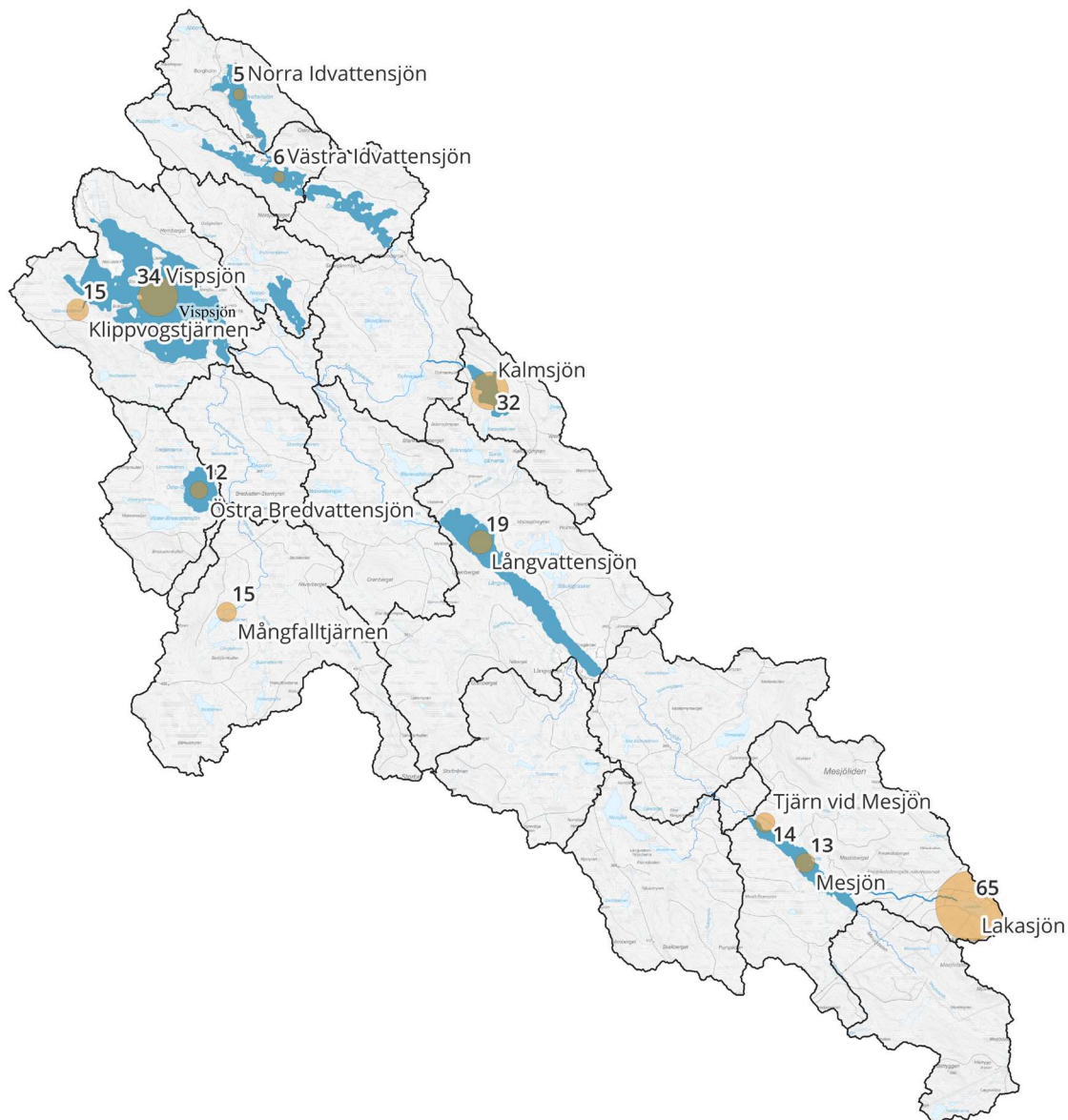
## 3.2. Vispsjöns avrinningsområde

I åtminstone ytterligare en sjö i Vispsjöns avrinningsområde förekommer sannolikt algblomningar. På ortofoton från 2015 syns algblomning i Lakasjön. Förmodligen har även algblomning förekommit i Kalmsjön (2019).

Provtagningar i andra sjöar inom Vispsjöns avrinningsområde visar ett relativt stort spann av fosforhalter (Figur 3). I många sjöar har fosforhalter i storleken 12–19  $\mu\text{g}/\text{l}$  mätts upp, det vill säga ungefär hälften så höga halter som i Vispsjön. I de norra delarna av avrinningsområdet (Norra och Västra Idvattensjön) har ännu lägre halter mätts upp (5–6  $\mu\text{g}/\text{l}$ ). I Kalmsjön, som ligger i utkanten av Vispsjöns avrinningsområde, har likande fosforhalter som i Vispsjön mätts upp. Den sjö som sticker ut mest är Lakasjön där totalfosforhalten i medeltal varit 65  $\mu\text{g}/\text{l}$ , det vill säga dubbelt så hög som i Vispsjön. Lakasjön är dock en mycket liten sjö långt uppströms i avrinningsområdet, vilket gör att förhållandena i Lakasjön har en ytterst begränsad inverkan på Vispsjöns vattenkvalitet.

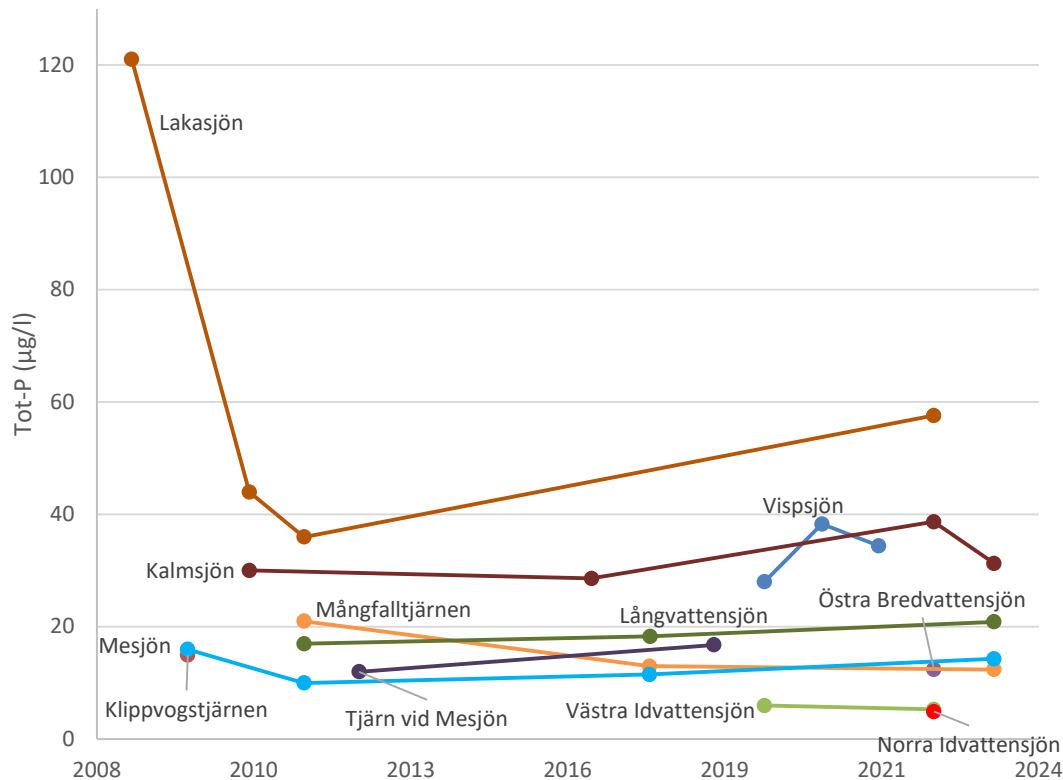


Av sjöarna närmast uppströms Vispsjön är det endast i Kalmsjön som det mätts upp höga fosforhalter (Figur 3). Fosforhalterna i Kalmsjön är dock i samma nivå som i Vispsjön och avrinningen från Kalmsjön utgör endast ca tre procent av Vispsjöns totala tillrinning. Därmed har även förhållandena i Kalmsjön en ytterst begränsad inverkan på Vispsjöns vattenkvalitet. Den största tillrinningen kommer i stället från Långvattensjön, där visserligen måttligt höga fosforhalter mätts upp, men ändå halter som i medeltal är 15 µg/l lägre än i Vispsjön. Tillförseln från sjöar uppströms tycks därmed inte kunna förklara de höga fosforhalterna i Vispsjön.



Figur 3. Uppmätta totalfosforhalter i sjöar inom Vispsjöns avrinningsområde (µg/l). I kartan visas även gränser för delavrinningsområden.

Dataunderlaget som används för att dra slutsatser om transport av fosfor från olika sjöar till Vispsjön är visserligen relativt litet och omfattar ett fåtal provtagningar per sjö. I de flesta sjöarna har dock relativt likartade totalfosforhalter mätts upp vid de olika provtagningstillfällena (Figur 4).



Figur 4. Uppmätta fosforhalter i sjöar inom Vispsjöns avrinningsområde.

Ett undantag när det gäller mellanårsvariation är Lakasjön, där extremt höga totalfosforhalter mättes upp 2008 (121 µg/l). Lakasjön är mycket liten och ligger högt upp i avrinningsområdet vilket gör den extra känslig för tillfälliga förändringar. Samtliga övriga analysresultat från Lakasjön visar på höga till mycket höga fosforhalter vilket tyder på stor och kontinuerlig påverkan. För Lakasjön identifieras dikning som möjlig påverkanskälla, se avsnitt 3.3. Eftersom avrinningen från Lakasjön endast utgör en mycket liten del av Vispsjöns totala tillrinning, och då det finns flera sjöar mellan Lakasjön och Vispsjön, har förhållandena i Lakasjön en ytterst begränsad inverkan på Vispsjöns vattenkvalitet.

Vattnets innehåll av totalfosfor påverkas av mängden partiklar i vattnet (turbiditet). Som nämnts ovan har Vispsjön betydligt grumligt vatten (4,3–4,8 FNU). Även Kalmsjön, där liknande fosforhalter mätts upp, har betydligt grumligt vatten (i genomsnitt 2,9 FNU). För den mest näringsrika sjön i avrinningsområdet, Lakasjön, har turbiditet inte analyserats. Sjöarna med lägst fosforhalt avrinningsområden har bara svagt grumlat vatten (Norra och Västra Idvattensjön; 0,5–0,7 FNU). Övriga sjöar inom Vispsjöns avrinningsområde där uppgifter om turbiditet finns har måttligt grumlat vatten (Mesjön, Långvattensjön och Västra Bredvattensjön; 1,2–1,5 FNU). Precis som för fosfor kan inte grumligheten i sjöarna uppströms förklara varför Vispsjön har så pass grumligt vatten.

### 3.3. Markanvändning

Vispsjöns avrinningsområde består till största del av skogsmark (67%), myrmark (22%), sjöar och vattendrag (8%) respektive övrig öppen mark (3%). En mycket liten del av avrinningsområdet består av jordbruksmark (0,1%).

### 3.3.1. Forskning om påverkan från skogsbruk

Skogsmark och myrar anses generellt inte orsaka övergödning. Markanvändningen inom Vispsjöns borde därför inte ge upphov till så höga fosforhalter som faktiskt mätts upp i sjön, vilket diskuteras mer ingående senare i förstudien. Skogsbruk kan visserligen påverka vattenkvaliteten, även om påverkan är av mindre omfattning och mer begränsad till vissa specifika brukningsåtgärder än påverkan från jordbruksmark. Mycket av den internationella forskning som finns kring skogsbrukets påverkan på ytvattenkvaliteten finns sammanställd i en aktuell litteraturgenomgång<sup>4</sup>. I litteraturgenomgången identifieras ökad partikeltransport vara den typ av påverkan som har störst påverkan på vattenkvaliteten. Även ökad fosfortransport uppmärksammas, men antalet studier kring detta är färre. De studier som gjorts visar bland annat att koncentrationen av fosfor i ytvatten efter en avverkning kan öka relativt mycket och förbli förhöjd i 3–5 år, men i vissa fall ända upp till 14 år.

Litteraturgenomgången visar att flera olika skogsbruksåtgärder påverkar vattenkvaliteten. Förutom avverkning har bland annat dikning, markberedning och plantering studerats. Även skogsmaskiner kan i sig påverka vattenkvaliteten genom körskador. Många olika faktorer avgör dock om vattenkvaliteten påverkas och hur stor påverkan i så fall blir. Hit hör till exempel närheten till vatten, typ av jordart, grundvattennivåer och vilka fraktioner som lämnas kvar efter avverkning. Vilka skyddsåtgärder som tillämpas vid skogsbruket har också stor betydelse.

Litteraturstudien visar att såväl forskningen som resultaten från enskilda studier är spretiga, med stor spridning i effekternas storlek. Det bedöms därför inte möjligt att använda resultaten från olika studier till att göra en detaljerad modellering av fosforbelastningen för Vispsjön. De studier som översatts till modeller har ofta fokus på större avrinningsområden, ofta med syfte att beräkna belastningen till havet. Till exempel är HYPE-modellen och dess beräkningar utvecklade för att bedöma belastningen på betydligt en större skala än för enskilda avrinningsområden.

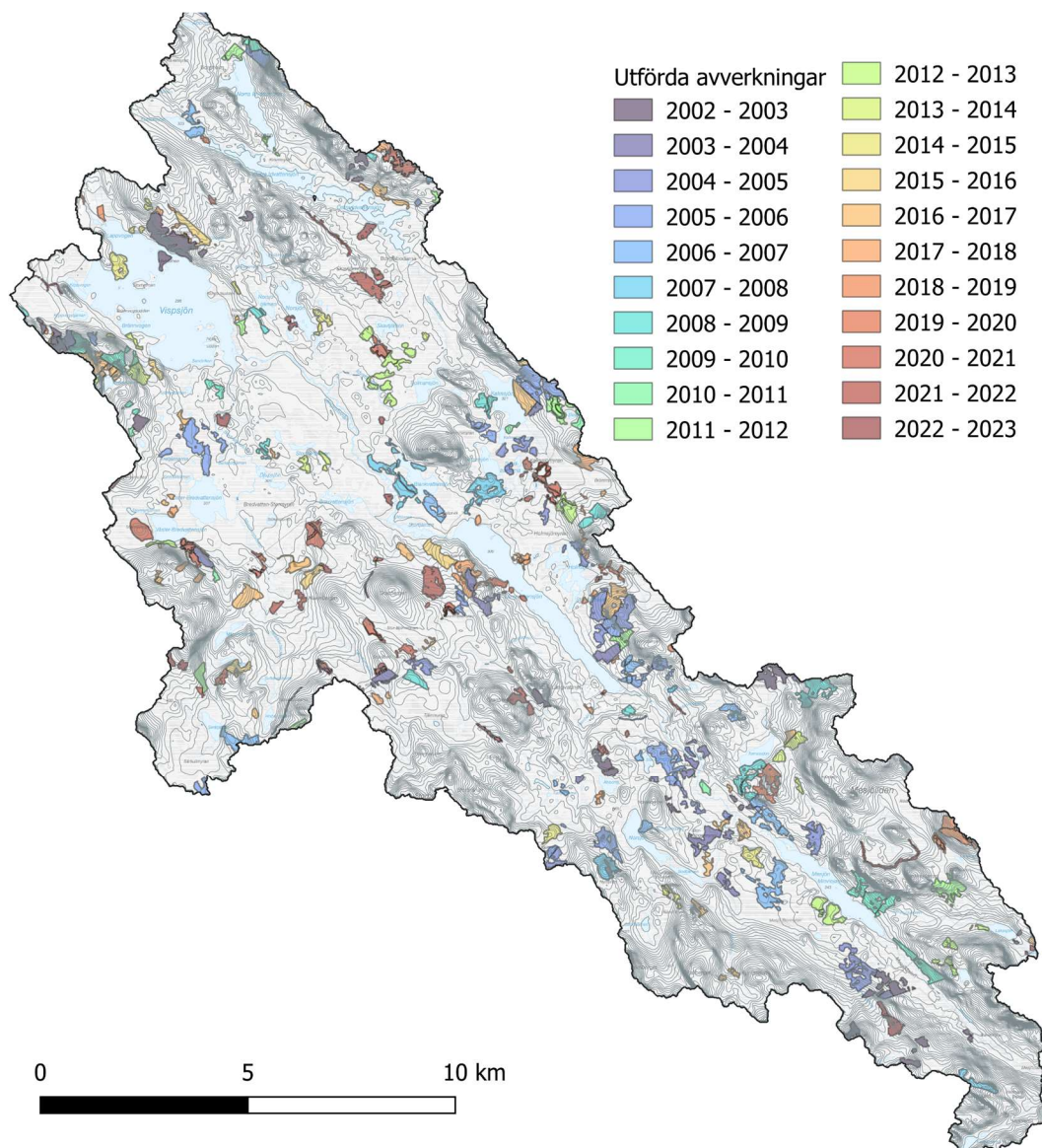
### 3.3.2. Påverkan på Vispsjöns vattenkvalitet från hyggen

Cirka 4% av Vispsjöns avrinningsområde utgörs av hyggen. Vatten som rinner från skogsmark antas ha en fosforhalt på ca 10 µg/l medan hyggen under en tioårsperiod i medeltal antas ha en fosforhalt på ca 13 µg/l (se avsnitt 4.2.1). Läckaget är störst under de första tre åren efter avverkning, då hyggen ofta anses läcka dubbelt så mycket fosfor som annan skogsmark. Den extra fosforbelastning som hyggerna beräknats tillföra utgör dock endast ca 1,5% av Vispsjöns totala fosforbelastning och kan därmed inte förklara Vispsjöns förhöjda fosforhalt (se även avsnitt 4)

Under den senaste 20-årsperioden har totalt sett ca 10% av Vispsjöns avrinningsområde avverkats (Figur 5). Av dessa avverkningar har ca fyra tiondelar skett den senaste 10-årsperioden, vilket innebär att avverkningstakten totalt sett inte ökat.

---

<sup>4</sup> Shah m.fl. (2022) The effects of forest management on water quality. Forest Ecology and Management 522.



Figur 5. Utförda avverkningar inom Vispsjöns avrinningsområde under åren 2002–2023 (källa Skogsstyrelsen<sup>5</sup>).

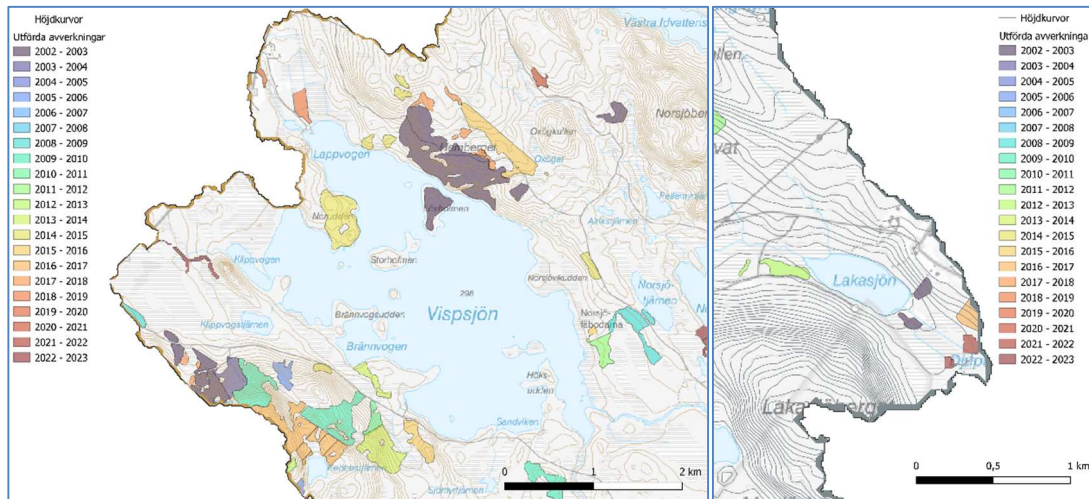
I närravrinningsområdet till Vispsjön är andelen hygge ungefär den dubbla som i avrinningsområdet som helhet. Ser man till den senaste 20-årsperioden är dock skillnaden mellan Vispsjöns närravrinningsområde och hela dess avrinningsområde inte stor (ca 11% respektive 10%), utan skillnaden utgörs framför allt av avverkningar som skett den senaste 10-årsperioden. Avverkningstakten har med andra ord ökat i Vispsjöns närravrinningsområde.

Flera av de ytor som avverkats i Vispsjöns närravrinningsområde återfinns på kuperad mark i anslutning till sjön (Figur 6). Från sådana ytor är det troligt att fosforläckaget till följd av snabbare avrinning och ökad erosion blir större än vad modeller anger.

<sup>5</sup> <https://www.skogsstyrelsen.se/sjalvservice/karttjanster/geodatatjanster/>



Även vid den ännu mer fosforpåverkade Lakasjön har strandnära avverkning på kuperad mark förekommit (Figur 6). Dessa avverkningar bedöms dock inte kunna förklara de höga till extremt höga fosforhalter som mätts upp (se även Figur 4).

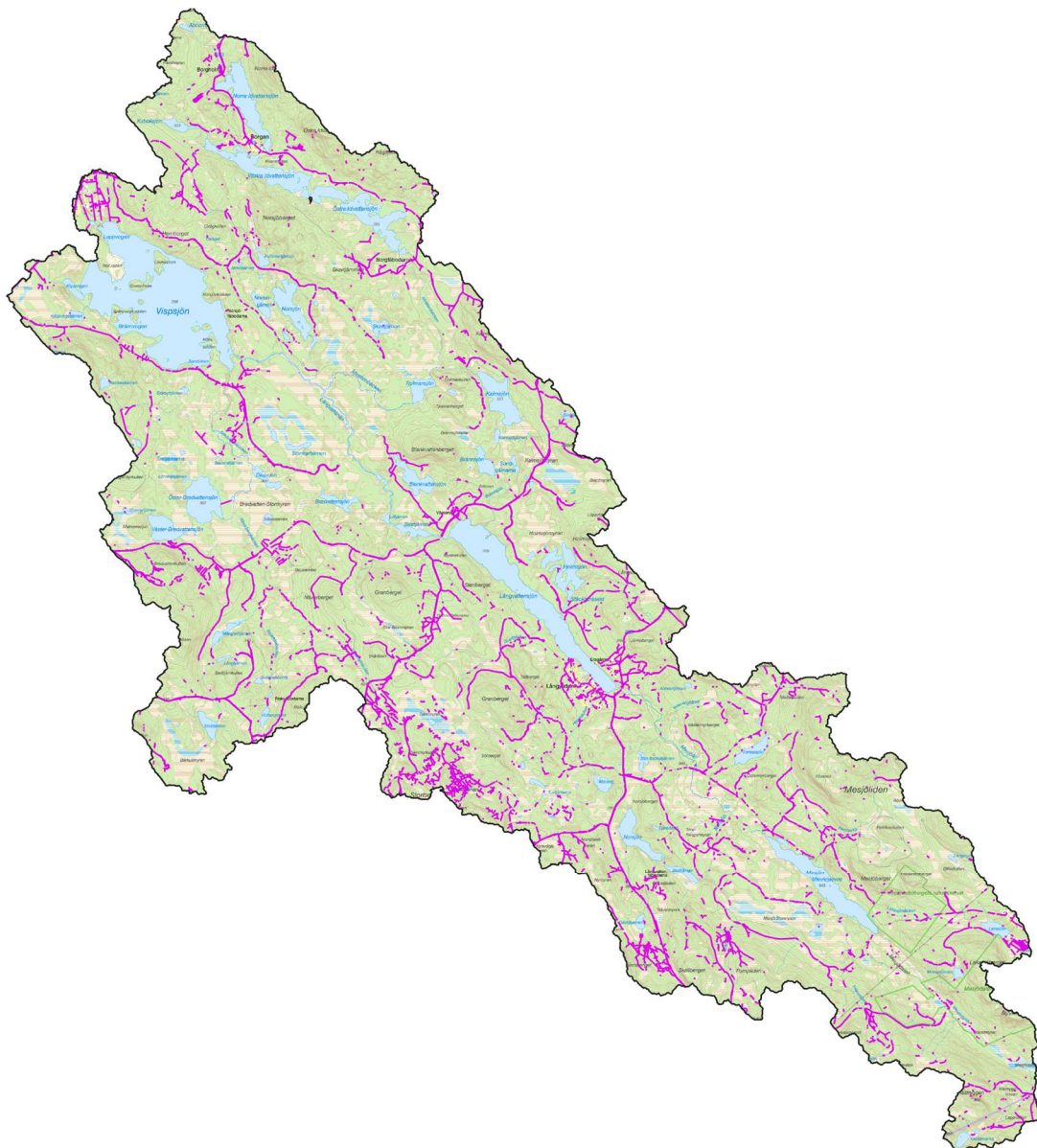


Figur 6. Avverkningar intill Vispsjön (vänster) och Lakasjön (höger).

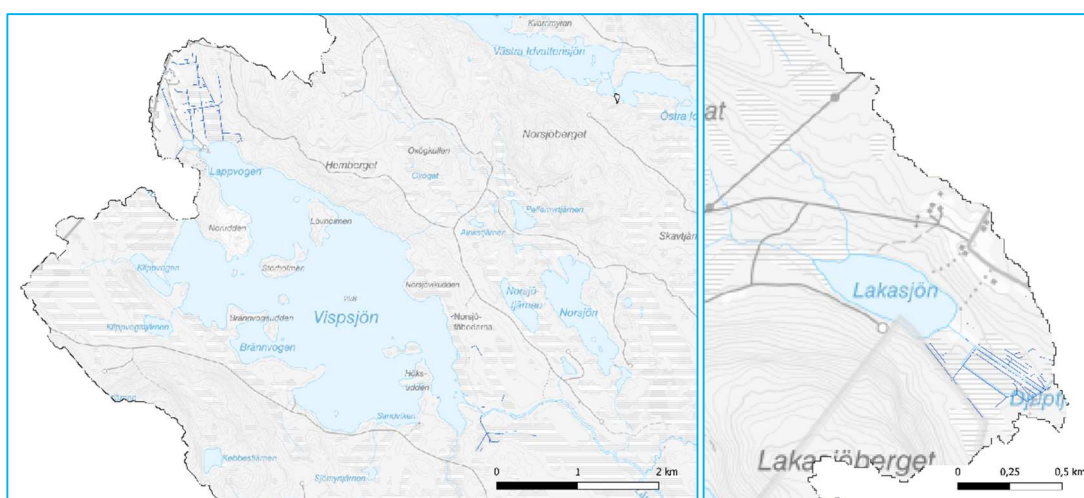
### 3.4. Dikning

Dikning av skogs- och myrmark kan öka transporten av fosfor och åtminstone inledningsvis öka mängden partiklar som tillförs sjöar. Dikningspåverkan inom Vispsjöns avrinningsområde har bedömts utifrån Skogsstyrelsens kartunderlag för diken, vilket baseras på maskininläring av karteringar i kombination med höjddata (Figur 7). Majoriteten av de identifierade diken i avrinningsområdet är vägdiken intill skogsbilvägar. Utifrån en jämförelse med flygfoton kan det konstateras att vägnätet är relativt oförändrat sedan åtminstone 2010. Viss påverkan i form av grumling kan dock även ske vid underhåll av befintliga vägdiken.

Inom två områden i avrinningsområdet har dikade myrar identifierats, ett område intill Vispsjön och ett område intill Lakasjön (Figur 8). Inte heller dessa dikningar bedöms inte ha tillkommit i närtid. För Lakasjön är en relativt stor andel av avrinningsområdet påverkat av dikning, men för Vispsjön bedöms dikningen både vara för gamla och av för liten omfattning för att de ska ha någon reell betydelse för sjöns vattenkvalitet.



Figur 7. Diken inom Vispsjöns avrinningsområde (källa Skogsstyrelsen).

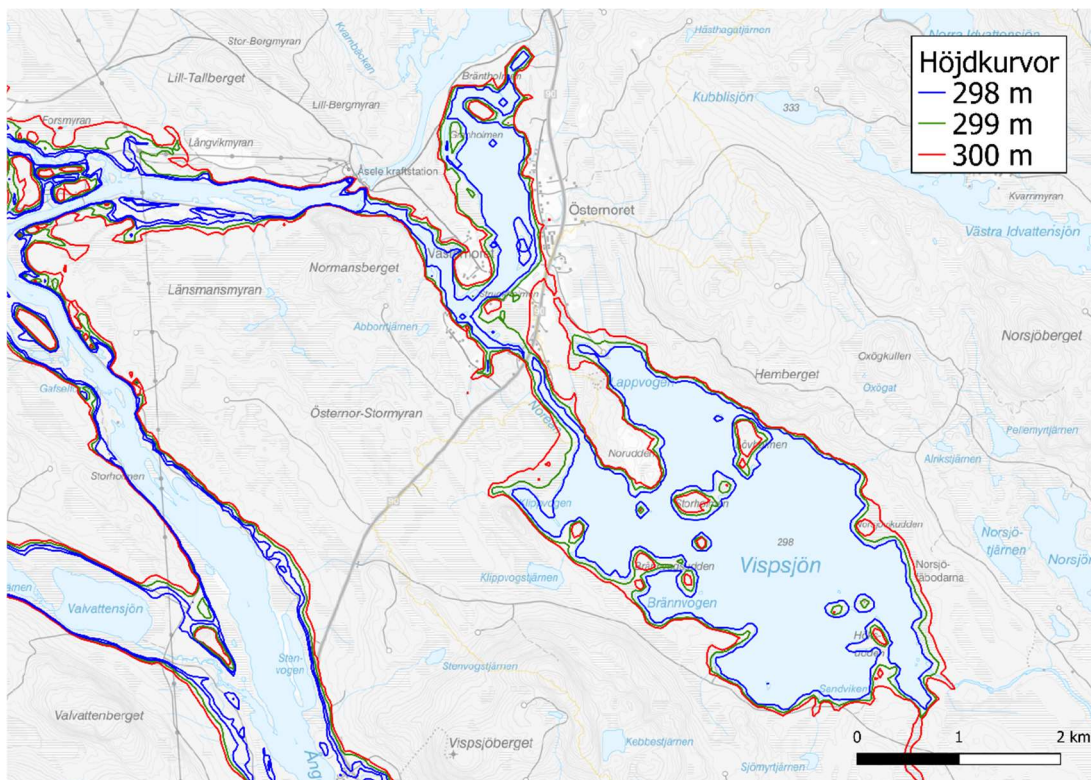


Figur 8. Identifierade dikade områden (blå linjer) inom Vispsjöns avrinningsområde. Vänster visar diken inom Vispsjöns näravrinningsområde, höger visar diken inom Lakasjöns avrinningsområde.



## 3.5. Dämning

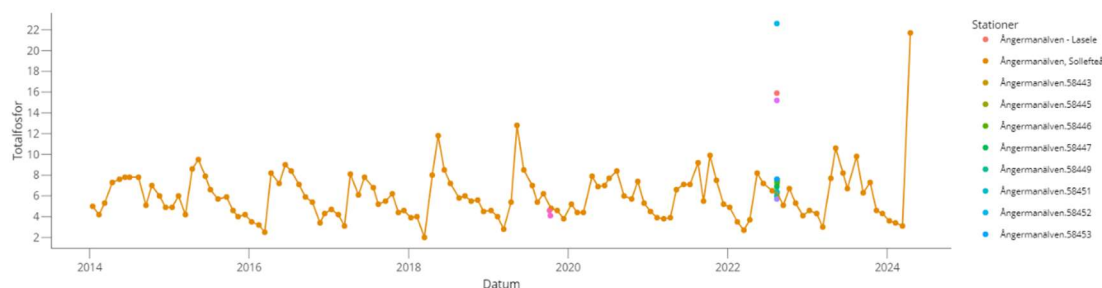
En teori kring Vispsjöns höga fosforhalt är att dämningseffekter i Ångermanälven kan orsaka inflöde av vatten från älven till sjön, vilket bland annat skulle kunna leda till att sedimenterat material resuspenderas. Utifrån höjdkurvor går det att konstatera att vattennivån i älven nedströms Åsele kraftstation i princip är densamma som Vispsjöns vattennivå (Figur 9). Vattennivån i älven varierar med varierande vattenföring och driften av kraftstationen. Vid tillfällen med höga vattennivåer i älven kombinerat med låg vattenföring inom Vispsjöns avrinningsområde är det därför sannolikt att ett visst vattenflöde sker från älven till sjön. Noreån som förbinder Vispsjön med älven är dock så pass bred att de vattenhastigheter som då skulle uppstå förmodligen är alltför små för att föra med sig betydande mängder botten sediment in till sjön.



Figur 9. Höjder kring Vispsjön, Noreån och Ångermanälven.

En eventuell dämning i Ångermanälven som leder till inflöde till Vispsjön skulle dessutom innebära att vatten med en lägre fosforhalt tillförs sjön.

Miljöövervakningsdata för Ångermanälven visar att totalfosforhalterna i de flesta fall är lägre än 10 µg/l (Figur 10). I enstaka prov har fosforhalter på upp till 23 µg/l mätts upp, men även de högsta halterna i älven är lägre än de halter som mätts upp i Vispsjön (28–38 µg/l).

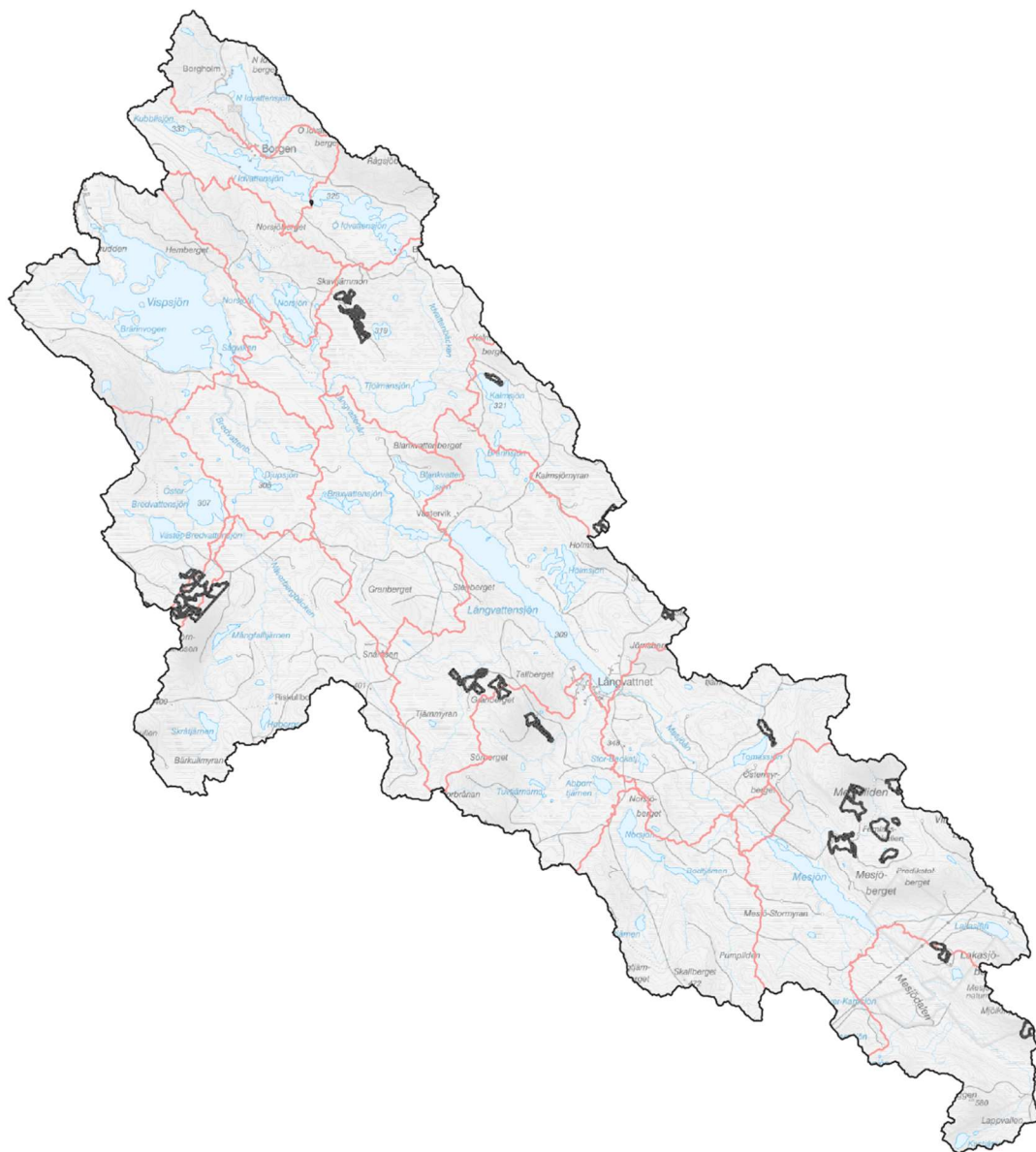


Figur 10. Fosforhalt i Ångermanälven från VILLEMINA till Sollefteå. För stationen Ångermanälven-Sollefteå finns en tidsserie med analysresultat, för övriga stationer finns enstaka analysresultat. Grafen har skapats med verktyget GAMM-vatten (<https://slu-vattenomiljo-gh.shinyapps.io/GAMMvatten>).

### 3.6. Andra möjliga källor

Andra potentiella punktkällor än enstaka enskilda avlopp har inte kunnat identifierats inom Vispsjöns avrinningsområde. I databaser över potentiellt förorenade områden och miljöfarlig verksamhet förekommer endast enstaka objekt inom avrinningsområdet, och inget av dessa bedöms innebära en ökad fosforbelastning på Vispsjön.

Inom Vispsjöns avrinningsområde har vissa skogsområden gödslats de senaste 20 åren (Figur 11). Vid normal skogsgödsling tillförs inte fosfor, utan gödslingen sker med ett medel som består av ammoniumnitrat, kalk och bor. Det kan dock inte uteslutas att något annat gödselmedel använts på vissa ytor (på vissa torvmarker begränsas trädens tillväxt främst av brist på näringsämnen fosfor och kalium). Även om viss fosforgödsling skett så talar omfattningen och lokaliseringen av de gödslade ytorna emot att skogsgödsling utgör en stor del av den ökade fosforbelastning på Vispsjön.



Figur 11. Gödslade skogsområden inom Vispsjöns avrinningsområde (källa Skogsstyrelsen). Rosa linjer avgränsar delavrinningsområden.

# 4. Källfördelningsanalyser och statistiska modeller

För att utreda orsakerna till Vispsjöns förhöjda fosforhalt redovisas och diskuteras nedan resultaten från olika typer av analyser. Dels redovisas resultaten från två olika källfördelningsanalyser, som både summerar belastningen från olika källor inom avrinningsområdet och tydliggör vilka delar av avrinningsområdet som bidrar med vilken belastning. Dels redovisas resultaten av statistiska modeller vars syfte är att visa den fosforhalt en sjö bör ha som opåverkad.

## 4.1. Källfördelningsanalys (HYPE)

### 4.1.1. Beskrivning

HYPE-modellen är en hydrologisk modell som utvecklats av SMHI med integrerade vattenkvalitetsvariabler, inklusive fosfor. I modellen beräknas vattenflöden och vattenkvalitet genom att simulera flöden och processer i markprofiler som ser olika ut för olika typer av markanvändning. Beräkningar av mängden vatten och ämnen i marken görs i olika tidssteg, och markavrinningen skapar sedan ytavrinning inom delavrinningsområden som senare rinner samman till större avrinningsområden.

HYPE-modellen använts bland annat till att beräkna och rapportera mängden näringsämnen som tillförs Östersjön från Sverige. Rapporteringen ingår i programmet Pollution Load Compilation (PLC) och är en del av det så kallade HELCOM-samarbetet.

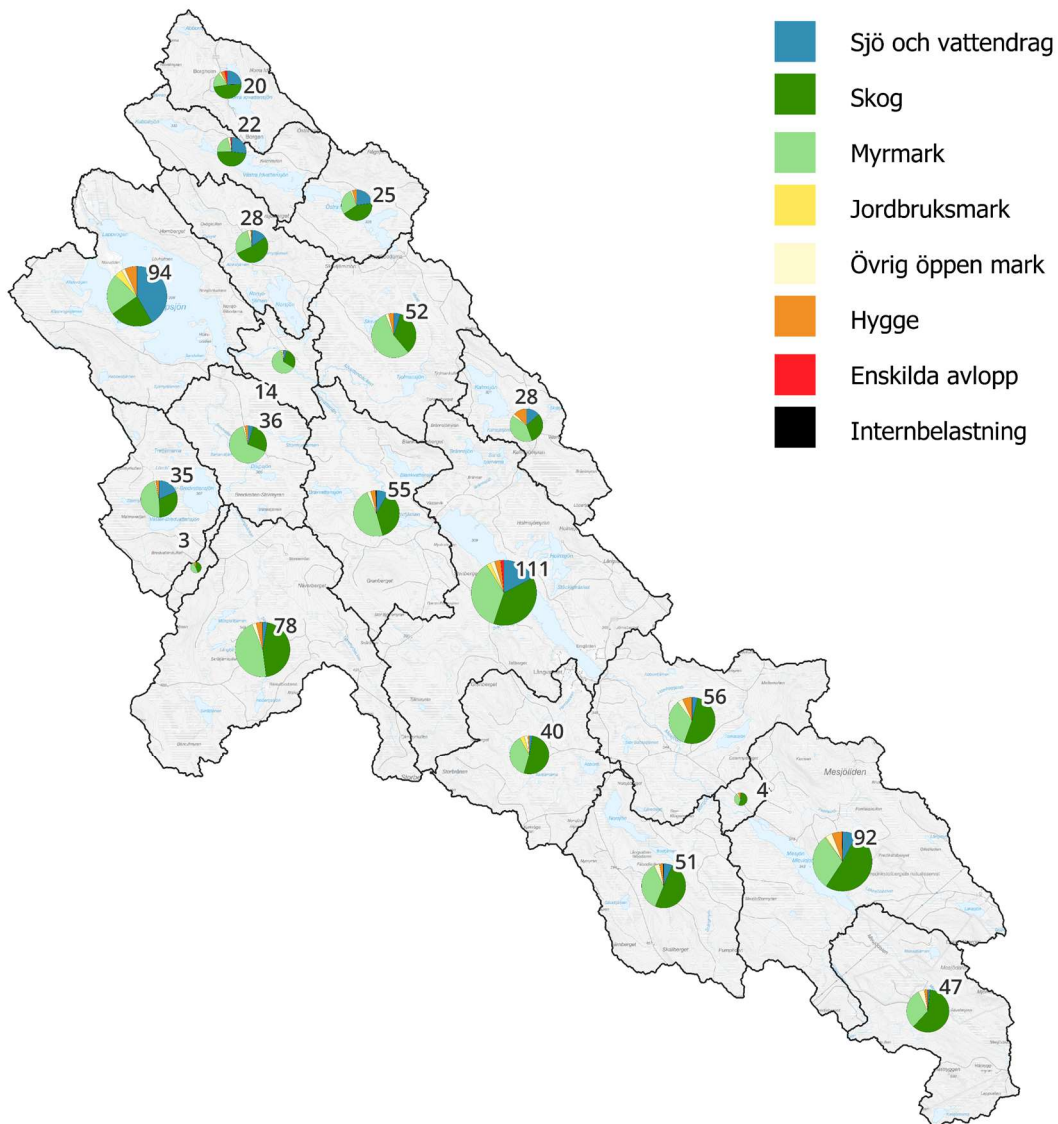
HYPE-modellen utgör även grunden för SMHI:s publika tjänst Vattenwebb, varifrån simuleringar av bland annat vattenföring och näringsämnestransporter kan laddas ner. I Vattenwebb presenteras även modellberäknade halter av näringsämnen samt källfördelning för näringsämnestillförsel.

### 4.1.2. Resultat

Modellresultat från HYPE-modellen visar en total fosforbelastning på 892 kg/år från de simulerade delavrinningsområdena uppströms Vispsjön (Figur 12). En betydande andel av denna fosfor antas dock försvinna under vattnets väg till Vispsjön (s.k. retention). Efter retention kvarstår en tillförsel till Vispsjön på 489 kg/år, varav 480 kg/år utgörs av bakgrundsbelastning.

För avrinningsområdet totalt kommer huvuddelen av belastningen från skogsmark (42%), myrmark (37%) respektive sjö och vattendrag (13%). Endast 4% av belastningen kommer från hyggen, varav mer än hälften anses utgöra bakgrundsbelastning. Belastningen från punktkällor och jordbruksmark inom avrinningsområdet har av modellen beräknats till försumbara mängder.

I kombination med beräknade flöden innebär den beräknade belastningen att Vispsjön borde ha en totalfosforhalt på 6,1 µg/l, det vill säga mindre än en femtedel av vad som faktiskt uppmätts. I kapitel 5 jämförs modellresultaten med uppmätta halter.



Figur 12. Fosforbelastning för respektive delavrinningsområde (kg/år) utifrån simulering med HYPE-modellen<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Data från SMHI Vattenwebb (<https://vattenwebb.smhi.se>) HYPE Modeluppsättning s.hype2022\_version\_2022a\_1.0.0, HYPE version 05\_25\_0, SVAR version 2022\_1\_1



## 4.2. Källfördelningsanalys (statisk)

### 4.2.1. Beskrivning

Källfördelningsanalyser med mindre komplexitet kan ibland ge en tydligare beskrivning av vilka källor som bidrar med till exempel fosfor, samt hur stort bidrag respektive källa står för. Nedan presenteras resultaten från en mindre komplex typ av källfördelningsanalys som kan beskrivas som statisk. Till skillnad från HYPE-modellen innehåller den statiska analysen inte någon tidsaspekt eller simuleringar av vattnets rörelser genom olika jordlager.

I den statiska källfördelningsanalysen summeras belastningen från olika typer av markanvändning med atmosfärisk deposition över sjöar, tillsammans med kända punktkällor som till exempel utsläpp av avloppsvatten. Den statiska källfördelningsanalysen utgår till stor del från samma underlag och i viss mån samma orsakssamband som HYPE-modellen. En fördel med att utföra båda typerna av analys är att eventuella modellspecifika avvikelser kan identifieras. Det skulle till exempel kunna vara avvikelser som beror på marksammansättningen som endast ingår i HYPE-modellen. Identifiering av eventuella avvikelser kan både bidra till att eventuella fel i underlagsmaterialet upptäcks men kan också skapa förståelse för hur enskilda faktorer påverkar den totala belastningen.

De indata som använts till källfördelningsanalysen redovisas i Tabell 1.

### 4.2.2. Resultat

Resultaten från den statiska källfördelningsanalysen visar en total fosforbelastning inom Vispsjöns avrinningsområde på 908 kg/år (Figur 13). Omräknat till fosforhalt för Vispsjön skulle detta innebära 11 $\mu$ g/l<sup>7</sup>. Den statiska källfördelningsanalysen tar till skillnad från HYPE-modellen inte hänsyn till den retention av fosfor som sker under vattnets väg till Vispsjön. Vid en jämförelse med resultaten från HYPE-modellen innan retention är dock de beräknade (brutto)belastningarna i princip lika stora (892 kg/år resp. 908 kg/år). Båda typerna av källfördelningsanalyser uppvisar också liknande mönster i fråga om belastning från olika delavrinningsområden och från olika typer av källor (Figur 12–13).

---

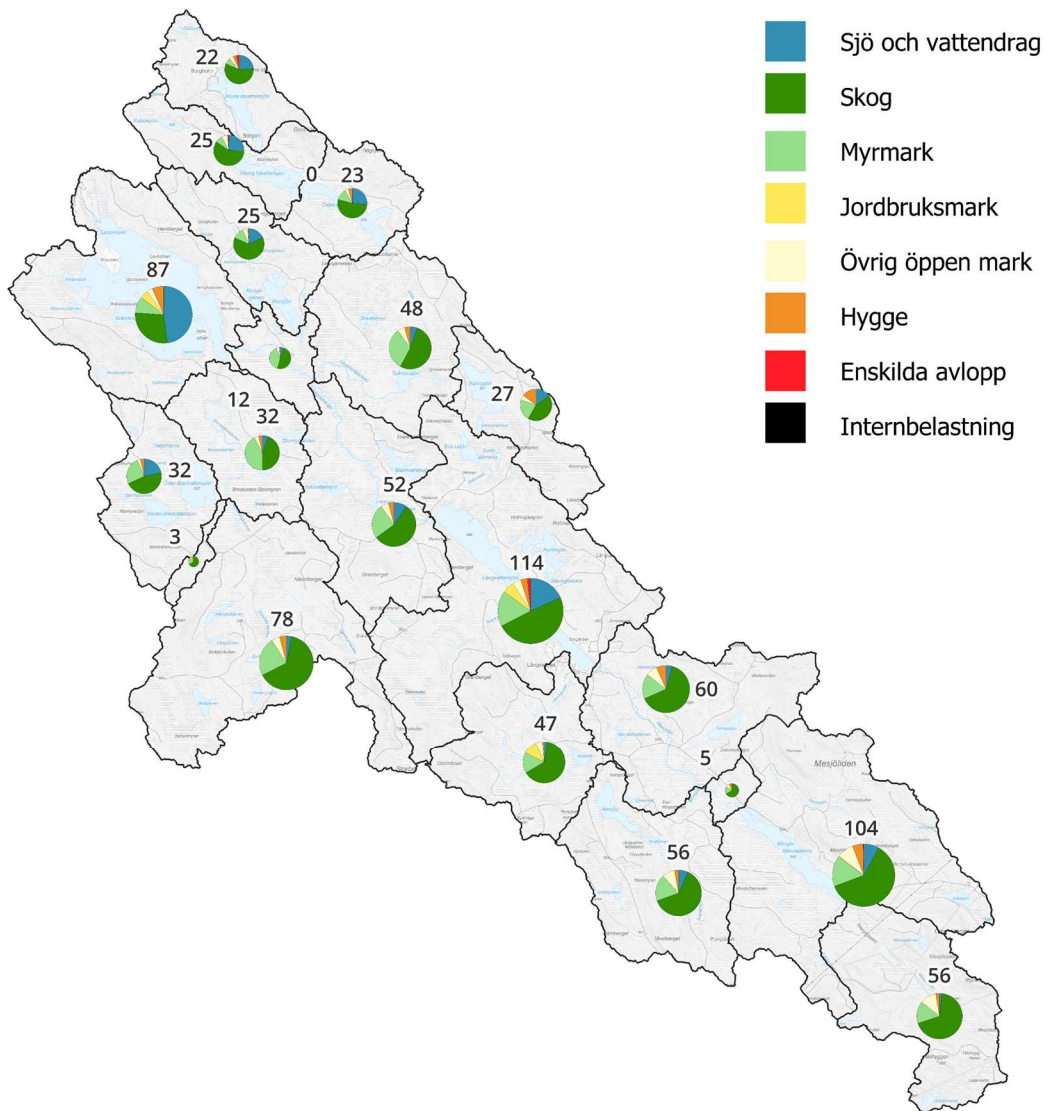
<sup>7</sup> Belastning dividerat med medelvattenföring från HYPE-modellen



Tabell 1. Indata till källfördelningsanalysen

Indata	Schablonvärde	Referens
Markanvändning		Data från SMHI Vattenwebb ( <a href="https://vattenwebb.smhi.se">https://vattenwebb.smhi.se</a> ) HYPE Modelsetup version s-hype2022_version_2022a_1.0.0 HYPE version 05_25_0 Avrinningsområden SVAR version 2022_1_1
Specifik avrinning		Data från SMHI Vattenwebb ( <a href="https://vattenwebb.smhi.se">https://vattenwebb.smhi.se</a> ) HYPE Modelsetup version s-hype2022_version_2022a_1.0.0 HYPE version 5_25_0 Avrinningsområden SVAR version 2022_1_1
Punktkällor	6,5 kg/km <sup>2</sup> /år	Data från SMHI Vattenwebb ( <a href="https://vattenwebb.smhi.se">https://vattenwebb.smhi.se</a> ) HYPE Modelsetup version s-hype2022_version_2022a_1.0.0 HYPE version 5_25_0 Avrinningsområden SVAR version 2022_1_1
Skogsmark	37,2-10,7*log <sub>10</sub> (höjd) µg/l	Hansson m.fl. (2019) Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017. Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20
Hygge	1,3 x skogsmark	Hansson m.fl. (2019) Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017. Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20
Myrmark	37,2-10,7*log <sub>10</sub> (höjd) µg/l	Hansson m.fl. (2019) Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017. Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20
Öppen mark	24 µg/l	Hansson m.fl. (2019) Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2017. Sveriges underlag till HELCOM:s sjunde Pollution Load Compilation. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019:20
Deposition på sjöar	6,5 kg/km <sup>2</sup> /år	Karlsson m.fl. (2021) Deposition av fosfor till skog och öppen mark i Sverige, SMED Rapport Nr 25
Jordbruksmark	170 µg/l	Johnsson m.fl. (2024) Läckage av näringsämnen från svensk åkermark 1995–2019 - Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för åren 1995, 2005, 2013 och 2019 med NLeCCS 6.0 metodik. Sveriges lantbruksuniversitet, Ekohydrologi 185.

Av den årliga bruttobelastningen på 908 kg fosfor kommer 670 kg från skogsmark eller myrmark, 125 kg från deposition över sjöar och 39 kg från hyggen. Om hyggena inte avverkats skulle belastningen från dessa ytor (beräknat som skogsmark) uppgå till 30 kg, vilket kan betraktas som bakgrundsbelastning. Den årliga antropogena belastningen inom avrinningsområdet är dels de 9 kg som hyggena bidrar med utöver bakgrundsbelastning, dels 17 kg från jordbruksmark samt 3 kg från enskilda avlopp. Den totala antropogena belastningen utgör således endast ca 3% av den totala belastningen.



Figur 13. Fosforbelastning för respektive delavrinningsområde (kg/år) utifrån en statistisk källfördelningsanalys.

## 4.3. Naturlig fosforhalt baserat på statistisk modellering

Genom modeller som nyttjar kända statistiska samband kan sjöars naturliga halt av fosfor beräknas, det vill säga den fosforhalt som en sjö skulle ha haft om den inte vore påverkad av mänsklig aktivitet. I denna förstudie har naturliga halter beräknats för att utreda storleksordningen för den mänskliga påverkan på Vispsjön. De statistiskt beräknade naturliga halterna är i huvudsak oberoende av vad som är känt om avrinningsområdet och fungerar därför som ett bra komplement till källfördelningsanalyserna.

De statistiska modeller som redovisas nedan har utvecklats för att bedöma sjöars ekologiska status. Vid bedömning av ekologisk status jämförs en uppmätt halt med en beräknad naturlig halt (referenshalt). Utifrån hur mycket den uppmätta halten avviker från den beräknade naturliga halten bedöms statusen som antingen hög,

god, måttlig, otillfredsställande eller dålig. För god ekologisk status tillåts den uppmätta halten vara maximalt två gånger så hög som den beräknade naturliga halten.

De statistiska modellerna bygger på samband som visats genom regressionsanalyser mellan fosfor och andra omvärldsfaktorer. För de statistiska modeller som redovisas nedan ingår dels en geografisk variabel i form av altitud, där ökande altitud innebär lägre naturlig fosforhalt. Dessutom inkluderas vattenkemiska variabler som antas förbli relativt oförändrade vid ökad belastning, men som i opåverkade sjöar har en naturlig samvariation med fosfor (t.ex. vattenfärg, baskatjoner och grumlighet – grumlighet kan dock påverkas av skogsbruksåtgärder).

### 4.3.1. Bedömningsgrunder nuvarande statusklassning

De bedömningsgrunder som användes vid den senaste klassificering av ekologisk status anger att den naturliga fosforhalten ska beräknas utifrån en modell som bygger på vattenfärg (absorbans), grumlighet (turbiditet) och altitud<sup>8</sup>:

$$(1) \log_{10}(ref-P) = 1,425 + 0,162 \times \log_{10}AbsF + 0,482 \times \log_{10}Turb - 0,128 \times \log_{10}Alt$$

ref-P = referensvärde (tot-P µg/l)

AbsF = filtrerad absorbans vid 420 nm i 5 cm kuvett

Turb= turbiditet i FNU

Alt = sjöns höjd över havet (m)

För äldre data som saknar turbiditetsmätningar eller om det kan misstänkas att turbiditeten påverkas påtagligt av mänsklig aktivitet används i stället formeln:

$$(2) \log_{10}(ref-P) = 1,76 + 0,338 \times \log_{10}AbsF - 0,213 \times \log_{10}Alt$$

Den naturliga fosforhalten i Vispsjön har utifrån formel (1) beräknats till 20 µg/l. Används den förenklade formeln (2) blir den beräknade naturliga fosforhalten i stället 8,7 µg/l. Skillnaden i utfall är ett resultat av hög turbiditet i Vispsjön.

### 4.3.2. Bedömningsgrunder kommande statusklassning

Inför kommande klassificeringar av ekologisk status har nya bedömningsgrunder tagits fram där fosforhalten ska beräknas utifrån en modell som bygger på sjöns medeldjup, vattenfärg (absorbans), sulfathalt, magnesiumhalt och andel sankmark i avrinningsområdet<sup>9</sup>:

$$(3) \log_{10}(ref-P) = 2,058 - 0,395 \times \log_{10}Medeldjup + 0,335 \times \log_{10}AbsF - 0,399 \times \log_{10}SO4 + 0,7822 \times \log_{10}Mg - 0,152 \times \log_{10}Sankmark$$

ref-P = referensvärde (tot-P µg/l)

Medeldjup = medeldjup i meter

AbsF = filtrerad absorbans vid 420 nm i 5 cm kuvett

SO4 = sulfathalten i mekv/l (m)

Mg = sulfathalten i mekv/l (m)

Sankmark = andel sankmark i avrinningsområdet i % + 1

---

<sup>8</sup> Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2018:17) om ändring i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter (HVMFS 2013:19) om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten

<sup>9</sup> Fölster m.fl. 2021. Förslag till bedömningsgrunder för näringsämnen i sjöar och vattendrag. Underlagsrapport, SLU, Vatten och miljö. Rapport 2021:15 (Version 1.1)

Om data för sulfathalt saknas eller om höga sulfathalter misstänks bero på andra faktorer än gyttejordar i avrinningsområdet används en alternativ formel:

$$(4) \log_{10}(ref-P) = 1,934 - 0,381 \times \log_{10}Medeldjup + 0,287 \times \log_{10}AbsF + 0,444 \times \log_{10}Mg$$

Den naturliga fosforhalten i Vispsjön har utifrån formel (3) beräknats till 7,9 µg/l.

# 5. Jämförelser av modellerade och uppmätta halter

## 5.1. Jämförelse med källfördelningsanalyser

Vispsjöns fosforhalt har analyserats vid tre tillfällen (2019–2021, i samtliga fall under oktober). De uppmätta totalfosforhalterna är betydligt högre än vad som beräknats genom källfördelningsanalyser (28–38 µg/l jämfört med 6–11 µg/l). Även för flera andra sjöar inom Vispsjöns avrinningsområde är de uppmätta totalfosforhalterna betydligt högre (Kalmsjön, Långvattensjön och Mesjön; Tabell 2).

Tabell 2. Modellerade och uppmätta totalfosforhalter i sjöar inom Vispsjöns avrinningsområde (µg/l)

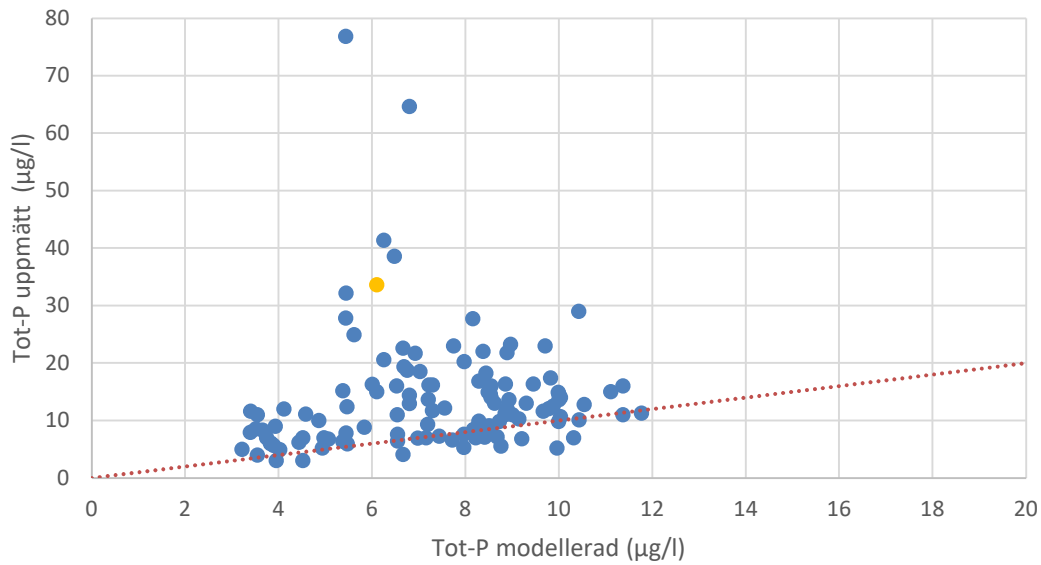
Sjö	Källfördelning (HYPE)	Källfördelning (statisk)	Referensvärde, nuvarande statusklassning <sup>1</sup>	Referensvärde, kommande statusklassning <sup>2</sup>	Uppmätt halt, medelvärde
Kalmsjön	5	12	16 (9)	14	32 (n=4)
Långvattensjön	7	11	12 (10)	9	19 (n=3)
Mesjön	7	10	11 (10)	11	13 (n=4)
Norra Idvattensjön	4	12	7 (7)	6	5 (n=1)
Vispsjön	6	11	20 (9)	8	34 (n=3)
Västra Idvattensjön	4	12	6 (6)	6	6 (n=2)
Östra Bredvattensjön	5	12	12 (9)	10	12 (n=1)

<sup>1</sup> Värdet inom parentes har beräknats utifrån den förenklade modellen utan turbiditet (formel 2).

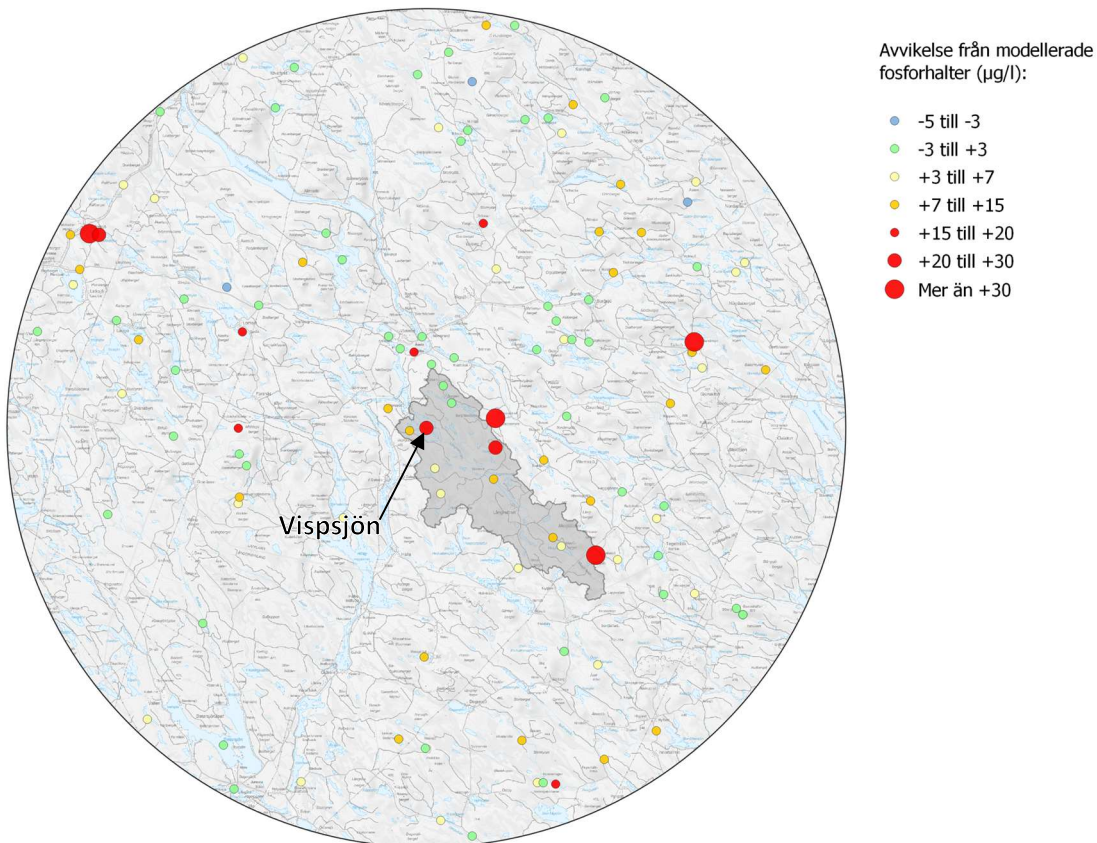
<sup>2</sup> För Vispsjön har beräkningar gjorts utifrån uppmätt medeldjup, för övriga sjöar har beräkningar gjorts utifrån modellerade medeldjup.

Utifrån Tabell 2 är det tydligt att de halter som beräknats med hjälp av HYPE-modellen är betydligt lägre än de som beräknats med hjälp av den statistiska källfördelningsanalysen. Detta kan dock förklaras av att den statistiska analysen inte tar hänsyn till att en del av fosfor fastläggs uppströms i avrinningsområdena. Jämförs i stället bruttobelastning visar de båda typerna av källfördelningsanalys samstämmiga resultat (se avsnitt 4.2.2).

Avvikelsen mellan uppmätta och HYPE-modellerade fosforhalter är inte unik för Vispsjöns avrinningsområde. Vid en jämförelse av sjöar och vattendrag inom en radie av 50 km från Vispsjön är de uppmätta halterna i genomsnitt ungefär dubbelt så höga som de modellerade (14 µg/l jämfört med 7,3 µg/l; Figur 14). I 37 av 118 fall är avvikelsen större än 7 µg/l (Figur 15). Resultaten tyder på att HYPE-modellen underskattar fosforhalterna och talar till viss del även för att de uppmätta halterna i Vispsjön inte beror på någon tidigare okänd källa.



Figur 14. Avvikelse för uppmätta totalfosforhalter från HYPE-modellerade totalfosforhalter i sjöar och vattendrag inom 50 km från Vispsjön. Röd streckad linje anger förhållandet 1:1. Vispsjön har markerats med gul färg.



Figur 15. Avvikelse för uppmätta totalfosforhalter från HYPE-modellerade totalfosforhalter i sjöar och vattendrag inom 50 km från Vispsjön.

En del av de större avvikelserna i Figur 15 skulle kunna bero på lokala förhållanden som inte fångats upp i HYPE-modellen. I Tabell 3 redovisas platsspecifika



förhållanden sjöar och vattendrag med höga totalfosforhalter (>25 µg/l) inom 50 km från Vispsjön. För majoriteten av dessa kan de höga halterna förklaras utifrån förhållanden som endast delvis fångats upp i källfördelningsanalyserna.

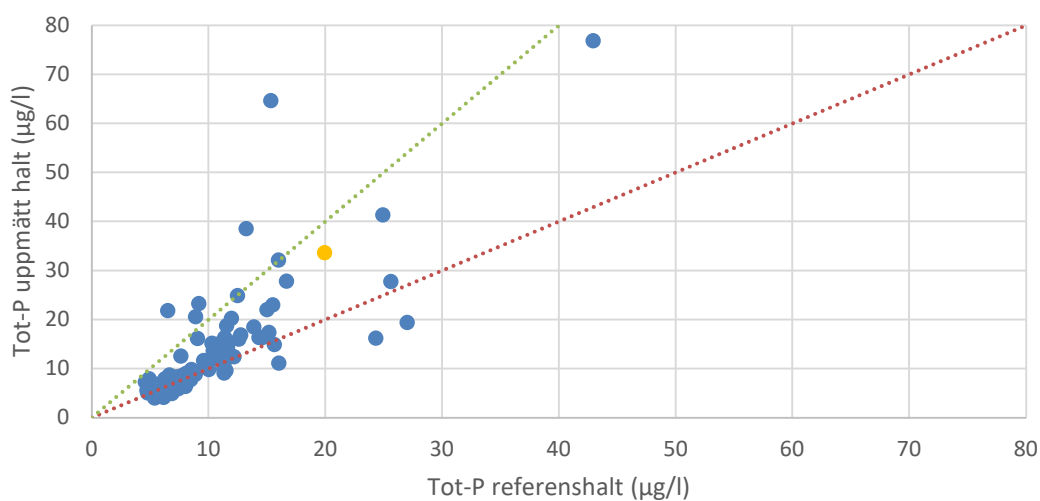
Tabell 3. Sjöar och vattendrag inom 50 km från Vispsjön med höga eller mycket höga totalfosforhalter

Sjö/vattendrag	Totalfosforhalt, µg/l (min,max,n)	Lokala förhållanden
Baksjön (avvattnas mot Mårdsjön)	77 (41,110,5)	Mycket liten sjö med litet avrinningsområde där det finns bebyggelse och brukad jordbruksmark i direkt anslutning till sjön. På ortofoton kan algblomning identifieras. Analysresultaten visar att stark grumlighet (20 FNU). Den sjönära jordbruksmarken bedöms kunna förklara de höga fosforhalterna.
Lakasjön	65 (36, 121,4)	Mycket liten sjö med litet avrinningsområde där det finns bebyggelse och brukad jordbruksmark i nära anslutning till sjön. På ortofoton från 2015 kan algblomning identifieras. Analysresultaten visar måttlig grumlighet (2,4 FNU, d.v.s. på gränsen till betydlig). Den sjönära jordbruksmarken bedöms kunna förklara de höga fosforhalterna.
Kärringträsket	41 (40,43,2)	Sjö med relativt stor medelvattenföring (ca 0,3 m <sup>3</sup> /s) men med sjönära jordbruksmark, förmodligen djurhållning och ett antal enskilda avlopp. Dessa källor bedöms som en rimlig förklaring till de uppmätta fosforhalterna. På flygfoton syns algblomning 2015 och 2019. Analysresultaten visar betydlig grumlighet (6,0 FNU).
Mossavattnet	39 (35,42,2)	Liten sjö högt upp i systemet som avvattnar myr- och skogsmark. Några få hus och en del hagmark runt sjön, men den relativt stora medelvattenföringen (ca 0,1 m <sup>3</sup> /s) talar mot att dessa punktkällor ensamt är vara orsaken till de höga fosforhalterna. Analysresultaten visar måttlig grumlighet (1,7 FNU).
Kalmsjön	32 (29,39,4)	Liten sjö med litet avrinningsområde som saknar bebyggelse och jordbruksmark. Relativt stora och strandnära områden har avverkats under de senaste åren, vilket är en tänkbar förklaring till den förhöjda fosforhalten. Fosforhalten har i princip inte förändrats 2010–2023 vilket talar för en kontinuerlig påverkan. Analysresultaten visar betydlig grumlighet (2,9 FNU).
Stor-Pengsjön	29(29,29,1)	Opåverkad sjö i orört myrkomplex som ingår i Natura 2000-område. Relativt lite avverkning har skett i avrinningsområdet. Någon rimlig förklaring till den höga fosforhalten har inte kunnat identifieras, dock har endast ett vattenprov har analyserats. Turbiditet har inte analyserats.
Mårdsjön	28 (22,32,5)	Sjö med relativt stor medelvattenföring (ca 0,6 m <sup>3</sup> /s) men med sjönära jordbruksmark uppströms, såväl kring Baksjön som Ullsjön. Den sjönära jordbruksmarken bedöms åtminstone delvis kunna förklara de höga fosforhalterna. Analysresultaten visar betydlig grumlighet (2,9 FNU).
Rovtjärnarna	28 (26,29,3)	Mycket liten tjärn med litet avrinningsområde som saknar kända påverkanskällor. Tjärnen har provtagits 2009, 2015 och 2021 med liknande resultat. Någon rimlig förklaring till den höga fosforhalten har inte kunnat identifieras. Turbiditet har inte analyserats.

## 5.2. Jämförelse med referenshalter

Som framgår av Tabell 2 varierar de beräknade referenshalterna mycket beroende på modell. De bedömningsgrunder som ska användas i kommande statusklassning har utvecklats med fokus på jordbrukslandskapet<sup>10</sup>. Den en konsekvens av detta har turbiditeten strukits som förklaringsvariabel, eftersom turbiditet framför allt kan förklara fosforhalterna i myrsjöar i Norrlands inland. De tidigare bedömningsgrunderna som inkluderar turbiditet kan därför vara mer lämpade för att bedöma vad som är en naturlig halt i Vispsjön, även om skogsbrukets potentiella påverkan på turbiditeten innebär en möjlig felkälla.

Referenshalter av fosfor som beräknat med hjälp av bedömningsgrunderna som inkluderar turbiditet bedöms utifrån den generella påverkansbilden för sjöar inom 50 km från Vispsjön stämmer relativt bra överens med de uppmätta fosforhalterna (Figur 16). Majoriteten av de uppmätta fosforhalterna uppvisar då förhållanden nära ett referenstillstånd, medan några sjöar uppvisar tecken på näringspåverkan. Vid en bedömning av sjöarnas status utifrån denna modell är det endast ett fåtal som inte uppfyller kvalitetskraven för god ekologisk status. Vispsjön ekologiska status bedöms utifrån dessa bedömningsgrunder som god, även om avvikelser från jämförvärdet visar på viss näringspåvekan.



Figur 16. Samband mellan beräknat referensvärde (opåverkat tillstånd) och uppmätt halt av totalfosfor i sjöar inom 50 km från Vispsjön. Referensvärdet har beräknats med den modell som inkluderar turbiditet (HVMFS 2018:17). Röd streckad linje anger förhållandet 1:1, grön streckad linje anger gränsen för god ekologisk status (sjöar under strecket uppfyller kvalitetskraven för god ekologisk status). Vispsjön har markerats med gul färg.

<sup>10</sup> Fölster m.fl. 2021. Förslag till bedömningsgrunder för näringsämnen i sjöar och vattendrag. Underlagsrapport, SLU, Vatten och miljö. Rapport 2021:15 (Version 1.1)

# 6. Slutsatser

## 6.1. Slutsatser av förstudien

Utifrån den genomförda förstudien dras följande slutsatser:

- Fosforhalterna i Vispsjön är förmodligen förhöjda, men inte så mycket som tidigare antagits. Beräkningar som utförs i förstudien tyder på att Vispsjön kan uppfylla kvalitetskraven för god ekologisk status.
- Resultaten från de provtagningar som utförts inom Vispsjöns avrinningsområde tyder på att en stor del av belastningen kommer från Vispsjöns näravrinningsområde, såväl för totalfosfor som för turbiditet.
- Förstudien har belyst osäkerheter i källfördelningsanalyser och statistiska modeller. Vissa modeller är utvecklade för större avrinningsområden och andra för områden med stor andel jordbruksmark.
- Markavvattning eller dämning bedöms inte ge upphov till betydande påverkan på Vispsjöns vattenkvalitet.
- Historisk belastning som orsakar förhöjd fosforhalt genom så kallad internbelastning har inte kunnat påvisas. Det kan dock inte uteslutas att Vispsjön är påverkad av internbelastning.
- Strandnära avverkningar intill Vispsjön är en möjligt förklaring till de förhöjda fosforhalterna.
- Algblomningen i Vispsjön behöver inte nödvändigtvis vara ett tecken på övergödning. Algblomning kan förekomma i sjöar med lägre fosforhalt än den som mätts upp i Vispsjön, speciellt vid varmt och stabilt väder.

## 6.2. Förslag på utredningar och åtgärder

Resultaten från förstudien visar att ytterligare provtagning av vattenkvaliteten är nödvändig för att förstå varför Vispsjöns fosforhalt är förhöjd.

Förslagsvis genomförs vattenprovtagningar i Vispsjön och dess tillflöden under två år. Provtagning av tillrinnande vatten bör åtminstone ske i en omfattning som möjliggör slutsatser kring huruvida fosfor tillförs från Bredvattenbäcken, Långvattenbäcken eller Idvattenbäcken, alternativt om fosfor i huvudsak härrör från Vispsjöns näravrinningsområde (vilket förstudien tyder på). Det är önskvärt att några av de mindre bäckar som mynnar i Vispsjön inkluderas i provtagningen. Tillrinnande vatten bör provtas med en relativt hög frekvens, förslagsvis varannan månad. För tillrinnande vatten bör flera stationer prioriteras framför provtagning i kombination med flödesmätning.

Utöver vattenprovtagning föreslås även provtagning för att klargöra om Vispsjön är påverkad av internbelastning. Dels föreslås att sedimentproppar tas från minst tre olika djupområden i sjön, och att dessa analyseras med avseende på fosforfraktioner vid olika sedimentdjup. Dessutom föreslås att syrgashalten mäts vid olika djup i samband med vattenkemisk provtagning.

Resultaten från en den föreslagna provtagningen bedöms kunna användas för att utvärdera åtgärdsbehovet för Vispsjön samt som underlag för eventuell åtgärdsplanering. Utifrån vad som framkommit i förstudien är det möjligt att extra försiktighetsmått vid sjönära skogsbruksåtgärder kan bidra till en förbättrad vattenkvalitet i Vispsjön.