

RAPPORT

Umeå Kommun, Stadsledningskontoret

Kartläggning och utvärdering av närsaltstillflöde till Nydalasjön

2006-12-05

Upprättad av: Matthias Grimm

Granskad av: Göran Bergström, Britta Bristav

Godkänd av: Göran Bergström, Britta Bristav

Matthias Grimm



RAPPORT

10061623

Umeå Kommun, Stadsledningskontoret

Kartläggning och utvärdering av närsaltstillflöde till Nydalasjön

2006-12-05

Kund

Umeå Kommun
Doris Grellmann
Stadsledningskontoret
901 84 Umeå

Konsult

WSP Samhällsbyggnad
Box 502
SE-901 10 Umeå
Besök: Storgatan 59
Tel: +46-90-70 31 00
Fax: +46-90-14 29 02
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
www.wspgroup.se

Kontaktpersoner

Göran Bergström (Uppdragsansvarig)
Matthias Grimm (Handläggande ingenjör)
Britta Bristav (Handläggande ingenjör)

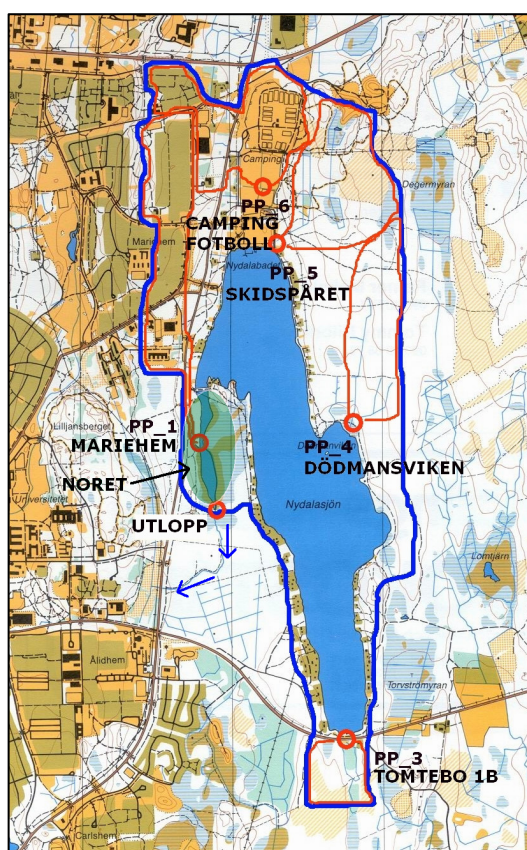
Sammanfattning

Nydalasjön (Tavlesjön) ligger Umeås norra del och anses värdefull bland annat för rekreatiönsändamål. Sjön är unik i kommunen genom att den både är förhållandevis stor (3 km lång) och grund (medeldjup ca 3 m). I översiktsplanen fastställs området runt Nydalasjön som ett prioriterat område för kommande bebyggelse där skilda markintressen naturvård, rekreation och boende bör kunna förenas.

Umeå kommun, stadsledningskontoret, har gett WSP i uppdrag att kartlägga tillflöden av närsalter (fosfor) och hur detta påverkar sjön. En hög näringshalt, framför allt fosfor, ökar risken för bland annat algblomning vilket skulle göra det mindre attraktivt att nyttja sjön för bad och fiske. Utöver kartläggningen av tillflöden har sambandet mellan tillflöden och fosforhalter i sjön studerats i syfte att kunna förutsäga förändringar i fosforhalten till följd av påverkan vid eventuellt kommande bebyggelse.

Inledningsvis avgränsades de ytor varifrån vatten rinner till Nydalasjön. Vattnet tillförs sjön främst som ytvatten, via diken och bäckar. En mindre del utgörs av grundvatten som strömmar ut i sjön under vattenytan. Sjöns utlopp går via Kolbäcken till Umeälven. Vattnet i sjön omsätts långsamt och hela vattenvolymen byts först efter drygt två år.

De områden som svarar för tillrinningen till Nydalasjön har delats in i fem delområden.



PP 1 avvattnar bebyggelsen vid Mariehem.

Vatten som leds till sjön via denna punkt antas rinna i princip direkt vidare till utloppet Kolbäcken och blandas inte med sjöns övriga vatten.

PP 3 avvattnar området vid sjöns sydspets.

PP 4 avvattnar skogsområden öster om sjön.

PP 5 avvattnar områden vid elljusspår i skogen

PP 6 avvattnar områden vid camping och bollplanerna.

Dessutom tillförs sjön vatten och näringsämnen med regn och snö.

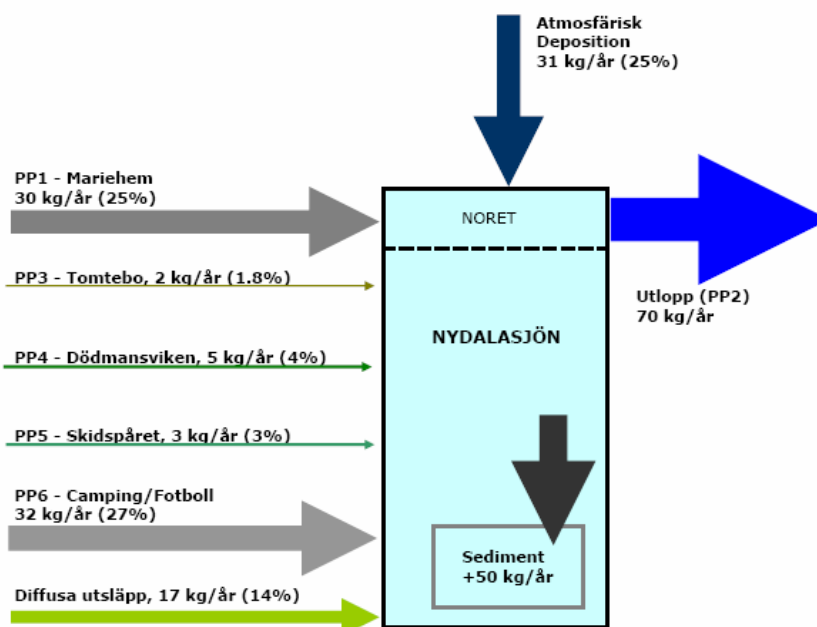
Grundvatten som strömmar in till sjön tillför vatten som är fritt från näringsämnen (fosfor), eftersom fosfor läggs fast i jorden.

Provtagning av dagvatten har gjorts vid 21 tillfällen under perioden maj 2005 – augusti 2006. Under samma tid har prov på sjövattnet tagits ut för analys vid nio tillfällen.

Vattnet har analyserats på innehållet av fosfor, då detta näringsämne anses vara begränsande för tillväxt av alger och plankton.

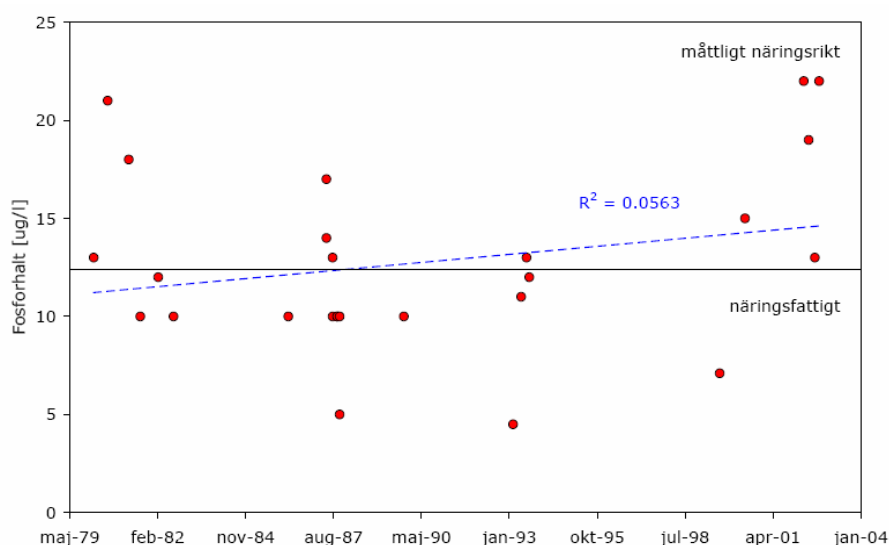
Prov av olika skikt av sjöns sediment har analyserats av Umeå Universitet på algplankton (kiselalger) för att bedöma vattnets forna fosfornivå. Dessutom har fosforhalten i sedimentet analyserats.

Resultat av undersökningen visar att flödet av fosfor till sjön varierar kraftigt beroende på varifrån dagvattnet kommer. Nydalasjön tillförs ca 120 kg fosfor årligen. Av dessa läggs cirka 50 kg fast bottensedimenten. 70 kg fosfor transporteras årligen ut via utloppet.



Störst tillförsel av fosfor till sjön kommer med nederbörd, med dagvatten från området vid campingen och bollplanerna samt med dagvatten från bostadsområdet Mariehem.

Mätningar av fosfor i vattenmassan visar att halterna av fosfor inte visar någon tydligt ökande trend sedan mätningarna påbörjades under 1980-talet. Vidare kunde konstateras att det finns en stor naturlig variation av fosforhalten, både mellan åren och under en och samma säsong. Den genomsnittliga fosforhalten under de 25 år som mätningar har gjorts har uppgått till 13 µg/l.





Genom analys av kiselalger i bottensedimentet kan man se att sjön hade en fosforhalt av 6 µg/l innan jordbruksepoken tog sin början.

Den ökade fosfortillförseln antas medföra en ökad alg tillväxt samt sannolikt även en ökad utbredning av vass och andra sjöväxter. Kartläggning av alger i vattenmassan visar att arter som trivs i vatten med medelhög fosforhalt finns i stor utsträckning. Sjön klassas idag som måttligt näringsrik.

Med en fortsatt ökad fosfortillförsel riskerar sjön att ändra karaktär från måttligt näringsrik till näringsrik. Om det sker kan det leda till algblomning, vilket i sin tur även riskerar att frigöra den fosfor som redan finns bunden i bottensedimenten. Processen mot ett näringsrikt tillstånd kommer därmed att accelerera.

I ett första steg är därmed målet att inte öka fosfortillförseln till sjön. Fortsatt mätning av sjöns vattenkvalitet får sedan ligga till grund för bedömning om denna målsättning är tillräcklig för att behålla sjöns goda vattenkvalitet. Förblir situationen som den är idag, är det ett positivt tecken. Om situationen förvärras måste åtgärder vidtas.

Vid fortsatt exploatering runt Nydalasjön måste hänsyn tas till dagvattnets föroreningsinnehåll, framförallt med avseende på näringsämnen och då särskilt fosfor. Så har redan skett för området Mariestrand där en dagvattendamm har byggts, i syfte att rena vattnet från fosfor. Eftersom all rening inte är fullständig kan det förutom rening av dagvatten från tillkommande ytor som exploateras bli aktuellt att rena vatten från befintliga utsläpp.

De föreslagna åtgärderna bör genomföras i samverkan mellan de som släpper ut dagvatten i Nydalasjön eller nyttjar sjön på annat sätt.



Innehåll

KUND	2
KONSULT	2
KONTAKTPERSONER	2
SAMMANFATTNING	3
1 BAKGRUND	8
1.1 Uppdraget	8
1.2 Organisation	8
1.3 Nydalaområdet	9
1.4 Nydalasjön	10
1.5 Topografiska, geologiska och hydrologiska förhållanden	10
1.6 Tidigare undersökningar	10
1.7 Syfte	12
2 ALGBLOMNING, NÄRSALTER OCH NYDALASJÖN	13
2.1 Algblooming	13
2.2 Näringsämnen	14
2.3 Eutrofiering och Nydalasjön	15
3 GENOMFÖRANDE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR	16
3.1 Tillvägagångssätt	16
3.2 Genomförande vid provtagning av yt- och dagvatten	16
3.3 Genomförande vid provtagning av sjövattnet	18
3.4 Förutsättningar för beräkningsmodellen (fosfortransport)	19
3.5 Övriga förutsättningar	21
4 RESULTAT	24
4.1 Vattenbalansen	24
4.2 Fosfortransport	24
4.3 Fosforkoncentrationen i Nydalasjön	27
4.4 Algbiomassan i Nydalasjön 2005-2006	28
4.5 Rekonstruktion av fosforhalt i Nydalasjön (genom kiselalger i sediment)	28
5 RISKBEDÖMNING	31
6 SLUTSATSER	35
7 FÖRSLAG TILL FRAMTIDSSTRATEGI	37
7.1 Planarbetet	37
7.2 Kontrollprogram	38
7.3 Ytterligare undersökningar	38



BILAGA 1 - BEGREPPSFÖRKLARING	39
BILAGA 2 - PROVTAGNINGSMETODIK	40
Provtagning av yt- och dagvatten	40
Provtagning av sjövattnen	40
BILAGA 3 - DATAMODELLERING	42
BILAGA 4 - INVENTERING VERKSAMHETER RUNT NYDALASJÖN	43
BILAGA 5 - IDENTIFIERING AV FELKÄLLOR	44
BILAGA 6 - SITUATIONSPLAN	45

1 Bakgrund

1.1 Uppdraget

Umeå Kommun, Stadsledningskontoret, har gett WSP Samhällsbyggnad Umeå i uppdrag att kartlägga och utvärdera närsaltsituationen inom Nydalasjöns tillrinningsområde inför ytterligare exploateringar och inför en ny fördjupning av översiktsplanen. Uppdraget har utförts mellan april 2005 och oktober 2006.

I översiktsplan "öpl 98 - Översiktsplan Umeå Kommun" fastställs området runt Nydalasjön som ett prioriterat område för kommande bebyggelse där skilda markintressen naturvård, rekreation och boende bör kunna förenas.

Nydalasjön klassas som Umeås viktigaste tätortsnära sjö. Ökat tillskott av fosfor och andra näringsämnen i tillrinnande vatten kan därför ha betydande miljömässig och estetisk påverkan på Nydalasjön. Pågående och planerade bygg- och infrastrukturprojekt runt Nydalasjön kan riskera att påverka dagvattnets närsaltssammansättning i Nydalasjöns tillrinningsområde. För att kunna göra framtida riskbedömningar och lämna förslag på åtgärder i olika projekt, ansågs det därför nödvändigt att kartlägga nuvarande näringstransport.

Föreliggande rapport ger en fördjupad översyn över närsaltssituationen i Nydalasjön samt ger förslag till en helhetsstrategi. För varje enskilt kommande projekt som påverkar vattenregimen och närsaltsbalansen inom Nydalasjöns avrinningsområde bör en individuell bedömning av påverkan genomföras, i enlighet med strategierna som presenteras i denna rapport. Sådana bedömningar bör vara en del i det MKB-arbete som krävs som en del av upprättande av detaljplan.

1.2 Organisation

Uppdraget har genomförts med nedanstående projektgrupp:

Doris Grellmann, Umeå Kommun, Stadsledningskontoret
Mats Nebaeus, Umeå Kommun, Miljö- och hälsoskydd
Anneli Sedin, Länsstyrelsen Västerbottens Län
Mats Johansson, Länsstyrelsen Västerbottens Län
Thomas Hedlund, UMEVA, VD
Johanna Lindgren, UMEVA, VA-chef
Göran Bergström, WSP Samhällsbyggnad, Uppdragsansvarig
Matthias Grimm, WSP Samhällsbyggnad, Handläggande ingenjör
Britta Bristav, WSP Samhällsbyggnad, Handläggande ingenjör

Nio möten har hållits under projektets genomförande för att fortlöpande rapportera om och styra det pågående arbetet.

Uppdraget har vidare inkluderat ett samarbete med Umeå Universitet, Institutionen för ekologi, miljö och geovetenskap (EMG), Enheten för miljöförändringsanalys. Samarbetet omfattade sedimentprovtagning med analys avseende kiselalger för rekonstruktion av Nydalasjöns ursprungliga närsaltssituation. Kontaktpersonerna på EMG var:

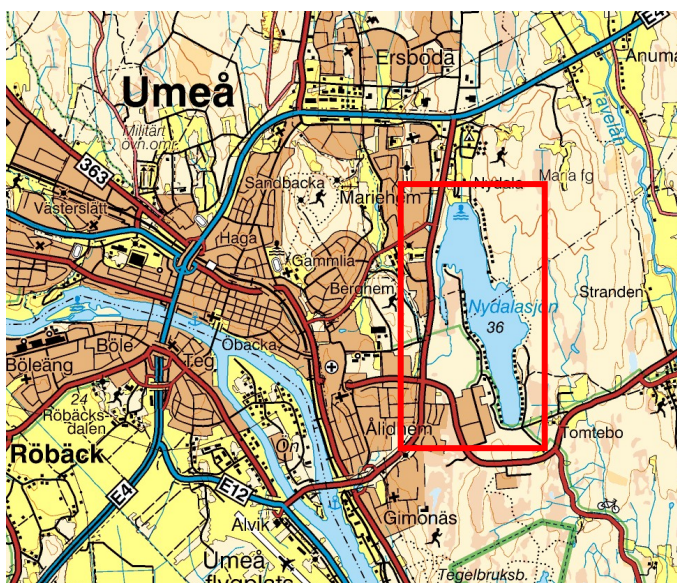
Tom Korsman
Christian Bigler
Jonatan Klaminder

Närsaltsbelastningen har även kartlagts genom ett examensarbete, utfört av Ann-Sofi Boberg, civilingenjör i samhällsbyggnadsteknik, Luleå Tekniska Universitet, med Prof. Jörgen Hanaeus och Camilla Westerlund som handledare. Rapporten med titeln "Nydalasjön - Kartläggning av tillrinningsområde och närsaltsflöden" kan laddas ned via Luleå Tekniska Universitets hemsida¹.

1.3 Nydalaområdet

Nydalasjön ligger ca fyra kilometer öster om Umeå centrum, se Figur 1. Sjön bildades för ca 3500 år sedan. Under 700 f.Kr. skedde en förändring i vegetationsbilden genom en övergång från strandängar och björk till tätare skog med tall, björk och gran som viktigaste trädslag. Jordbruksmarken vid Nydala upprättades först i början av 1800-talet och fanns i anslutning till den norra delen av sjön vilken numera nyttjas för camping och till fotbollsplaner. I slutet av 1800-talet nyttjades sjöns vatten som råvattentäkt för Umeå Stad. Vattnet håll dock inte önskvärd kvalitet avseende smaken (torvsmak) och vattenförsörjningen till Umeå Stad ersattes med en grundvattenbrunn i Piparböle. Bebyggelsen av fritidshus runt sjön kom till under runt 1920-talet. Under 1960-talet tillkom bostadsområdet Mariehem och under 1990-talet Tomtebo. 1981 såldes jordbruksmarken till kommunen som anlade camping och fotbollsplaner².

Sjön med dess omgivning är ett populärt område som utnyttjas hela året. Runt hela sjön finns gång- och cykelvägar samt grillplatser. Nydalasjön är en populär fiskesjö med inplanterad fisk (huvudsakligen regnbåge). Det finns även flera badplatser, bland annat Nydala friluftsbad, Kärleksviken och Klippudden.



Figur 1. Översiktskarta över Umeå och Nydalasjön (Lantmäteriet, 2006).

Vid den sydöstra delen av sjön har KFUM verksamhet under sommaren. Söder om KFUM gården ligger Kyrkstugan med caféverksamhet. På sydvästra sidan av sjön,

¹ <<http://epubl.ltu.se/1402-1617/2006/200/>>

² Källa Nydalas historik: "Nätverket för Nydalasjöns nyttjare", www.nydala.nu, september/oktober 2006

ligger en äventyrslekplats och vid den nordvästra delen ligger 4H-gården (med djur och caféverksamhet). Vid friluftsbadet på den norra delen ligger Umelagun (tempererat utomhusbad) och tennisbana, fotbollsplaner samt Nydala Camping inkl. minigolfbana. Öster om campingen finns elljusspår och skidspår (konst- och natursnospår vintertid).

Längs Nydalasjön finns vidare ett antal sommarstugor vilka har uppförts sedan början av 1920-talet. Som mest har det funnits 140 stugor runt sjön. För närvarande finns ett 60-tal stugor kvar i varierande skick.

1.4 Nydalasjön

Nydalasjön är ca tre kilometer lång och har en maximal bredd på ca 700 meter. Sjön har ett maximalt djup på sex meter. Medeldjupet är tre meter och normalvattenytan ligger ca 35,5 meter över havet. Sjöns totala yta är ca 1,6 kvadratkilometer. Vattenvolymen uppskattas till ca 4,8 miljoner kubikmeter. I mitten av 1980-talet kalkades sjön som har en god buffertförmåga, dvs. god förmåga att motstå försurande ämnen.

Nydalasjöns tillrinningsområde (ca 4,1 kvadratkilometer) är relativt litet i förhållande till sjöns storlek. Tillförseln av vatten sker huvudsakligen från några mindre bäckar och diken samt från inströmmande grundvatten. Utflödet från sjön utgörs av Kolbäcken i den västra delen av sjön. Området vid utloppet kallas för Noret och består till stor del av våtmarksliknande vegetation. Vattenomsättningen mellan Noret och Nydalasjön bedöms vara begränsad på grund av de rådande strömningsförhållandena och morfologin. Vattnet i sjön har en omsättningstid om ca 2,5 år. Dessa förutsättningar gör Nydalasjön känslig för påverkan av närsalter och föroreningar från tillrinnande dagvatten.

1.5 Topografiska, geologiska och hydrologiska förhållanden

Nydalasjön är belägen längs en nord-sydlig svacka med svaga höjdryggar, drumliner, på ömse sidor i nord-sydlig riktning. Området kring Nydalasjön består till största delen av svagt kuperad skogs- och myrmark. Flera våtmarksområden finns i området kring sjön.

Berggrunden i området består av prekambrika kristallina bergarter, främst olika typer av graniter och gnejser. Den vanligaste jordarten är grovkorniga svall- och älvssediment med underliggande morän. Inslag av kalt berg, som har ett tunt eller osammanhängande jordtäckte förekommer på östra sidan av sjön. Vidare förekommer områden med torv (västra delen vid utloppet, sydspetsen vid Tomtebo).

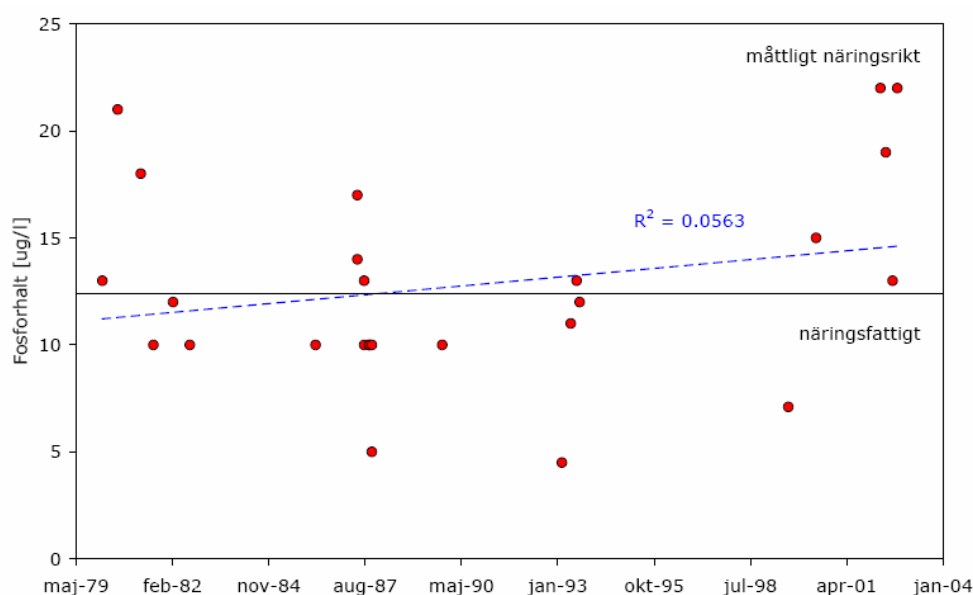
Den totala årsmedelnederbörden för Umeå regionen är 659 mm/år (SMHI, 2005). Tillrinningen av grundvatten bedöms uppgå till ca 25-30 % av den totala tillrinningen. Grundvattennivån ligger relativt högt i hela tillrinningsområdet, grundvatten i dagen förekommer periodvis i vissa områden (t.ex. sydspetsen Tomtebo). Enligt tidigare undersökningar finns även ett mindre område med artesiskt grundvatten i området söder om Nydalasjön.

1.6 Tidigare undersökningar

Under 2004 producerades rapporten "Näringsämnen och växtplankton i 10 sjöar i Umeå kommun" av Mats Nebaeus, Umeå kommun³. Undersökningen behandlar

³ "Näringsämnen och växtplankton i tio sjöar i Umeå Kommun", Samhällsbyggnadskontoret, Miljö- och Hälsoskydd, Mats Nebaeus, 2004-05-28.

sjöarnas tillstånd avseende näringsämnen och växtplankton under den aktuella tidsperioden. I rapporten presenteras bland annat en sammanställning av Umeå kommuns miljöövervakning för Nydalasjön vid 21 enskilda provtagningstillfällen. Sammanställningen visar att mellan 1980 och 2002 varierade totalfosforvärdena i sjöns ytvatten mellan 4,5 och 22 µg/l (se Figur 2). Medelvärdet av totalfosfor var 13 µg/l. För totalkväve visar undersökningen att dessa värden varierade mellan 170-890 µg/l och medelvärdet var 457 µg/l under samma tidsperiod. Den sammanfattande bedömningen som gjordes för Nydalasjön är att den är måttligt näringsrik och ekologiskt känslig, vilket innebär att en ökad näringsbelastning skulle kunna resultera i en kraftigt förändrad ekologisk funktion som t ex blågröna algbloomningar. I samma rapport görs även en enskild bedömning av år 2002, när både fosfor och kväve uppvisade periodens högsta värden. Detta skulle kunna representera ett worst-case-scenario där konsekvenserna kan vara att fosforhalten stiger till en nivå där en omfattande algbloomning kan sätta igång, även om medelhalten av fosfor har varit på en betydligt lägre nivå under ett längre antal år.



Figur 2. Fosforkoncentrationen i Nydalasjön mellan 1980 och 2002. Mittenlinjen motsvarar gränsen mellan ett näringsfattigt och måttligt näringsrikt tillstånd enligt bedömningsgrunderna (se fotnot ¹² på sidan 22). (Källa data: Miljökontoret, se fotnot ³ på sidan 10)

Medins Biologi AB har under 2005 på uppdrag av Umeå kommun framställt rapporten "Bedömning av vattenkvaliteten i Nydalasjön med avseende på känslighet för ökad näringstillförsel". Rapporten behandlar vattenkvaliteten i Nydalasjön med avseende på näringsämneshalter och trofegrad. Bedömningen av vattenkvaliteten baseras på tidigare utförda provtagningar utförda av Umeå kommun (se Nebaeus, 2002). Enligt denna rapport beskrivs Nydalasjön som en oligotrof (näringsfattig) till svagt mesotrof (måttligt näringsrik) sjö med relativt klart vatten och goda syreförhållanden. Medins Biologi AB gör bedömningen att Nydalasjön under tidsperioden 1980-2002 haft ett förhållandevis stabilt vattenkemiskt och biologiskt tillstånd. På grund av bristfälligt dataunderlag avseende beräkningen av nuvarande näringstillförsel till Nydalasjön kunde en säker bedömning av en maximal belastningsgräns i Medins Biologi AB:s rapport inte genomföras, vilket bl.a. motiverade föreliggande rapport.



Under 2005 har en förenklad uppskattning av närsaltspåverkan från bostadsområdet Mariestrand genomförts av WSP. En liknande undersökning har under våren 2006 utarbetats av WSP för bostadsområdet Tomtebo 1B.

Geotekniska undersökningar har utförts huvudsakligen avseende området Tomtebo 1B i samband med planer på etablering av nya bostäder. Undersökningarna har utförts av J&W (1991, 2001) på uppdrag av Umeå Kommun⁴.

För att kunna genomföra en riskbedömning behövde det befintliga dataunderlaget kompletteras med en bl.a. en kartläggning över den nuvarande fosfortransporten till Nydalasjön. Vidare skulle en kartläggning av vatten- och närsaltsflöden vara ett första steg i att arbeta med en helhetsstrategi för Nydalasjön.

1.7 Syfte

Utifrån resultaten från de tidigare utförda undersökningarna och det framtida planeringsarbetet för Nydalasjön, har uppdragets syften fastställts som följande:

- Ta fram data med avseende på fosforinnehållet i dagvatten inom tillrinningsområden till Nydalasjön vid nuvarande markanvändning.
- Anpassa framtagna data till en modell vilken kan användas för att prognostisera förändringar i närsaltsbelastningen till följd av ändrad markanvändning inom tillrinningsområdet.
- Bedöma sjöns näringsstatus och risken för att den övergår till ett mer näringsrikt tillstånd.
- Utgöra underlag för konsekvensbedömningar för planerade exploatering i tillrinningsområdet.
- Utgöra underlag för det fortsatta arbetet avseende kartläggning av föroreningstillförsel till sjön.

⁴ "Umeå Kommun, Tomtebo-området, Översiktlig hydrogeologisk utredning", J&W, 1991-08-30; och "Kompletterande geohydrologisk utredning, Tomtebo, Umeå", J&W, 2001-10-19.

2 Algblomning, närsalter och Nydalasjön

2.1 Algblomning⁵

För att algtillväxt ska kunna ske fordras bland annat tillgång på ett flertal kemiska ämnen. Saknas ett av dessa begränsas tillväxten hur god tillgången på de andra nödvändiga ämnena än är.

Framför allt är det tillgången på fosfor och kväve som styr tillväxten. De undersökningarna som utförts tyder på att det i Nydalasjön i första hand är tillgången på fosfor som styr tillväxten. En riklig tillgång på närsalter ger upphov till en ökad alg- och växtproduktion, vilken speciellt i sjöar och kustområden kan få allvarliga konsekvenser. Ökningen av sjöns näringsinnehåll kallas eutrofiering och omsättnings-hastigheten är ett mått på eutrofieringsgraden. Fosforföreningar byggs snabbt in i grön- och blågrönalger under våren, sommaren och förhösten (se Figur 3). Processen gynnas av höga temperaturer. 1 g fosfor kan ge upphov till ca 1700 g färsk växtsubstans (algbiomassa), motsvarande ca 115 g algtorrsubstans. Sammansättningen av algerna motsvarar den så kallade Redfield-formeln⁶.



Figur 3. **Vänstra bilden:** Bild på algen *Anabaena flos-aquae f. flos-aquae* som är typisk vid algblomning i sötvattensjöar.

Högra bilden: Blågrönalgbloomning.

(Källa: <http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Anabaena>, och Miljökontoret Umeå Kommun, Mats Nebaeus)

Den ökade algproduktionen innebär en snedvridning av balansen mellan uppbyggnad och nedbrytning av organiskt material i vattnet. Stora mängder av nya alger bildas och utgör föda för högre organismer, eller dör och bryts ned av bakterier och svampar. Vid denna nedbrytning åtgår stora syremängder och en situation med allvarlig syrgasbrist kan bli resultatet av massutveckling av alger. Ofta tar sig detta uttryck genom "döda botten" i sjöns djupare delar.

⁵ Delar av text ur "Avloppsteknik - Kommunalt avloppsvatten, del 1", Svenska Kommunförbundet 1992, fjärde reviderade upplagan

⁶ $(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{N})_{16}\text{H}_3\text{P}$. Fosfor (**P**) och kväve (**N**) är understruckna och fetstilade i formeln.



Den syretäringen kan få en mycket allvarlig effekt på sjöns åldrande. Så länge sjöns vattenmassa och det översta lagret av sedimenten innehåller syre, fungerar sjön som en fosforfälla genom att fosfor binds till trevärdiga järnföreningar (se även Figur 4).

Följderna av en ökad algproduktion kan då vara att det uppstår syrefria bottnar under senhösten/vintern. Vid syrgasbrist upphör sedimentens förmåga att binda fosfor och redan bundet fosfor kan frigöras vilket i sin tur ger ett ytterligare tillskott av fosfor till våren när produktionen av biomassa drar igång. Detta ger upphov till en ytterligare produktion av alger, som i sin tur ger upphov till en ännu större syreåtgång. På sätt kommer sjön in i en ond cirkel av produktion och nedbrytning. Konsekvensen av detta är oftast en omfattande algblooming. Sjön åldras och växer igen i allt snabbare takt.

Risken för syrgasbrist vid sjöns botten är särskilt stor i djupare sjöar med temperaturskiktning (s.k. språngskikt). Det övre skiktet är lättroiligare och kan ta upp syre från luften medan det undre stagnerar och inte får något syretillskott. Döda alger sedimenterar ner genom språngskiktet och vid nedbrytningen förbrukas syre som sedan inte ersätts annat än vid vår- och höstcirkulation då temperaturskiktningen upphör. Risken för att det ska bildas ett språngskikt i Nydalasjön bedöms som relativt låg eftersom sjön är grund.

Syret vid bottarna kan dock även ta slut om det inte finns ett språngskikt, nämligen om tillförseln av fosfor har varit hög i kombination med höga temperaturer (systemet "flippar över") och därmed en kraftig produktion av alger som sedan bryts ned på hösten.

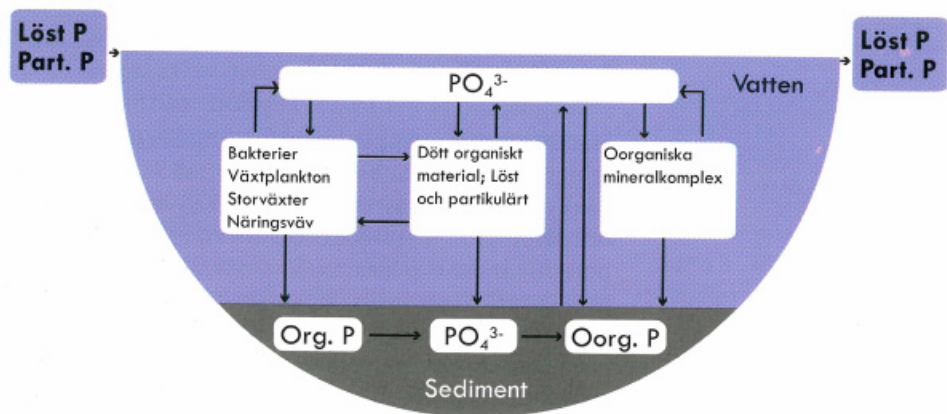
Algblooming i sjöar kan vara hälsovådligt för t ex barn och djur, samt är ur estetisk synvinkel inte önskvärt, se Figur 3. Algblooming är relativt svårt att stoppa och åtgärder för att förbättra vattenkvaliteten vid algblooming är mycket kostnadsintensiva.

2.2 Näringsämnen

De dominerande föroreningskällorna till fosfor i dagvatten är atmosfäriskt nedfall, erosion, trafik, hundar, fåglar samt lokala aktiviteter som gödsling av ev. grönytor.

Fosforkretsloppet i vattenmiljö kan förenklat redovisas enligt Figur 4⁷. Fosfor föreligger i tre olika former i vatten (organisk fosfor, ortofosfat och oorganisk fosfor). Samtliga tre former kan bidra till ökad produktion av alger genom diverse omvandlingsprocesser.

⁷ Enligt "Våtmarksboken", Karin Tonderski et.al., Vastra Rapport 3, 2002



Figur 4. Fosforkretslöppet i vattenmiljö.
(Källa: Tonderski, 2002).

Kvävetts roll i eutrofieringssammanhang är relativt svår att bedöma. De allra flesta hittills utförda studier har fokuserat på fosfor som avgörande för algblomning. Nyligen publicerade forskningsrapporter (Ann-Kristin Bergström, Umeå Universitet, 2005 och 2006) visar dock att även kväve kan spela en avgörande roll för eutrofiering i sjöar som återfinns i områden med låg atmosfärisk kvävedeposition. Utifrån dessa färskare resultat finns det anledning att framöver undersöka kvävetts betydelse för eutrofieringsprocessen i Nydalasjön närmare.

2.3 Eutrofiering och Nydalasjön

Enligt tidigare undersökningar, utförda av Umeå kommun, är Nydalasjön måttligt näringsrik (mesotrof) och klassas som en ekologiskt känslig sjö. Detta medför att tillskott av näringsämnen i tillrinnande vatten har stor betydelse för vattenkvaliteten i Nydalasjön.

Nydalasjön är en relativt grund sjö som dessutom påverkas starkt av nordliga och sydliga vindar. Det bidrar till en relativt god omblandning av vattenmassan. Båda förutsättningarna gör att risken är relativt låg för att Nydalasjön ska bilda ett så kallat språngskikt under sommarhalvåret. Vindmätningar som utfördes under sommaren 1987 visade huvudsakligen sydliga vindar.

Exempel på näringsrika eutrofa sjöar inom Umeå Kommun är bl.a. Lövösundet och Gambåtlänningen. Omfattande algblomning har enligt föreliggande uppgifter aldrig inträffat i Nydalasjön.



3 Genomförande och förutsättningar

3.1 Tillvägagångssätt

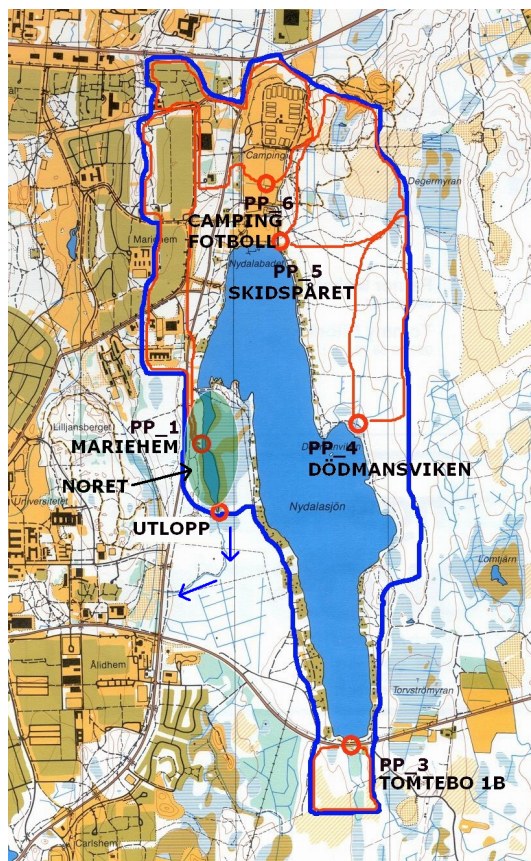
Uppdraget genomfördes i tre skeden:

1. Första skedet omfattade en detaljerad kartläggning av Nydalasjöns tillrinningsområden som genomfördes i fält och med hjälp av digitalt kartunderlag. Inventeringen avsåg markanvändning, ytor, punktutsläpp av dagvatten och utsläpp av diffusa flöden, vilket ledde till förslag på provtagningspunkter.
2. Det andra skedet omfattade provtagning av ytvattendrag och punktutsläpp från dagvatten från olika tillrinningsområden under 14 månader. Totalt rörde det sig om sex provtagningspunkter som provtogs 21 gånger varav fem gånger under smältperioden (april/maj 2006). För att följa upp koncentrationen av närsalter i sjön provtogs även sjövattnet vid sammanlagt nio tillfällen (vinter- och sommartid). En detaljerad beskrivning av provtagningsteknik och -utrustning samt analysmetoder återfinns i Bilaga 2 - Provtagningsmetodik. Samtliga analysprotokoll finns arkiverade på WSP i Umeå och bifogas inte denna rapport.
3. I det tredje skedet utvärderades slutligen närsaltsbelastningen. Därefter genomfördes en riskbedömning för nuvarande situation, samt för det framtida scenariot med utbyggnad av Mariestrand och Tomtebo 1b. Modellen kan även användas för kommande riskbedömningar i samband med nya exploateringsplaner.

3.2 Genomförande vid provtagning av yt- och dagvatten

Nydalassjöns tillrinningsområde har delats in i fem deltillrinningsområden, se nedan och Figur 5. Dessa delområden har punktutsläpp till Nydalassjön och avvattnar relativt stora områden. Områdena har studerats i detalj med avseende på vattendrag och tillhörande tillrinningsområden, markanvändning (enligt standard Svenskt Vatten), vegetation och höjdförhållanden. Därefter har tillrinningsområdet samt de fem deltillrinningsområdena beräknats till ytan. Inom varje delområde har även arean av respektive markanvändning beräknats. Vid varje delområdes utsläppspunkt samt vid sjöns utlopp har provtagning genomförts (se även Bilaga 2 - Provtagningsmetodik). Utloppet befinner sig på västra sidan av sjön. Utgående vatten avleds i sydlig riktning.

Resterande ytor står för så kallade diffusa utsläpp till Nydalassjön (mindre diken, kalkkällor, ytvattenutsläpp). Provtagning av dessa områden har inte genomförts. För beräkningen av fosforbelastningen har dock hänsyn tagits till samtliga områden (punktutsläpp och diffusa utsläpp).



Figur 5. Översiktsskarta över Nydalasjön med hela tillrinningsområdet (blå linje), delavrinningsområden (röd linje), provtagningspunkter med beteckning (röd ring med text) och Noret (grön markering). (Källa: IFK Umeå, Umeå OK).

Delområde

Beskrivning

**PP1
Mariehem**

PP1 Mariehem ligger strax norr om sjöns utlopp. Utsläppspunkten består av en kulvert med dagvatten från Mariehemsområdet. Utsläpp av föroreningar bedöms transporteras direkt till sjöns utlopp (Noret, se Figur 5) och bedöms ej omfattas av sjöns vattenomsättning. Till PP1 Mariehem rinner dagvatten främst från bostadsområden, parkeringar, vägar, centrum/företag, industri, cykelväg och skog.

**PP3
Tomtebo**

PP3 Tomtebo ligger vid sjöns sydligaste ände. Till PP3 Tomtebo rinner dagvatten främst från skog men även delvis från väg/parkeringsytor. Vattnet som når ut till sjön via denna punkt har teoretiskt längst uppehållstid i sjön eftersom det ligger långt från utloppet och måste runda udden på sjön innan det når utloppet.

**PP4
Dödmansviken**

PP4 Dödmansviken ligger vid en bäck på östra sidan av sjön nära den s.k. Dödmansviken och det tillrinnande vattnet kommer från ett skogsområde.

**PP5
Skidspåret**

PP5 Skidspåret utgörs av en skogsbäck som ligger intill en grusparkering på den nordöstra sidan av sjön. Hit rinner vattnet från skogen och smältvatten från



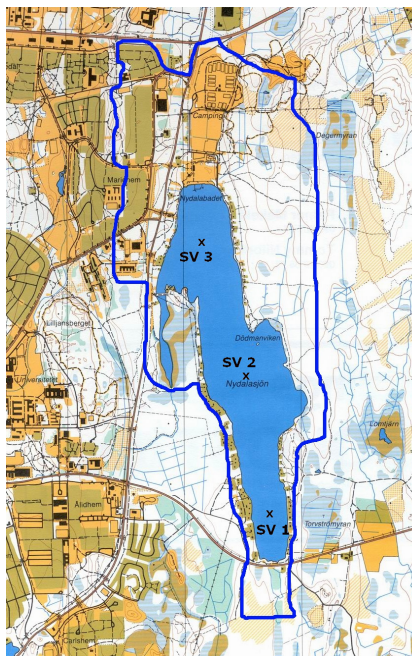
	löp/skidspåren som ligger i det nordöstra området.
PP6 Camping Fotboll	PP6 ligger i ett dike på norra sidan av sjön som representerar dagvatten från parkmark (fotbollsplaner, Nydala Camping), vägar, parkeringar, bostäder, industri, cykelväg och skog.
Utloppet	Utloppet (vid provtagning kallat PP2) ligger vid sydspetsen av Noret och representerar det utgående vatten från sjön.

Prover uttogs i samband med nederbörd och snösmältning i form av stickprov, se även Bilaga 2 - Provtagningsmetodik. I modellberäkningen som redovisas i Bilaga 3 - Datamodellering har hänsyn tagits till de olika flödesförhållandena som rådde vid provtagningstidpunkten.

3.3 Genomförande vid provtagning av sjövatten

Provtagning av sjövatten har utförts vid nio tillfällen med ungefär en månads intervall under maj tom september 2005, och mellan juni och augusti 2006. Vid varje tillfälle togs vattenprov för analys av närsalter och plankton. Prov för analys med avseende på närsalter (fosfor och kväve) har tagits vid den djupaste punkten SV2, se Figur 6. Planktonprov har tagits i tre punkter i syd-nord-led över Nydalasjön SV1, SV2 och SV3, se Figur 6. Syftet var att kartlägga ev gradient (skillnad) avseende planktonkoncentration i syd-nord-led över sjön.

Prov uttogs som ett samlingsprov som bestod av två delprov uttagna på 1,0 respektive 2,0 m vattendjup. Provtagningen omfattade även mätning av siktdjup, temperatur samt kontroll av förekomst av ev. språngskikt. Analysen omfattade förutom fosfor även kväve, organiskt material (TOC), alkalinitet, färg, konduktivitet och pH.



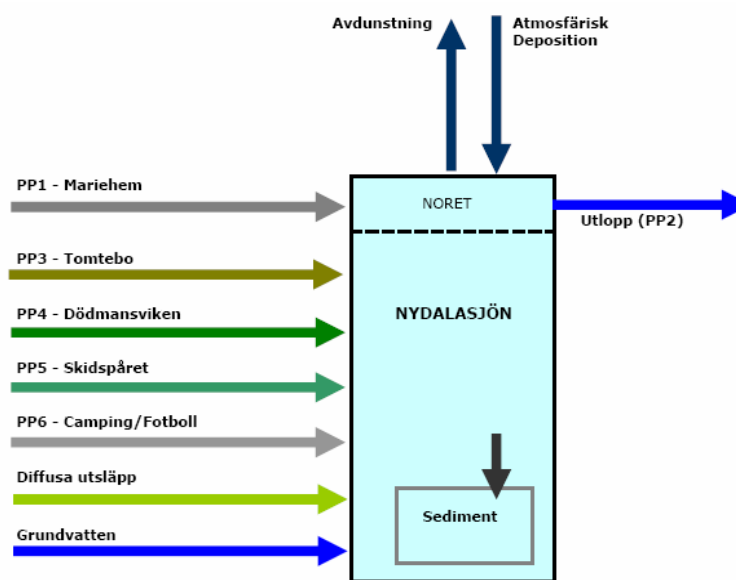
Figur 6. Översiktsskarta över Nydalasjön med provtagningspunkterna SV1, SV2 och SV3 i Nydalasjön.
(Källa: IFK Umeå, Umeå OK)

3.4 Förutsättningar för beräkningsmodellen (fosfortransport)

Modellansatsen motsvarar i princip en material- och substansflödesanalys (enligt Baccini, 1991⁸). Nydalsjön betraktas då som ett system med inkommande och utgående, samt interna flöden. Systemgränsen dras längs strandkanten, se även Figur 7. Vattenflöden beräknas enligt Svenskt Vattens standard, se även beskrivning nedan. Fosforflödet beräknas som produkt av vattenflödet och medelhalten av fosfor. Medelhalten av fosfor tas fram genom en datamodellering som består av uppmätta halter och momentanflödena vid provtagningstidpunkt (i princip enligt Vollenweider, 1988⁹). För en mer detaljerad beskrivning av datamodelleringen hänvisas till Bilaga 3 - Datamodellering.

Inflöden utgörs av PP1 Mariehem, PP3 Tomtebo, PP4 Dödmansviken, PP5 Skidspåret, PP6 Fotboll/Camping, atmosfärisk deposition, diffusa flöden och grundvatten. Utflöden utgörs huvudsakligen av avdunstning och utloppet vid Noret (se Figur 7). Det enda interna flödet består av utbytet av fosfor mellan sediment- och vattenmassorna. Internflödet beräknas som mellanskillnaden mellan samtliga till- och utflöden. Det interna flödet lagras antingen i sediment i sjön (om värdet är positivt) eller lakas ut från sediment (om värdet är negativt). Sjön kan därmed agera som en fosforfälla eller fosforkälla.

Noret (avgränsad med en streckad linje i Figur 7, se även Figur 5) innehar en särskild status i ovan beskrivet system. Enligt systemgränsen omfattas Noret inkl. dagvattenutsläpp från PP1 Mariehem av Nydalsjöns systemlinje. De hydrauliska förhållandena tyder dock på att dagvatten från PP1 Mariehem direkt avleds till utloppet utan att föroreningar och närsalter hinner omfattas av vattenomsättningen i Nydalsjön.



Figur 7. Schematisk systembeskrivning av Nydalsjön med till-, ut- och interna flöden.

⁸ "Metabolism of the Anthroposphere", P. Baccini, H.P. Brunner, Berlin/Heidelberg/New York (Springer), 1991.

⁹ "Guidelines of Lake Management - Vol. 1, Principles of Lake Management", S.E. Jørgensen, R.A. Vollenweider, 1988.

Dagvatten

Dagvattenflöden beräknades enligt Svenskt Vattens standard. Flödet beräknas som produkt av uppmätt nederbörd, ytans storlek och tillhörande avrinningskoefficient.

Basflöde

Vattendragen i provtagningspunkterna PP1 Mariehem, PP 5 Skidspåret och PP6 Fotboll/Camping antas enligt fältbesöken alltid ha ett grundflöde, dvs. ett basflöde om ca 1-2 l/s även under torra perioder. Det totala flödet för dessa delavrinningsområden blir därför summan av det framräknade dagvattenflödet plus basflödet.

Beräkningar av basflödet har gjorts i programvaran StormTac. Vid beräkningarna används en årlig nederbördsintensitet på 659 mm/år enligt SMHI:s statistik för Umeå och en konstant K_x som visar hur stor andel av infiltrerat vatten som når basflödet samt ytan i m^2 per markanvändning för respektive delområde.

Atmosfärisk deposition

Värdena för den atmosfäriska depositionen på Nydalasjön som användes i föreliggande beräkning ligger på 0,015 mg/l fosfor vilket motsvarar medelvärdet av mätningar som har genomförts av IVL Svenska Miljöinstitutet¹⁰. Mätningarna har utförts i Holmsvattnet utanför Skellefteå. Enligt IVL ligger depositionen av fosfor mellan 0,005 och 0,033 mg/l och antas gälla även för Umeåregionen. Specifika mätningar för Umeåregionen saknas. Halten på 0,015 mg/l motsvarar ca 50 % av schablonhalten som brukar användas vid beräkningar i södra och mellersta Sverige.

Atmosfärisk deposition påverkar enbart beräkningen av fosfortransporten över sjöytan. Depositionen inom markområden omfattas redan av de utförda provtagningarna. Osäkerheten i dataunderlaget kan påverka modelleringsresultaten för fosforflödet och bör undersökas närmare framöver för att göra modellen säkrare. För eventuella åtgärder i den framtida planeringen för Nydalaområdet är den atmosfäriska depositionen dock svår att påverka.

Avdunstning

Avdunstningen från Nydalasjöns yta måste tas i beaktande vid beräkning av det hydrologiska utflödets storlek, men det är av underordnad betydelse för fosfortransporten eftersom fosfor inte kan avgå från sjöytan genom avdunstning.

Det finns ett flertal olika beräkningsmetoder för bestämning av avdunstning, men dessa ger endast en approximation av hur stor den verkliga avdunstningen är och kräver stora mängder indata. Därför har avdunstningen från Nydalasjöns yta antagits från värden för avdunstning för medelstora sjöar som anges i Sveriges National Atlas – Klimat sjöar och vattendrag. Värdena har även jämförts med tidigare beräkningar utförda av J&W, 1991 (se fotnot⁴ på sidan 12). Enligt Sveriges National Atlas är den årliga avdunstningen från medelstora sjöar 400 mm för Umeå regionen. Det kan antas att nästan ingen avdunstning sker under vinterhalvåret, utan avdunstningen är koncentrerad till vår, sommar och höst. Detta innebär att en årlig avdunstning på 400 mm fördelas på ca 6-7 månader vilket har tagits hänsyn till i den hydrologiska avrinningsmodellen.

¹⁰ "Fosfor i nederbörd - Resultat från mätningar under 1990-talet", B1442, IVL Svenska Miljöinstitutet, Johan C. Knulst, 2001.



Diffusa flöden

För de diffusa tillrinningsområdena där det inte finns punktutsläpp (t.ex. i form av dagvattenkulvert, bäck, etc.) och därmed inga provtagningar kunnat utföras, har schablonhalter använts (från programvaran StormTac) för att uppskatta koncentrationen av närsalter i dag- och ytvatten.

Grundvatten

För att beräkna avrinningsområdets vattenregim, måste grundvattenflödet till sjön beaktas. Grundvattenflödet beräknas enklast genom mellanskillnaden av samtliga in- och utflöden. För Nydalasjöns tillrinningsområde utgör grundvattentillflödet ca 25 % av det sammanlagda tillflödet till sjön. Detta stämmer bra överens med tidigare publicerade resultat (se fotnot⁴ på sidan 12).

Utflödet av grundvatten förekommer, enligt J&W, 1991, huvudsakligen vid Nydalasjöns sydöstra del. Utflödet domineras dock av utloppet vid Noret varför grundvattenutflödet inte har tagits med i föreliggande beräkningar.

För fosfortillförseln är grundvattenflödet vidare oväsentligt då koncentrationen av fosfor i grundvatten erfarenhetsmässigt ligger under detektionsgränsen för analysmetoden.

3.5 Övriga förutsättningar

Avloppsinventering

Vid Nydalasjöns stränder finns flera områden med fritidshus varav ett fåtal används för åretruntboende. Det finns även ett antal verksamheter kring sjön, t ex bad, camping, fotbollsplaner, KFUM, café och grillplatser. Dessa är endast aktiva sommartid. I tabellen i Bilaga 4 - Inventering verksamheter runt Nydalasjön presenteras en sammanfattning av inventeringen i tabellform. Viss påverkan från otillräckligt fungerande småskaliga avloppsanläggningar kan inte uteslutas. Påverkan från gödslingen av fotbollsplanen kan inte heller uteslutas, och bedöms behöva ingå i en fortsatt utredning.

Uppdraget omfattade en granskning av analyserna utförda i samband med den årliga kontrollen av badvattenkvaliteten i Nydalasjön. Analyserna syftar i första hand på förekomst av koliforma bakterier. Under juli och augusti 2005 fick badvattnet anmärkningar på grund av högt antal E. Coli bakterier. Under 2006 fick Kärleksviken (viken söder om Dödmanviken, se Figur 5) anmärkning på grund av förekomst av samma typ av bakterier. Förekomst av E. Coli-bakterier indikerar tillförsel av fekalier. Viss påverkan från badande personer och djur kan ej uteslutas, bedöms dock vara av underordnande betydelse.

Riskbedömning eutrofiering

Riskbedömningen som har genomförts i Kapitel 5 - Riskbedömning baserar på Vollenweiders ansats från 1976. Ett flertal studier har genomförts med början under 60- och 70-talet, där ett stort antal sjöar har omfattats för att hitta samband mellan eutrofieringsgrad, tillförd närsaltsmängd och sjöars hydraulik.

I denna rapport användes Vollenweiders modell från 1976, eftersom den är mest accepterad och bygger på samtliga tidigare utförda studier på området. I kalibre-

ringsarbetet för denna modell har även ett antal nordiska sjöar ingått. Sambandet beräknas med hjälp av en regression mellan tillförd närsaltmängd och kvoten ur medeldjup och omsättningstid. Modellen bygger bl.a. på följande två förutsättningar:

- Modellen är ursprungligen avsedd för påverkan av fosfor från avloppsvatten. Den kan dock även användas i dagvattensammanhang med den bemärkelsen att fosfor i dagvatten kan vara hårdare bundet än i avloppssammanhang (t.ex. vid kemisk bindning till lerpartiklar eller humus). Därmed tar det längre tid tills den är biotillgänglig för t.ex. alger.
- Modellen har utvecklats för en jämviktssituation¹¹ avseende fosforkretsloppet. I Nydalasjön råder inga stabila förhållandena och därmed föreligger ingen jämvikt. Sakuppgifter som styrker detta antagande är bl.a. mellanskillnaden mellan inkommande och utgående fosformängd, och den stora variationen i dataunderlaget avseende fosforhalten i sjön (fosforhalten pendlar runt ett medelvärde). Därmed kan den använda modellen över- eller underskatta koncentrationen i sjön för aktuella förhållanden.

Gällande lagstiftning

För bedömning av fosfor- och kvävehalter i Nydalasjön gäller Naturvårdsverkets bedömningsgrunder¹². Bedömningsgrunder är ett verktyg för att bedöma statusen i ett miljösystem jämfört med ett "naturligt" tillstånd. Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder bedöms fosforhalter understigande 12,5 µg/l som låga halter (oligotrofa) medan fosforhalter överstigande 12,5 µg/l bedöms som måttligt höga (måttligt mesotroft) och fosforhalter överstigande 25 µg/l bedöms som höga halter (mesotroft).

Miljökvalitetsnormerna för fosfor i sjöar¹³ finns ännu inte fastlagda. Naturvårdsverket har dock lagt ett förslag i en rapport till regeringen. Om normer fastläggs kommer de till skillnad från bedömningsgrunderna att vara ett styrmedel för att uppnå miljömålen, och kan ses som ett hjälpmedel för att samordna de åtgärdskrav för fosfor som finns samt bidra till att uppfylla miljökvalitetsmålet "Ingen övergödning" och kvalitetsmålen för näringsämnen i EU:s ramdirektiv för vatten. Normförslaget för fosfor i svenska sjöar (gäller även Nydalasjön) ligger på 25 µg/l.

EU:s ramdirektiv för vatten är sedan drygt två år införlivat i svensk lagstiftning. Detta har infört ett nytt sätt att arbeta med förvaltning av vattenfrågorna för att i framtiden uppnå god kemisk och ekologisk status.

Vattendirektivets huvudsakliga syften är att:

- Skapa enhetlig lagstiftning för arbetet med vattenfrågor

¹¹ I en teoretisk jämviktssituation är den totala mängden av fosfor i systemet konstant och samtliga fysiska och kemiska reaktioner (exempelvis mellan fosforföreningar i sediment och fosforföreningar i vatten) är lika snabba. Medelvärdet för fosfor i sjön är då konstant och variationen nära noll.

¹² Naturvårdsverket, Bedömningsgrunder för miljökvalitet "Sjöar och vattendrag", Rapport 4913.

¹³ "Miljökvalitetsnormer för fosfor i sjöar", Naturvårdsverket, Rapport 5288.



- Skydda och förbättra statusen hos akvatiska ekosystem
- Lindra effekter av t.ex. torka och översvämningar
- Säkerställa tillräcklig tillgång på vatten av god kvalitet för en långsiktigt hållbar och rättvis användning

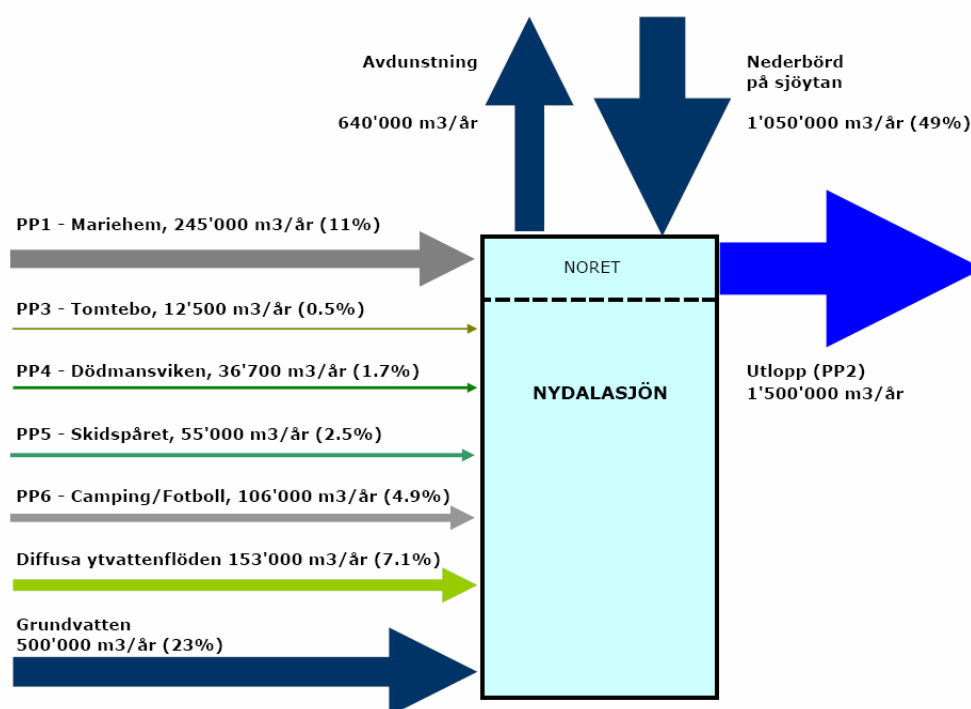
Inför arbetet med vattendirektivet har Naturvårdsverket tagit fram nya förslag till bedömningsgrunder¹⁴ som väntas bli fastställda under 2007. Bedömningsgrunderna avses att ligga till grund för miljökvalitetsnormerna som föreskrivs inom ramen för vattendirektivet, och kommer i så fall att bli styrande för exempelvis hur Nydalsjöns status klassas och därmed hur det framtida planarbetet runt Nydalsjön genomförs (se ovan). De nya bedömningsgrunderna har dock inte redovisats i rapporten eftersom de ännu inte har fastställts.

¹⁴ "Förslag till bedömningsgrunder för eutrofierade ämnen", A. Wiklander, 2006-05-15.
http://www.vattenportalen.se/docs/Bedomningsgrunder_Fosfor.pdf

4 Resultat

4.1 Vattenbalansen

Vattenbalansen för Nydalasjöns tillrinningsområde redovisas i Figur 8. Beräkningarna genomfördes utifrån förutsättningarna som har redovisats i föregående kapitel. Noret redovisas som en särskild del av Nydalasjön. Utbytet av näringsämnen mellan Noret och resten av Nydalasjön bedöms vara kraftigt reducerat på grund av de rådande strömningsförhållandena vid Noret.



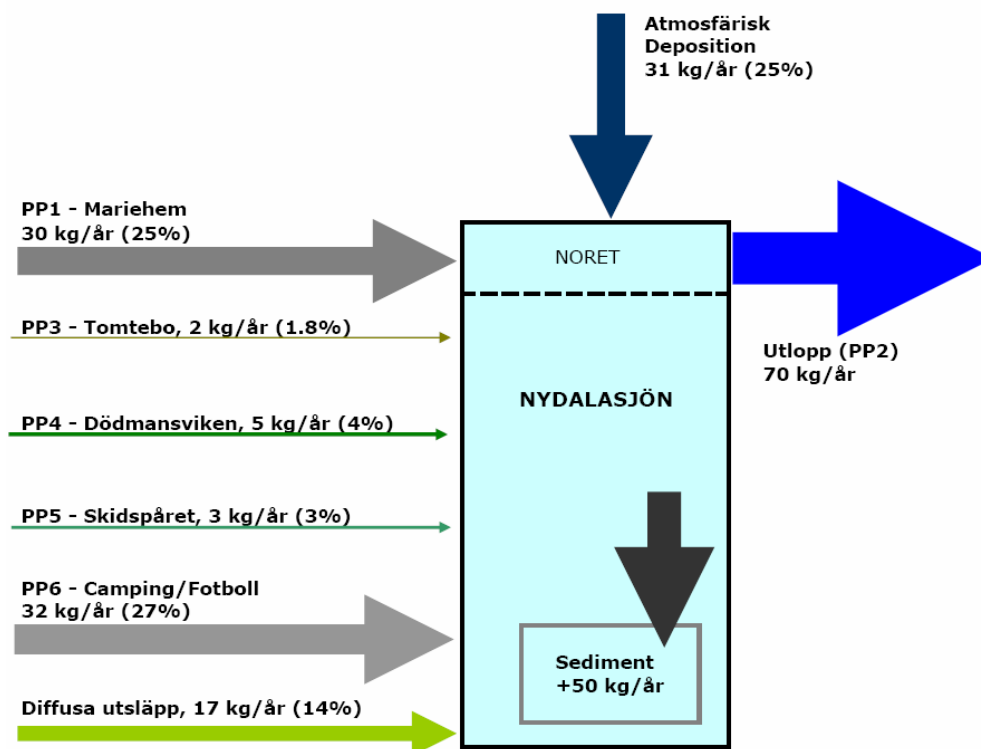
Figur 8. Vattenbalans över Nydalasjön och dess tillrinningsområde på årsbasis.

Figur 8 visar att de största tillflödena utgörs av nederbörd på sjöytan (ca 49 %) och av grundvatten (ca 23 %). Av ytvattentillflödena från deltillrinningsområdena står PP1 Mariehem för ca 11 %. I huvudsak går denna tillrinning dock direkt till utloppet och antas påverka sjön i begränsad omfattning. PP6 Camping/Fotboll står för ca 5 % av de sammanlagda tillflödena. Utflödet vid Noret beräknas till ca 1'500'000 m³/år, vilket motsvarar tidigare redovisade resultat (se fotnot ⁴ på sidan 12).

Omsättningstiden beräknas som kvoten mellan sjöns volym och det totala tillflödet och beräknas därmed till ca 2,2 år. Detta stämmer bra överens med tidigare framförda resultat (se fotnot ³ på sidan 10).

4.2 Fosfortransport

Fosfortransporten på årsbasis har tagits fram utifrån data från provtagningarna mellan maj 2005 och maj 2006. Resultat från modelleringen framgår av Figur 9.



Figur 9. Fosfortransport till Nydalasjön på årsbasis.

Flödespilarnas tjocklek motsvarar deras proportionella bidrag till fosfortillförseln. Modelleringen av fosfortransporten visar ett årligt, sammanlagt tillskott av fosfor till Nydalasjön om ca 120 kg.

Av dessa 120 kg/år kommer ca 25 % från atmosfärisk deposition (huvudsakligen våt deposition), ca 25 % transporteras till sjön genom dagvatten från Mariehem och ca 25 % genom dagvatten från Campingen/fotbollsplanen, inkl. norra Mariehem och avvattning från E4. Resterande 25 % avleds till sjön från gröna ytor (inkl. diffusa områden).

I utgående vatten beräknas fosfortransporten till ca 70 kg/år. Därmed kan konstateras att ca 50 kg fosfor tillförs sedimentmassorna årligen. Nydalasjön agerar därmed som fosforfälla. Detta antagande verifieras av resultatet från sedimentprovtagningen, vilket indikerar stigande fosforhalter i ytligt sediment (se Figur 12).

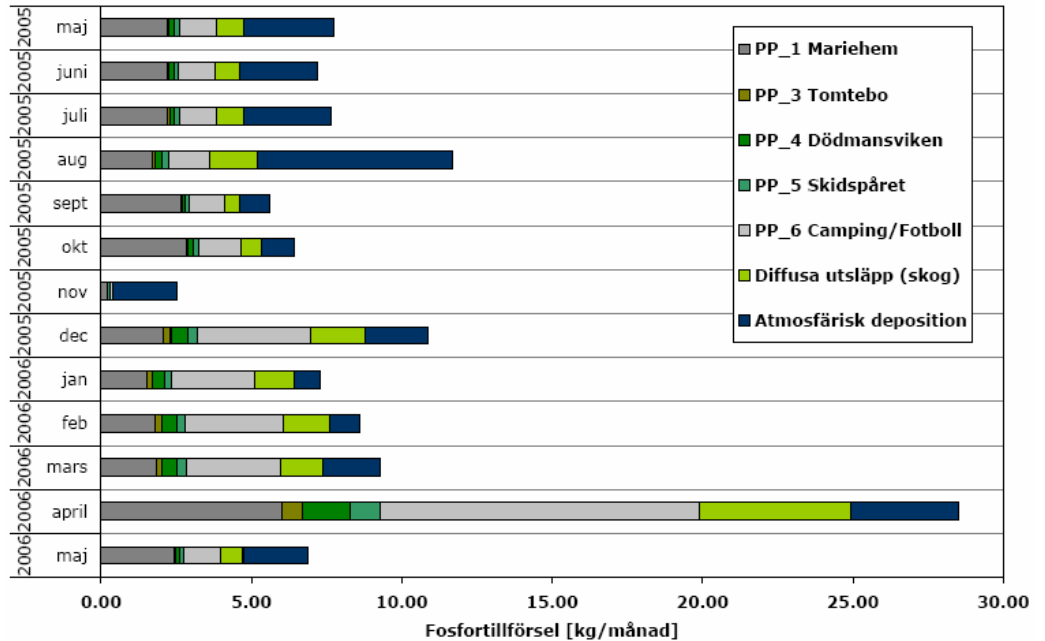
Fosfortillförseln från PP1 Mariehem bedöms avledas direkt till sjöns utlopp (Noret) och omfattas därmed aldrig av sjöns närsaltsomsättning. Med anledning av detta antagande har fosfortillförseln från PP1 Mariehem uteslutits i följande beräkningar och riskbedömningar. Procenttalen i Figur 9 och texten ovan refererar dock till det sammanlagda tillflödet inkl. PP1 Mariehem med hänsyn till systemgränsens dragning.

En jämförelse av Figur 8 och Figur 9 visar att fosfortillförseln från dagvatten (PP1 Mariehem och PP6 Camping/Fotboll) är proportionellt mycket större än respektive utsläppspunkts vattentillförsel i relation till vattenregimen. Beaktas dessutom att fosfortillförseln från PP1 Mariehem i huvudsak går direkt ut ur systemet svarar ut-



släppspunkten PP6 Camping/Fotboll i praktiken för en ännu större andel av fosfortillförseln till sjön (ca 36 %).

Figur 10 nedan visar hur fosfortillförseln sker månad för månad. Resultaten visar att ca 50 % av fosfortillförseln till Nydalasjön utgörs av fosfor från dagvatten och därmed hårdgjorda ytor. Vidare kan konstateras att 25-30 % av den totala fosfortillförseln sker under april/maj i samband med snösmältningen.



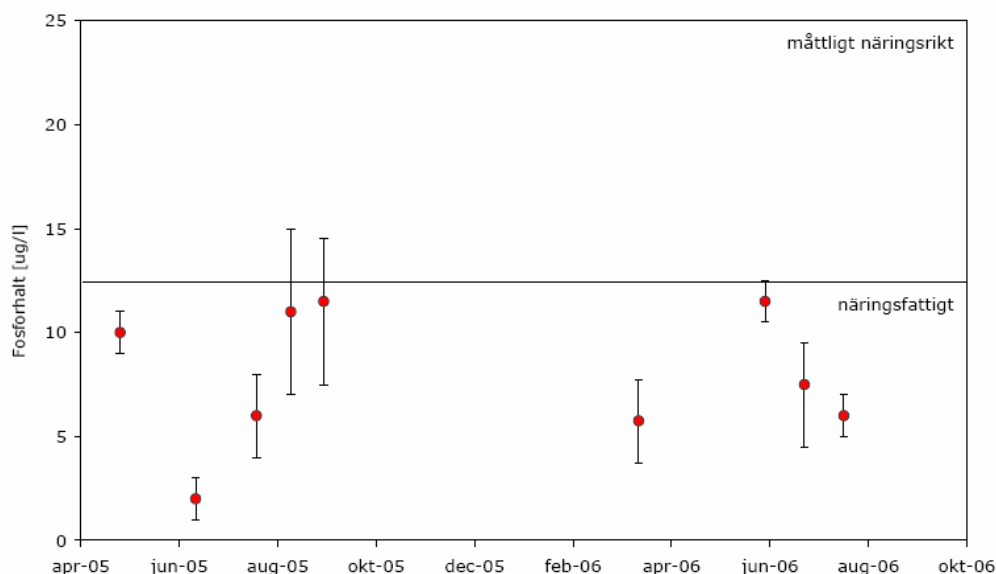
Figur 10. Fosfortransport till Nydalasjön på månadsbasis.

Resultaten visar vidare att fosfor föreligger upp till 55-60 % partikelbundet i dagvatten från exploaterade ytor (huvudsakligen PP1 med hårdgjorda ytor och PP6 med hårdgjorda ytor och fotbollsplan/camping). I vatten från grönområden däremot föreligger 20-30 % av fosfor partikelbundet. Detta resultat är viktigt avseende eventuella framtida åtgärder för dagvattenhantering.

4.3 Fosforkoncentrationen i Nydalasjön

Fosforhalten i Nydalasjön är en mycket viktig parameter eftersom den - enligt aktuell kunskap - styr tillväxten av biomassa, och till följd av det även av alger. Fosforhalten indikerar sjöns momentana status.

Koncentrationen av fosfor i sjön varierar relativt starkt, dels under säsongen men även mellan åren. I Figur 11 redovisas säsongsvariationer under 2005/2006. Årsvariationen för åren 1980-2002 framgår av Figur 2.



Figur 11. Fosforkoncentrationen i sjövatten från Nydalasjön mellan maj 2005 och augusti 2006. Staplarna på respektive mätpunkt omfattar mätosäkerheten resp. variationen mellan laboratorieanalyserna. Mittenlinjen motsvarar gränsen mellan ett näringsfattigt och måttligt näringsrikt tillstånd enligt bedömningsgrunderna (se fotnot ¹² på sidan 22).

Figur 11 visar att medelhalten under mätperioden maj 2005 till augusti 2006 låg på ca 9 µg/l vilket är lägre än medelhalten för 1980-2002 (ca 13 µg/l). Det högsta värdet uppmättes under sensommaren 2005 och låg då på 12 µg/l. De låga halterna under 2006 kan troligtvis förklaras med sommarens extremt låga nederbördsolymer. Staplarna på respektive mätpunkt omfattar analysosäkerheten respektive variationen mellan laboratorieanalyserna.

Analysen av fosforhalten i Nydalasjön för åren 1980 till 2002 (se Figur 2 på sidan 11) visar ingen tydligt ökande trend, och en stor naturlig variation mellan åren och även under säsongen. Detta motsvarar resultaten från sedimentprovtagningen, se Figur 12. Den naturliga variationen är dock stor vilket resulterar i en relativt låg korrelationsfaktor (R^2 -värde på 0,056). Medelhalten av fosfor mellan 1980 och 2002 låg på ca 13 µg/l med en standardavvikelse om 4,7 µg/l och en uppnådd maximal nivå på 22 µg/l. Sjön kalkades i mitten av 1980-talet vilket kan ha bidragit till en utfällning av fosfor och till följd av det till en något reducerad fosforhalt.

Halterna för 2005/2006 ligger därmed på en lägre nivå jämfört med åren 1980 till 2002, men visar att den naturliga variationen är stor både mellan åren och under säsongen.

4.4 Algbiomassan i Nydalasjön 2005-2006

Algbiomassan dominerades av små guldalger under hela säsongen 2005. Algbiomassan var i intervallet 0,14-1,28 mg/l. Den största biomassan kvantifierades den 27 juni 2005 vid två provpunkter. Med utgångspunkt från växtplanktonanalysen har Nydalasjön mesotrof karaktär och liten biomassa, enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder¹⁵. Resultaten från 2005 tyder inte på någon gradient i algbiomassan mellan prov från den sydliga respektive nordliga delen av sjön.

Algbiomassan dominerades av små guldalger vid samtliga provtagningstillfällen under 2006. Av de lite större guldalgerna kvantifierades *Dinobryon divergens*, *D. crenulatum*, *D. borgei* och *D. suecicum*. Brunalger som *Cryptomas spp* samt *Rhodomonas lacustris* förekom i samtliga prover. Vid de tre provtagningstillfällena förekom blågrönalgerna *Anabaena sp*, *Chroococcus sp.*, *Planctothrix agardhii* samt *Woronichinia naegeliana*. Algbiomassan varierade i intervallet 0,22-1,14 mg/l. Den största algbiomassan kvantifierades 06-06-29 och den lägsta 06-07-27. I juni togs ett ytvattenprov som inte avvek nämnvärt från de övriga proverna från samma tidpunkt vare sig när det gäller artsammansättning eller biomassa. Det var således likartat växtplanktonsamhälle under år 2005 och 2006¹⁶.

Enligt tidigare redovisade studier (se fotnot ³ på sidan 10) finns det ett tydligt samband mellan fosforhalten i en sjö och algbiomassan i sjön. En ökad fosforhalt antas därför medföra en ökad volym av algbiomassa.

4.5 Rekonstruktion av fosforhalt i Nydalasjön (genom kiselalger i sediment)

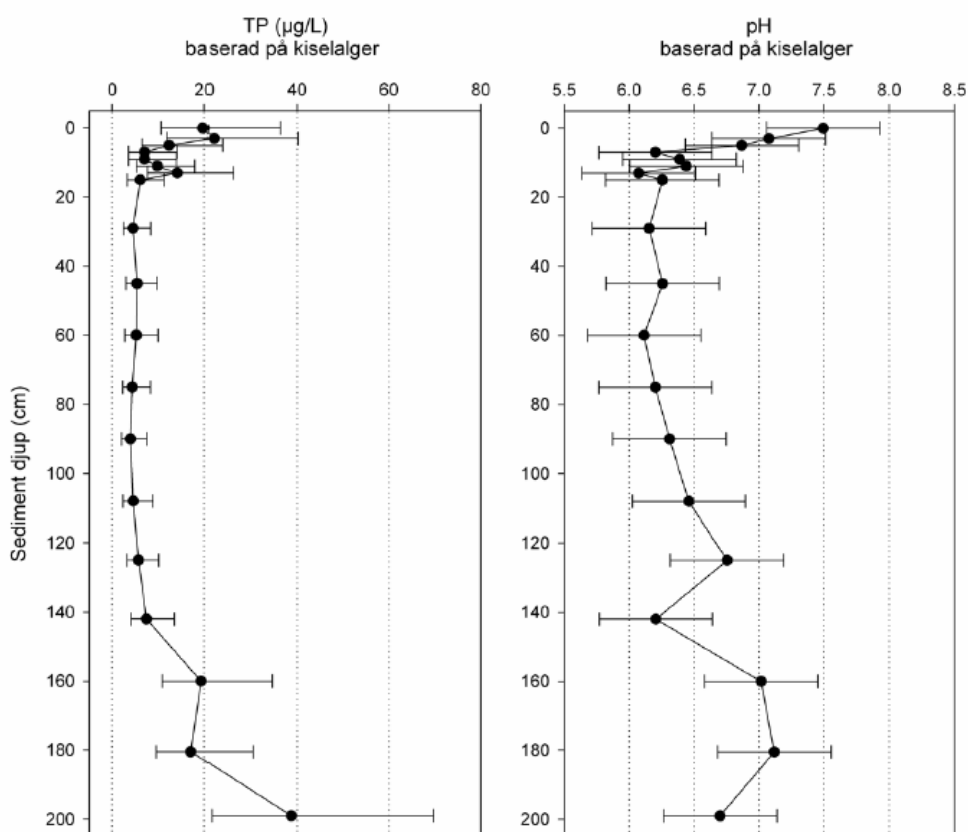
Nydalasjöns sediment fungerar som ett arkiv och tillåter en rekonstruktion av bl.a. närsaltsförhållanden bakåt i tiden. Med hjälp av den genomförda sedimentundersökningen (mars 2006) och en analys av kiselalgerna i sedimenten som utfördes av Umeå Universitet, kunde Nydalasjöns närsaltshistorik rekonstrueras¹⁷. Kiselalgerna som finns i sedimentmassorna tillåter därmed bl.a. en rekonstruktion av sjöns fosforhalt (koncentrationen av fosfor i vattnet). Analysen som genomfördes av Umeå Universitet visade följande resultat, se Figur 12.

¹⁵ Enligt utlåtande "Växtplankton i Nydalasjön 2005", Mats Nebaeus, Miljökontoret, 2006-01-12.

¹⁶ "Växtplankton i Nydalasjön 2006", Mats Nebaeus, Miljökontoret, 2006-10-16.

¹⁷ Enligt "Weighted averaging partial least squares regression (WA-PLS): an improved method for reconstructing environmental variables from species assemblages." Hydrobiologica 269/270:485-502. Braak, C.J.F. & Juggins S., 1993.

Kalibreringsdata enligt: <<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/index.js>>, 2006



Figur 12. Vänstra bilden: Rekonstruerad fosforhalt i sjövattnet.
Högra bilden: pH-värde i Nydalasjön sedan sjöbildningen.
 (Källa: Christian Bigler/Tom Korsman, Umeå Universitet, EMG)

Vänstra diagrammet i Figur 12 visar att fosforkoncentrationen i sjövattnet har varit på en nivå omkring 40 µg/l i samband med sjöbildningen (motsvarande 200 cm sedimentdjup), vilket skedde för ca 3 000 år sedan, dvs. betydligt högre jämfört med dagens situation. Relativt höga totalfosforkoncentrationer är naturliga i samband med avsnörning av sjöar från havet under landhöjningen, och kan förklaras med mark- och vegetationsförhållandena i avrinningsområdet.

I samband med förändringar av mark och vegetation (t.ex. minskad erosion) har fosforkoncentrationen därefter sjunkit till ett värde av ca 5 µg/l (motsvarande ca 90 cm sedimentdjup). Värdet kan anses representera den fosforhalt i Nydalasjön som motsvarar opåverkade förhållanden (bakgrundshalt).

Kring ca 13 cm sedimentdjup börjar koncentrationen att stiga i takt med en tilltagande utveckling av områdena runt sjön (bygg- och vägprojekt, fritidsanläggningar, förändring av vegetationen, m.m.). Koncentrationen i sedimentens ytskikt, motsvarande ungefär de förhållandena som rådde under de sista tio åren, visade en halt om ca 15-20 µg/l, vilket stämmer relativt bra överens med analyserna som har utförts inom ramen av detta uppdrag, men även undersökningar som har utförts av Umeå Kommun sedan 1980 (se Figur 2 och Figur 11).

Undersökningen visar därmed att det finns ett tydligt samband mellan tidigare genomförd exploatering, ökad tillförsel av fosfor och ökad fosforkoncentration i



sjöns vatten och sediment. Vid en framtida exploatering behöver detta samband ej nödvändigtvis gälla om åtgärder mot närsaltsutsläpp genomförs.

Utvecklingen av pH-värdet (högra diagrammet i Figur 12) visar att pH-värdet vid sjöbildningen låg på ungefär pH 7. Under tidens gång sjönk pH-värdet av naturliga skäl till en bakgrundshalt som ligger mellan 6,0 och 6,5 (motsvarande 90 cm sedimentdjup). Vid 5 cm sedimentdjup visar kiselalger en tydlig pH-uppgång, vilken bör stå i samband med den omfattande kalkningen som skedde på 1980-talet.

5 Riskbedömning

Det finns ett flertal modeller framtagna som kan användas för att bedöma fosfortillförseln till en recipient. Bedömning utförs genom att beräkna en maximal utsläppsmängd (i enheten kilogram fosfor per år), med målet att inte överskrida normförslaget om 25 µg/l fosfor. 25 µg/l fosfor motsvarar även gränsen till ett näringsrikt tillstånd (se även fotnot ¹² på sidan 22) samt att erfarenheten visar att risken för omfattande algblomning ökar avsevärt vid halter överstigande 25 µg/l fosfor (se även fotnot ¹⁹ på sidan 33).

Att använda sig av flera modellansatser ger en bättre säkerhet i riskbedömningen. De nio modellerna som har använts i detta uppdrag baserar huvudsakligen på Vollenweiders och OECD:s ansats ¹⁸. Följande förutsättningar gäller för beräkningarna:

- Fosfortillförseln vid PP1 Mariehem omfattas ej av beräkningen, eftersom dagvatten i denna punkt i huvudsak avleds direkt till sjöns utlopp (Noret). Nuvarande belastning ligger därmed på 70-75 kg/år (utan provpunkt PP1 Mariehem).
- För beräkningen av de framtida förhållandena inkl. Tomtebo 1B och Mariestrand har det antagits att dagvattendammarna reducerar fosfortillförseln med 50 %.
- Modellresultaten motsvarar en jämviktssituation i sjön. Om jämvikten inte är uppnådd så kan modellerna över- eller underskatta fosfortillförseln.

Nuvarande situation redovisas i Figur 13. Den orangea boxen visar genomsnittet av samtliga modeller med +/-10 % av medelhalten som övre och undre gräns för boxen. Procentsatsen motsvarar den uppskattade felmarginalen i de indata som krävdes för beräkningen (fosforbelastning, medeldjup, omsättningstid, vattenvolym, sjöyta). Staplarna visar det högsta och lägsta modellresultatet.

Med en nuvarande belastning om ca 70-75 kg fosfor per år kan enligt modellerna normförslaget på 25 µg/l innehållas. Modellerna visar i snitt en maximalt tillåten belastning om ca 70-85 kg fosfor per år.

Enligt beräkningar ökar den totala närsaltsbelastningen till ca 80-85 kg fosfor per år vid en utbyggnad av bostadsområdena Mariestrand och Tomtebo 1B, se även kapitel 1.6 - Tidigare undersökningar. Beräkningarna baserar på att fosforavskiljningen i respektive dagvattendamm uppgår till ca 50 %. Resultaten från modelleringen visar att belastningsnivån fortfarande ligger inom ett godtagbart intervall för att inte överskrida normförslaget om 25 µg/l fosfor.

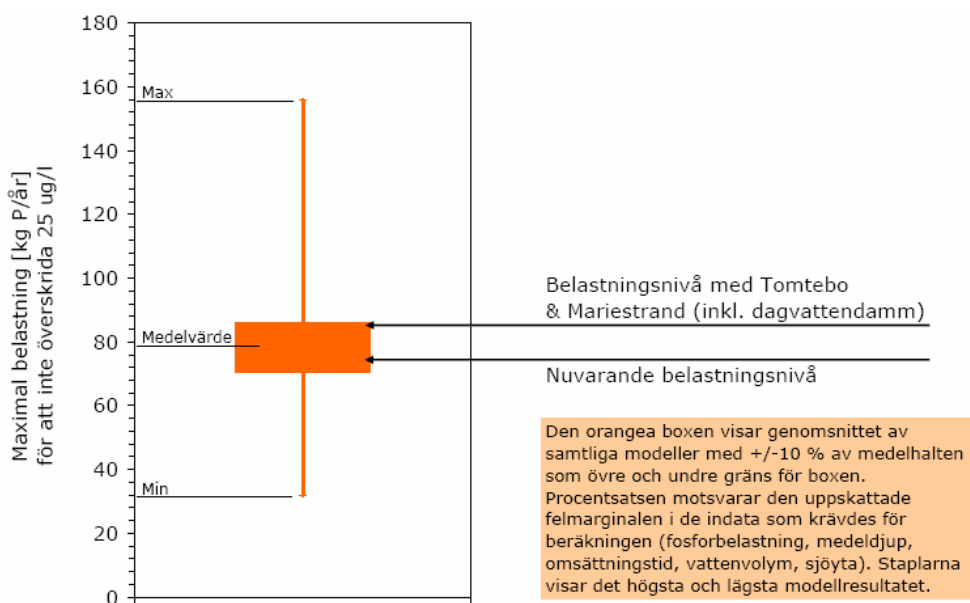
Modellen visar därmed att tillförseln av totalfosfor för nuvarande ligger på en maximal nivå för att fosforkoncentrationen i Nydalasjön inte ska överstiga 25 µg/l. Provtagningen visar dock att nuvarande koncentration ligger på ca 13 µg/l med en maximalt uppnådd nivå på 22 µg/l fosfor. Att den uppmätta koncentrationen idag är lägre än den modellerade beror huvudsakligen på två orsaker:

¹⁸ Vollenweider 1968/1975, OECD 1982 (generella data), OECD 1982 (för grunda sjöar), OECD 1982 (för baltiska och nordiska sjöar), OECD 1982 (inkl. intern belastning från sediment), StormTac - huvudmetod, StormTac - utifrån uppmätt fosforhalt om 20 µg/l, StormTac - utifrån uppmätt fosforhalt om 15 µg/l.

1. Sjön reagerar relativt trögt på förändringar. Halterna av fosfor i sjön visar en stor variation mellan åren, men trenderna indikerar att halten av fosfor tenderar till att stiga (vid en jämförelse mellan nuvarande halt på 13 µg/ och bakgrundshalten på 6 µg/). Ett jämviktstillstånd är därmed inte uppnått ännu.
2. Det kan antas att fosfor som tillförs via dagvatten är mindre biotillgänglig för t.ex. alger (fosfor är bunden till lerpartiklar, humus, m.m.). Detta underskattas av riskmodellen eftersom den ursprungligen är uppbyggd för fosfor från avloppsvatten som är betydligt mer biotillgänglig. Det innebär att en del av fosfor aldrig direkt deltar i fosforomsättningen, utan sjunker till botten relativt snabbt och tillförs sedimenten. Konsekvenserna av fosfor som lagras i sediment har beskrivits tidigare i denna rapport.

Vid fortsatt oförändrad fosfortillförsel kan inte uteslutas att Nydalasjön (utifrån sedimentanalysernas och modellernas resultat) närmar sig en framtida situation med en högre medelfosforhalt jämfört med nuvarande situation. Medelfosforhalten i sjön förväntas att stiga mot en nivå kring 20-25 µg/l utifrån resultat från sedimentundersökningen, modelleringen och uppnådda maximala nivåer (22 µg/l under 2002). Utifrån dagens kunskapsläge är det dock mycket svårt att uppskatta tidshorisonten för detta scenario.

De tidigare genomförda undersökningarna visar vidare att det finns en risk (1980, 2002) för att fosforhalten under enstaka somrar kan stiga till toppnivåer som ligger avsevärt högre än medelhalten över de senaste åren (upp till 22 µg/l fosfor). Dessa toppar kan sätta igång algbloomningar trots att medelhalten ligger på en lägre nivå.



Figur 13. Maximalt tillåten fosforbelastning (orange box, medelvärde +/-10 % felmarginal). Spridningen mellan de nio modellerna redovisas genom staplarna (min - max). Nuvarande belastningsnivå samt belastningsnivån efter utbyggnaden vid Mariestrand och Tomtebo redovisas med respektive pil. Belastningen motsvarar belastning efter dagvattenrening.



Att uppskatta en specifik, framtida risk för algblomning utifrån redovisade parametrar är svårt och osäkert. En viss risk för algblomning existerar även vid nuvarande status. Riskbilden kan dessutom variera kraftigt under en säsong men även mellan åren (beroende på variationerna i nederbörds mängd, -frekvens, temperatur, m.m.). Den övergripande riskbilden anses bestå av trenderna för fosforhalten i sjön sedan 1980, resultaten från sedimentundersökningen, de redovisade resultaten i Figur 13 och erfarenheten från liknande förhållanden vid andra orter. Denna sammanlagda betraktelse tyder på att risken har ökat betydligt de senaste decennierna, och att en maximal belastningsnivå är uppnådd. Erfarenheten har visat att risken för algblomning ökar mycket kraftigt vid fosforhalter överstigande 25 µg/l¹⁹.

Utgångspunkten för att hantera risken för algblomning bör därmed vara att inte ytterligare öka fosforbelastningen till sjön och att tillämpa försiktighetsprincipen. Detta kan ses som ett led i arbetet med EU:s vattendirektiv som även kommer att påverka arbetet runt Nydalasjön. EU:s vattendirektiv har bl.a. till syfte att bibehålla och förbättra statusen hos akvatiska ekosystem. Det innebär en viss förändring jämfört med det tidigare arbetssättet då det arbetades mot ett fastställt riktvärde. För Nydalasjön innebär det framtida miljöarbetet att bevara sjöns nuvarande ekologiska status eller förbättra den.

Att koppla ihop denna riskhantering med översiktsplanens mål för Nydalaområdet bedöms därmed som ett av de viktigaste stegen. I översiktsplanen fastställs området runt Nydalasjön som ett prioriterat område för kommande bebyggelse där skilda markintressen naturvård, rekreation och boende bör kunna förenas. Ett alternativ för att övergripande anknyta riskhanteringen med utvecklingen av området, är att arbeta med en fosforbudget för Nydalasjöns avrinningsområde.

Fosforbudgeten ska grunda sig på nuvarande fosforutsläpp till Nydalasjön, den ska inrymma viss naturlig variation och den ska kunna justeras upp- eller nedåt i framtiden (med avseende på inkommande resultat från bl.a. fortlöpande kontrollmätningar, från forskning, lagstiftning, m.m.).

Förslagsvis bör budgeten till en början väljas vid **80-85 kg fosfor/år** med anledning av nuvarande belastningsnivå och kommande belastning från Tomtebo 1B och Mariestrand. Fosforbudgeten ska även, om det visar sig vara nödvändigt, kompletteras med en liknande budget för kväve, se nedan.

Medelhalten av totalkväve i Nydalasjön uppmättes under mätperioden 2005-2006 till 422 µg/l. Medelhalten av totalkväve mellan 1980-2002 låg på 457 µg/l. Kvävehalten har därmed varit relativt konstant de senaste åren. Jämfört med medelhalten av totalfosfor på ca 9 µg/l (2005-2006) leder detta till en kväve/fosfor-kvot om ca 45 vilket enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (se fotnot ¹² på sidan 22) bedöms som ett kraftigt kväveöverskott.

Om kvävehalterna förblir konstanta över tiden medan fosforhalten ökar, så kan detta enligt Medins Biologi leda till algblomningar även vid fosforhalter under 25 µg/l. Enligt tidigare nämnda, färsk forskning^{20, 21} kan atmosfärisk deposition av kväve över sjöar i norra hemisfären (i Sverige huvudsakligen i Norr- och Västerbotten) orsaka kvävelimiterad tillväxt av alger. Med anledning av detta är det

¹⁹ Muntlig referens. Samtal med Gunnar Persson, SLU Ultuna, 2006-11-01.

²⁰ "Atmospheric nitrogen deposition has caused nitrogen enrichment and eutrophication of lakes in the northern hemisphere", A.-K. Bergström, M. Jansson, Umeå Universitet, 2006.

²¹ "Effects of atmospheric nitrogen deposition on nutrient limitation and phytoplankton biomass in unproductive Swedish Lakes", A.-K. Bergström, P. Blomqvist, M. Jansson, 2005.



mycket viktigt att fortlöpande kontrollera och utvärdera både fosfor- och kvävehalten i Nydalasjön.

L:\5741\10061623\3_Dokument\38_Rapport\061128_slutrapport\061128_mg_rapport.doc

6 Slutsatser

Resultaten av undersökningen gör att bl.a. följande slutsatser kan dras:

1. Det sker en fosfortillförsel till Nydalasjön, huvudsakligen från hårdgjorda ytor (dagvatten), och huvudsakligen under snösmältningen och efterföljande månader.
2. Ökad fosfortillförsel leder till att koncentrationen av fosfor i sjöns vatten stiger.
3. Det existerar ett tydligt samband mellan fosforbelastningen och produktionen av biomassa, inkl. alger (enligt Nebaeus (2004), se fotnot³ på sidan 10).

Under den tid då Nydalasjön i större utsträckning var opåverkad av mänsklig aktivitet, bedöms sjön ha legat på en betydligt näringsfattigare nivå (ca 6 µg/l fosfor) jämfört med dagens situation (ca 13 µg/l fosfor).

Resultaten indikerar att fosforhalten i Nydalasjön visar stor naturlig variation sedan mätningarnas påbörjande 1980. Fosforhalten visar dock en stigande trend vid en jämförelse med bakgrundshalten på 6 µg/l fosfor. Fosforbelastningen från tillrinningsområdet ligger idag på en nästan maximalt godtagbar nivå. Full utbyggnad av Mariestrand och Tomtebo 1B gör att utrymmet för ytterligare fosforutsläpp utan betydande risk för allvarliga konsekvenser krymper till nära noll. Situationen idag är därmed relativt känslig. Ett näringsrikare tillstånd leder till en ökad produktion av biomassa, dvs. en högre halt av bl.a. alger och därmed ökad risk för algblooming. Det finns en viss risk för algblooming redan vid nuvarande tillstånd, även om den risken är relativt låg. Exempelvis kan en situation med en ovanligt hög fosfortillförsel under sommaren, i kombination med höga temperaturer medföra att sjön "flippar över" och utvecklar omfattande algblooming (tillfälliga koncentrationstoppar av fosfor i sjön).

Utgångspunkten för att hantera risken för algblooming är därmed att inte försämra vattenkvaliteten ytterligare, samtidigt som det är lika viktigt att utveckla området i överensstämmelse med översiktsplanens mål. Enligt översiktsplanen bör de skilda markintressena naturvård, rekreation och boende kunna förenas. Resultaten från rapporten visar att detta är genomförbart. Kommande, enskilda exploateringsprojekt som anknyter till och/eller ligger inom Nydalasjöns tillrinningsområde, bör därför i tidigt planeringsskede ta hänsyn till närsaltsstrategin för Nydalasjön. Dessa ytor bör även fortsättningsvis avvattnas mot sjön, dock helst utan att bidra med ytterligare närsaltsutsläpp.

Förslagsvis kan det i framtiden arbetas mot en fosforbudget för Nydalasjön. Ytterligare, enskilda fosforutsläpp bör därför kompenseras med insatser för att minimera fosforutsläpp vid andra punkter. Budgeten väljs vid nuvarande nivå som tillåter naturlig variation utan att öka risken för att algblooming ska inträffa vid enstaka överskridanden. Förslagsvis ligger den på ca 80-85 kg fosfor per år. Fosforbudgeten ska kunna justeras när modellen genom föreslaget kontrollprogram revideras avseende nyckelparametrarna (dvs. parametrar som styr riskbedömningen, exempelvis fosforhalten i sjön, omsättningstid, medeldjup), eller när de nya bedömningsgrunderna ska träda i kraft under 2007 alt. förvaltningsplanen 2009 i enlighet med vattendirektivet.

Ett kontrollprogram föreslås upprättas för att minska osäkerheten i dataunderlaget och därmed öka träffsäkerheten för riskprognosen. Vidare ska ett kontrollprogram i god tid kunna upptäcka betydande förändringar i miljösystemet och ska även vara



till hjälp för att upptäcka trender. Kontrollprogrammet föreslås ej vara av samma omfattning som hittills utan bör fokusera på utvalda delar som dels är avgörande för riskprognosen och dels där kunskapsluckorna är störst.

Sammanfattningsvis kan konstateras att riskerna huvudsakligen finns i trenderna i de historiska data sedan 1980-talet samt toppkoncentrationerna av fosfor 1980 och 2002, i trenderna i sedimentskikten (både analys av fosfor i sedimenten och rekonstruktion av fosforhalten i sjön), i resultaten från riskmodelleringen samt i erfarenheten från andra sjöar, snarare än i medelfosforhalten i Nydalasjön. Resultaten visar tecken på att utvecklingen går i riktning mot ökad eutrofiering.

Utifrån dagens kunskapsläge föreslås försiktighetsprincipen att tillämpas och fosfortillförseln föreslås hållas på högst dagens nivå för att långsiktigt kunna bevara god vattenkvalitet. Rapporten, som av Umeå Kommun föredömligt låtit upprättas i förebyggande syfte, uppfyller därmed sin uppgift och tillåter en kursändring innan eutrofieringsprocessen är för långt framskriden. Riskbedömningen blir därmed ett essentiellt hjälpmedel för att i framtiden styra det strategiska arbetet runt Nydalasjön i att minska näringsbelastningen.



7 Förslag till framtidsstrategi

7.1 Planarbetet

- För planerad bebyggelse och andra aktiviteter inom och/eller intill Nydalasjöns tillrinningsområde ska i tidigt skede närsaltspåverkan utvärderas. Utvärderingen ska ske i relation till fosforbudgeten för Nydalasjön och bör genomföras som en del av en miljökonsekvensbeskrivning.
- Förslagsvis bör budgeten till en början väljas vid 80-85 kg fosfor/år med anledning av nuvarande belastningsnivå och kommande belastning från Tomtebo 1B och Mariestrand.
- Avvattning av ytor ska generellt även i framtiden ske mot Nydalasjön. Bortledning av vatten från tillrinningsområdet rekommenderas ej. Målsättningen är att bibehålla eller öka vattenomsättningen i Nydalasjön.
- Tänkbara åtgärder mot närsaltsutsläpp från ytor med tillkommande bebyggelse ska utvärderas i tidigt skede. Åtgärder bör om så är möjligt samordnas med andra planerade eller befintliga ytor. Samtliga tänkbara alternativ ska studeras. Målsättningen ska alltid vara att fosforbudgeten hålls.
- Befintliga ytor som påverkar närsaltsutsläppen bör undersökas närmare och åtgärdas. Fokus ska huvudsakligen läggas på ytor anslutna till utsläppspunkter med proportionellt sett stora bidrag till fosforbelastningen (se Figur 9). Bidraget från dagvatten från provpunkt PP6 Camping/Fotboll bör prioriteras. En utvärdering ska i första hand fokusera på gödslingsintensiteten och ogräsbekämpningen på grönytor. I andra hand bör även behandlingstekniska åtgärder övervägas.
- Dagvatten som avleds via PP1 Mariehem bör även fortsättningsvis avledas mot Noret och hydrauliskt kortslutas mot Nydalasjöns utloppspunkt, om inte omfattande reningsinsatser görs för att rena dagvattnet från närsalterna fosfor och kväve.
- Insatser kan även vara tänkbara för punktutsläpp från skogsområden. Åtgärderna bör dock väljas så kostnadseffektiva som möjligt med hänsyn till deras låga proportionella bidrag till fosforbelastningen (se Figur 9).
- Möjligheten bör utvärderas att hantera snöolymer från snöröjningen inom Nydalasjöns tillrinningsområde och - efter tillfredsställande rening - avleda smältvatten till Nydalasjön för att öka vattenomsättningen. Val av teknik och lokalisering bör väljas efter noggrann utvärdering. Åtgärderna bör även väljas så kostnadseffektiva som möjligt med hänsyn till det proportionella bidraget till vattenomsättningen (se Figur 8).
- Verksamheter runt sjön och stugor som inte har sluten tank för avloppshantering och därmed avvattnar BDT- och/eller avloppsvatten till Nydalasjön, bör åtgärda detta alt. använda fosfatfria tvätt- och disk-

medel. En uppdaterad översyn av de enskilda avloppssystemen runt Nydalasjön bör genomföras.

- En ev. framtida höjning av vattennivån i Nydalasjön bör utvärderas mycket noggrant då en högre vattennivå påverkar de hydrologiska och vegetationsrelaterade förutsättningarna, bl.a. ökar omsättningstiden vid en större vattenvolym.
- En central enhet föreslås samordna de enskilda insatserna, ev. inom ramen för vattendirektivet (vattenråd). Det bör ingå i uppgiften att:
 - utvärdera planerade projekt
 - övervaka och revidera fosfor- och ev. kvävebudgeten
 - aktualisera riskmodellen
 - koordinera kontrollprogrammet (se även nedan)
 - arkivera befintliga och nya, tillkommande handlingar
 - samordna mellan samtliga inblandade parter

7.2 Kontrollprogram

- Regelbunden provtagning av sjövatten
Reducerar osäkerheten i dataunderlaget på grund av naturlig variation, och ger tillgång till data för analyser avseende historiken och trender. Provtagningen bör även fortsättningsvis omfatta provtagning av plankton utöver de fysikalisk-kemiska parametrarna.
- Undersökning av de hydrologiska förhållandena
(omsättningstid, grundvattenförhållanden, medeldjup)
Ger ett uppdaterat, färskt dataunderlag för riskmodellen och därmed en träffsäkrare riskprognos.
- Mätning av atmosfärisk deposition av fosfor och kväve
En faktor som är svår att påverka åtgärdsmissigt, men som bidrar stort till fosforbelastningen. Osäkerheten i dataunderlaget reduceras ytterligare och därmed för hela bedömningen av fosforbelastningen.
- Utreda kvävet roll vid produktion av biomassa
Kontrollerar vilken av parametrarna fosfor eller kväve som styr alg tillväxten (förslagsvis i samarbete med Umeå Universitet).

7.3 Ytterligare undersökningar

- Dagvattenutredning (planeras att eventuellt genomföras av Umeva)
Kalibrering av schablonvärden för föroreningsinnehåll i dagvatten för norrländska förhållanden.
- Befintliga och nya dagvattendammar bör följas upp
Kontrollprogram för dagvattendammarna ska genomföras. Fungerar de uppbyggda respektive planerade behandlingssystem för att reducera fosforflödena? Hur ska dimensioneringen genomföras i framtiden?

Bilaga 1 - Begreppsförklaring

(Enligt examensarbete Ann-Sofi Boberg)

Alg	Växter/organismer som lever helt i vatten och utför fotosyntes. De flesta alger använder klorofyll för fotosyntesen. Algerna regenererar med fotosyntesen en stor andel av det syre som andra organismer förbrukar.
Atmosfärisk deposition	Luftburna ämnen som faller till marken, t ex luftföroreningar. Kan delas upp i våt- respektive torrdeposition.
Avrinningsområde	Ett sammanhängande landområde, inklusive sjöar, som avvattnas via samma vattendrag.
Avrinningskoefficient	En dimensionslös konstant (utan enhet) som uttrycker hur stor del av nederbörden som avrinns efter förluster genom avdunstning, infiltration och adsorption av växtligheten eller genom magasinering i markytans ojämnheter. Avrinningskoefficienten är alltid mindre än 1. Avrinningskoefficienten är ett mått på den maximala andelen av ett avrinningsområde som kan bidra till avrinningen.
Basflöde	Ytvattenavrinning under perioder utan nederbörd.
Buffertkapacitet / alkalinitet	Buffertkapacitet är den förmåga som mark och vatten har att motstå försurning.
Dagvatten	Ytavrinnande vatten såsom regn- och smältvatten från t ex gator, taktäckta ytor, gårdar och grönytor.
Eutrof	Näringsrikt tillstånd för t ex en sjö.
Eutrofiering	Ökning av halten näringsämnen i t ex vatten; medför påskyndad produktion av biomassa.
Mesotrof	Måttligt näringsrikt tillstånd för t ex en sjö.
Närssalter	Näringsämnen, t ex kväve- och fosforföreningar.
Oligotrof	Näringsfattigt tillstånd för t ex en sjö.
pH	Ett mått på hur mycket vätejoner det finns i en lösning. pH över 7 – basisk, pH under 7 – sur, pH = 7 – neutral.
Recipient	Mottagare av föroreningar, t.ex. sjö eller vattendrag.
Tillrinningsområde	Ett avrinningsområde omfattar både markytan och ytan av områdets sjöar. Om man däremot räknar endast markytan, varifrån vatten avrinns till sjöar och vattendrag i området, så kallas det tillrinningsområde.
Totalfosfor	Ett mått på den totala fosformängden. Totalfosfor innefattar fosfat och organiskt bunden fosfor. Fosfat är fosfor i en form som är tillgänglig för växter (alger). Organisk fosfor är fosfor som är bunden till organiskt material.
Totalkväve	Ett mått på den totala kvävemängden. Totalkväve innefattar ammonium, nitrat och organiskt bundet kväve.

Bilaga 2 - Provtagningsmetodik

Provtagning av yt- och dagvatten

Provtagning genomfördes under nederbörd eller strax efter avslutat regn. Flest provtagningar koncentrerades till perioder med höga flöden, dvs. i samband med snösmältning och kraftiga och långvariga regn. I samband med snösmältningen är halterna höga eftersom föroreningar som ackumulerats i snön under vintern frigörs då. Provtagningarna påbörjades i början av maj 2005 och avslutades i maj 2006.

Vid provtagningen (stickprovtagning) fylldes provflaskor om 500 ml (plastflaskor), vattentemperaturen uppmättes och momentanflödet mättes. Provtagningsjournal fördes vid samtliga provtagningstillfällen. Fyllda provflaskor förvarades i kylbox under resterande provtagning och lämnades in för analys inom två timmar efter provtagningstidpunkt. Analyserna har utförts av ALcontrol i Umeå. Följande analysparametrar och analysmetoder har använts vid analys av yt- och dagvatten.

Parameter	Analysmetod
pH	SS 02 81 22 utg 2
Konduktivitet 25°C	SS-EN 27888-1
Alkalinitet, HCO ₃	SS 02 81 39 utg 1
Temperatur, kond./pH mätning	-
NO ₃ -N+NO ₂ -N	TRAACS
Färgtal	AA II, Meth.181-72W mod.
Fosfor tot, P	fd. SS 02 81 27 utg 2, T
Kväve tot, N	fd. SS 02 81 31 utg 1, T
TOC	SS-EN 1484
Ammoniumkväve, NH ₄ -N	TRAACS 800, Appl.No J001
Fosfor tot, P, filt	fd. SS 02 81 27 utg 2, T
Kväve tot, N, filt	fd. SS 02 81 31 utg 1, T
Syre, O ₂	SS-EN 25813
Syremättnad	SS 02 81 14 utg 2

Analysprotokoll finns att tillgå på WSP Samhällsbyggnad i Umeå.

Provtagning av sjövattnet

Provtagning av sjövattnet utfördes vid tre punkter i Nydalasjön. Punkterna har i förväg lagts in i GPS-mottagare som hjälp för navigering. Vid första (sydligast) och tredje punkten (nordligast) uttogs enbart planktonprov. Vid mellersta punkten uttogs planktonprov och även prov för fys-kem. parametrar.

Vid provtagningen kontrollerades först om sjön var skiktad. Kontrollen gjordes genom att mäta vattentemperaturen vid botten och vid ytan. Skiktning av vattenmassorna har aldrig förekommit vid provtagningen inom detta uppdrag. Vid provuttag användes en Ruttnerhämtare om 0,7 liter. Proven togs ut vid en och vid två meter under vattenytan. Proven blandades i en hink till ett samlingsprov, varifrån provflaskor fylldes.



Vid provtagningen mättes även siktdjup och vattentemperatur. Vidare togs kvantitativa och kvalitativa planktonprov (dvs. dels med avseende på mängder och dels med avseende på artbestämning), i en färsk och en konserverad omgång (konservering med iodiodkaliumlösning) för vidare analys av Miljökontoret i Umeå. Planktonprovtagningen utfördes med hjälp av en håvprovtagare med 25 µm maskstorlek.

Provtagningsjournal fördes vid samtliga provtagningstillfällen. Fyllda provflaskor förvarades i kylbox under resterande provtagning och lämnades in för analys inom 2 timmar efter provtagningstidpunkt. Analyserna har utförts av ALcontrol i Umeå. Se ovan för analysparametrar och analysmetoder. Analys av dessa prover har även utförts av Analytica i Stockholm. Orsaken till att två olika laboratorier har använts är att analysresultaten, främst gällande fosfor, var onormalt låga under hela sommaren 2005. För att utesluta eventuella fel vid analys av prov skickades vissa prover in även till Analytica för analys.

Bilaga 3 - Datamodellering

Modelleringen av massflödet har genomförts enligt nedan. Beteckningarna betyder följande:

Q	Flöde
C	Koncentration
R ²	Mått på felmarginal

1. Provtagning → Q (l/s) och C (mg/l)
2. Rensa eventuellt dataset, vilket innebär att ”outliers” tas bort. T.ex. vid extremt låga flöden o.d.
3. Regressionsanalys, val av analys med bäst regression (via R²-värde) → C = f(Q) i någon form, t.ex. $C = (0,3592 * e^{0,0357 * Q}) / Q$.
4. Beräkna C_{medel} utifrån 3-4 stycken regressionsekvationer.
5. Använd beräknat vattenflöde i respektive provtagningspunkt (l/månad)
6. Massflöde = (Q_{pp} * C_{medel}) / 10⁶ (kg/månad)

Uppmätt koncentration av totalfosfor och totalkväve från analyserade stickprov samt uppmätt momentanvattenflöde har använts för att modellera fram en representativ koncentration vid varje provtagningspunkt. Antalet stickprov av koncentration och flöde är 21 stycken. Koncentrationen beror av flödet samtidigt som flödet varierar vid varje provtagningsstillfälle. Därför måste flödet viktas in i varje uppmätt koncentration.

För varje provtagningspunkt har tre diagram (ett för kväve och två för fosfor (filtrerad samt ofiltrerad)) ritats upp i Microsoft Excel. Q är det uppmätta flödet och C är den uppmätta koncentrationen vid respektive provtagningspunkt. Utifrån de plottade punkterna har en regressionsanalys gjorts med hjälp av Microsoft Excel, vilket innebär att en trendlinje anpassas till de plottade värdena. Den typen av trendlinje som visar högst R²-värde (se ovan) är den som bäst passar de plottade värdena och denna linjes ekvation används sedan för beräkning av koncentrationen i varje provtagningspunkt. För att få en så god approximation av koncentrationen som möjligt har en medelkoncentration beräknats utifrån de 3-4 trendlinjers ekvationer med högst R²-värde.

Denna medelkoncentration har sedan använts för att räkna ut årstransporten av fosfor med hjälp av SMHI:s värden för nederbörden över Umeå samt de inmätta delytorna med respektive markanvändning.

Bilaga 4 - Inventering verksamheter runt Nydalasjön

Vid Nydalasjöns stränder finns flera områden med fritidshus varav ett fåtal används för åretruntboende. Det finns också andra verksamheter kring sjön, t ex bad, camping, fotbollsplaner, KFUM verksamhet, café och grillplatser. Dessa aktiviteter är endast aktiva sommartid, varför det då sker en ökad påverkan på sjön. I tabellen nedan presenteras på vilket sätt respektive verksamhet eventuellt påverkar Nydalasjön, t ex i form av småskaliga avloppsutsläpp, dagvatten samt gödsling.

Verksamhet	Påverkan
Fritidshus/bostadshus	Vanligaste lösningen är torrklosett i kombination med vatten från sjön för disk och tvätt. På några fastigheter vid den sydöstra delen av sjön finns enstaka BDT-avlopp i kombination med WC-avlopp till slutna behållare/trekammarbrunn.
Grillplatser	Här finns utedass med tank ovan mark som hämtas och töms av Umeå kommun.
Café Kyrkstugan	Här finns utedass med tank ovan mark som hämtas och töms 1 gång per säsong.
KFUM verksamhet	Det finns utedass med tank.
Nydala friluftsbad	Dagvattnet från friluftsbadet går direkt ut i sjön.
Umelagun (tempererat utomhusbad)	Badvattnet går till rening. Dagvattenbrunnar finns på området och vattnet leds ut i sjön.
Nydala camping	Nydala camping har endast en mindre trädgård för "husbehov", denna gödglas i mindre mängder. Framtida planer på en utökning av antalet träd och buskar finns.
Fotbollsplaner	Fotbollsplanerna gödglas och ogräsbekämpas vid behov.

Bilaga 5 - Identifiering av felkällor

Följande möjliga felkällor har identifierats och kvantifieras i den mån det är möjligt för att uppskatta felmarginalen av beräkningarna. Kvalitativ felmarginal är en uppskattning av felet där värden för felprocenten saknas. Kvantitativ felmarginal är felmarginalen där det finns värden.

Felmarginalen för laboratorieanalyser har erhållits av respektive laboratorium. Vid analys av sjövattnen kan enligt laboratorierna ingen lägre felmarginal åstadkommas. I föreliggande studie har bland annat spikade prover (dvs. vattenprover med en känd koncentration om 21 µg/l) samt blankprover (dvs. vattenprover med en fosforkoncentration under analysutrustningens detektionsgräns) skickats in i samband med provinlämning av sjövattneprover.

Identifierad potentiell felkälla	Kvalitativ felmarginal	Kvantitativ felmarginal
Analysosäkerhet yt- och dagvatten	-	ca 10-15 %
Analysosäkerhet sjövattnen	-	ca 35 - 45 %
Modellering av medelhalten (utifrån R-kvadratvärde i regressionsanalysen)	-	ca 5 - 15 %
Nederbördsdata SMHI	låg	-
Inmätning ytor	låg	-
Dataöverföring (från analysprotokoll till Excel)	låg	-
Flödesmätning vid provtagning	stor (men relativt sett låg risk för felaktiga beräkningar)	-
Befintliga uppgifter (t.ex. omsättningstid, medeldjup)	okänt	-
Schablonhalter atmosfärisk deposition	okänt	-
Grundvattenförhållanden	okänt	-



Bilaga 6 - Situationsplan

Karta med situationsplan över avrinningsområden mm.
(Källa: Umeå OK/IFK Umeå)

