

Vattenplan för Ensjön

Norrköpings kommun



Ebba af Petersens, Rickard Olofsson,
Jonas Andersson och Sten-Åke Carlsson.

WRS Uppsala AB & Vattenresurs AB

2009-11-12

Justerad 2010-02-10

1	SAMMANFATTNING	1
2	INLEDNING	1
3	KARAKTÄRISERING AV AVRINNINGSSOMRÅDET	2
3.1	AVRINNINGSSOMRÅDETS GRÄNSER OCH DELAR.....	2
3.1.1	<i>Ljura Bäcks avrinningsområde</i>	2
3.1.2	<i>Ensjöns avrinningsområde</i>	2
3.1.3	<i>Hydrologi – nederbörd, avrinning, flöden och omsättningstid</i>	3
3.1.4	<i>Markanvändning</i>	4
3.2	ENSJÖN OCH ÖVRIGA SJÖAR I AVRINNINGSSOMRÅDET.....	6
3.2.1	<i>Ensjön</i>	6
3.2.2	<i>Lillsjön och Storsjön</i>	6
4	TILLSTÅNDET I AVRINNINGSSOMRÅDET – UPPMÄTTA HALTER	6
4.1	VATTENKVALITET I TILLRINNANDE VATTENDRAG.....	6
4.2	VATTEN- OCH SEDIMENTKVALITET I ENSJÖN.....	9
4.2.1	<i>Jämförelse med tidigare vattenundersökningar</i>	9
4.2.2	<i>Vatten- och sedimentprovtagning i Ensjön 2009</i>	11
4.2.3	<i>Fraktionerad fosforanalys av sediment</i>	12
4.2.4	<i>Är Ensjön fosfor eller kvävebegränsad?</i>	13
5	BERÄKNING AV VÄXTNÄRINGSTRANSPORT	14
5.1	PUNKTKÄLLOR.....	14
5.1.1	<i>Enskilda avlopp och gemensamma privata anläggningar</i>	14
5.2	DIFFUSA KÄLLOR.....	18
5.3	SYNTES.....	19
6	MÅL FÖR FRAMTIDA VATTENKVALITET	21
6.1	ÖVERSIKTLIGA MÅL.....	21
6.2	FÖRSLAG TILL VATTENKVALITETSMÅL FÖR ENSJÖN.....	21
7	ÅTGÄRDSPROGRAM	22
7.1	SAMMANFATTANDE ÅTGÄRDSANALYS.....	22
7.2	ÅTGÄRDER - PUNKTKÄLLOR.....	23
7.2.1	<i>Enskilda avlopp</i>	23
7.2.2	<i>Dagvatten</i>	24
7.3	ÅTGÄRDER - DIFFUSA KÄLLOR.....	26
7.3.1	<i>Minskat växtnärläckage från jordbruket</i>	26
7.3.2	<i>Anläggning av våtmarker</i>	28
7.4	ÅTGÄRDER I ENSJÖN.....	32
7.4.1	<i>Slätter av bladvass</i>	32
7.4.2	<i>Minskat läckage av fosfor från bottensedimenten</i>	33
7.4.3	<i>Minskning av näringstillförsel från sjöfågel</i>	33
8	UPPFÖLJNING	34
8.1	BEHOV AV MÄTNING OCH UPPFÖLJNING I SJÖAR OCH VATTENDRAG.....	34
9	REFERENSER	35
10	BILAGOR	36
10.1	BILAGA 1 - KARTERING.....	36
10.2	BILAGA 2 – ENSJÖN - FOSFOR I VATTEN OCH SEDIMENT.....	36
10.3	BILAGA 3 – KÄLLFÖRDELNING AV FOSFOR OCH KVÄVE.....	36

1 Sammanfattning

Ensjön är en näringsrik sjö belägen strax söder om Norrköping, med södra delarna av avrinningsområdet i Söderköpings kommun. Sjön belastas huvudsakligen med växtnäringssämnen från enskilda avlopp och läckage från åkermark, vilket tillförs sjön via fyra tillflöden.

I föreliggande rapport har beräkningar gjorts över transporter av fosfor och kväve till Ensjön, baserat på uppgifter om enskilda avlopp samt markanvändningen i området. Den totala beräknade belastningen till sjön är ca 500 kg fosfor och 12,5 ton kväve årligen. Källfördelningen som gjorts visar att de enskilda avloppen står för nästan hälften av fosfortillförseln, medan jordbruksmarken står för närmare hälften av tillförseln av kväve.

En genomgång har gjorts över alla kända provtagningar i sjön och dess tillflöden, de tidigaste från 1975. I de diken som avvattnar områden med stor andel avlopp kan man ana en minskning framförallt av fosforhalterna under åren. Detta är sannolikt ett resultat av de åtgärder som gjordes i mitten på 1990-talet då flera bostadsområden anslöts till det kommunala VA-nätet. Halterna i sjön och i utloppet från sjön har i stort sett varit oförändrade under alla år. Fosforhalten har varierat mellan 10 och 100 µg/l och kvävehalten mellan 1-2 mg/l oavsett inkommande halter. Detta tyder på att sjön har en god förmåga att buffra inkommande halter. Fosfor lagras upp i sedimenten och mikroorganismer i sjöns vatten och sediment omvandlar kväve i vattnet till kvävgas.

Inom arbetet har mål satts upp för vattenkvalitet i Ensjön. Därefter har beräknats hur mycket tillförseln måste minska för att målen ska nås. För att nå en god vattenkvalitet i Ensjön bör belastningen på sjön minska med ca 350 kg fosfor och 4 ton kväve årligen, vilket är en minskning med ca 70% respektive 30% av dagens belastning. Ett åtgärdsprogram har tagits fram med förslag på åtgärder för att minska belastningen. Utifrån de data som finns dras slutsatsen att Ensjön är fosforbegränsad, vilket betyder att om man minskar på tillförsel av fosfor, minskar också tillväxten i sjön. Därför ses fosforbegränsande åtgärder som prioriterade. Den viktigaste åtgärden är att förbättra de drygt 100 avlopp som inte uppfyller lagstiftningens krav. För att minska läckaget från åkermarken föreslås en eller flera våtmarker, skyddszoner samt rådgivning till stora och små markägare.

Slutligen föreslås att man upprättar ett provtagningsprogram för Ensjön med tillflöden, för att kunna besluta om åtgärder samt mäta effekterna av genomförda åtgärder.

2 Inledning

År 1993 antog Norrköpings kommun ett handlingsprogram för Ensjön som syftade till att komma tillrätta med närsaltsituationen i den övergödda sjön. Åtgärdsdelen fokuserade dels på att åtgärda avloppssituationen i fritidshusområdena runt sjön och dels på att begränsa närsaltläckaget från åkermarken i avrinningsområdet. Bland annat föreslogs olika typer av våtmarker i anslutning till de fyra diken som mynnar i sjön. För att få en värdeomätare på sjöns tillstånd samlades fysikaliska, kemiska och biologiska data in och analyserades 1996. Detta hade också gjorts 1986 inom ramen för ett examensarbete. Under hösten 2008 skedde viss provtagning för att få en fingervisning om hur tillståndet är idag.

Sedan 1993 har en del av VA-problemområdena runt sjön åtgärdats och en del återstår. Närsaltläckaget från omgivande åkermark har inte åtgärdats på något sätt. Brukare och boende runt sjön har tillsammans med tjänstemän och politiker startat en "aktionsgrupp" för att jobba med sjön på olika sätt. En undergrupp är intresserad av hur man ska förbättra tillståndet i sjön och eventuellt kommer ett vattenråd att bildas på basis av idéerna i denna grupp. En viktig arbetsuppgift som faller på kommunens lott är att revidera handlingsprogrammet för Ensjön.

Med anledning av detta har kommunen uppdragit åt WRS Uppsala AB att ta fram ett nytt handlingsprogram med nödvändiga bakgrundsfakta, med en sammanställning av vad som gjorts sedan sist och hur situationen är idag.

Uppdraget har utförts av Ebba af Petersens, Rickard Olofsson och Jonas Andersson på WRS, i samarbete med Sten-Åke Carlsson på Vattenresurs.

3 Karaktärisering av avrinningsområdet

3.1 Avrinningsområdets gränser och delar

3.1.1 Ljura Bäckes avrinningsområde

Ensjön ingår tillsammans med Storsjön och Lillsjön i Ljura Bäckes avrinningsområde, vilket ingår i Motala ströms vattensystem. Sjöarna utgör tillsammans 4 % av avrinningsområdets yta. Avrinningsområdet är drygt 70 km² stort och består mestadels av jordbruksmark och skogsmark samt bebyggelse.

3.1.2 Ensjöns avrinningsområde

Ensjöns avrinningsområde är totalt 25 km² stort. Den norra delen som också utgör den största delen av avrinningsområdet ligger i Norrköpings kommun medan den södra delen av avrinningsområdet ligger i Söderköpings kommun. Landskapet inom avrinningsområdet är ett varierat åker- och skogslandskap, med en stor andel fritidshus- och villabebyggelse. Bebyggelsen återfinns främst i området närmast sjön. Åkermarken består av lersediment som i lågområdena mestadels är varvig. I de något högre skogsmarksområdena består marken av sandig moig morän, ofta med ett svallat ytskikt. Moränlagret är ytligt och det är vanligt med berg i dagen. I den sydöstra delen av området återfinns ett stort torvområde.

Ensjöns avrinningsområde har i det erhållna materialet från kommunen delats in i fem delavrinningsområden. Dessa fem delavrinningsområden har i detta arbete namngivits ARO (avrinningsområde) 1-5. Indelningen fungerar som underlag för att tydliggöra omfattningen av näringstransporterna i respektive dike som avvattnar varje enskilt delavrinningsområde.

Områdets markanvändning har karterats utifrån digitalt kartmaterial och tillflöden samt utlopp har vid fältbesök översiktligt kontrollerats. De fyra avvattnande dikena rinner till största delen genom åkermark innan de mynnar i Ensjön.

Markanvändningen har delats in i åkermark, skog och övrig markanvändning samt bebyggelse. Ensjöns avrinningsområde domineras av skog motsvarande 70 %. Andelen åkermark utgör 20 % och bebyggelsen är 10 %. Ensjön utgör knappt 10 % av

avrinningsområdet. Varje enskilt delavrinningsområde beskrivs mer detaljerat under avsnitt 3.1.4. Ensjöns avrinningsområde illustreras i Figur 1.



Figur 1. Ensjöns avrinningsområde med delavrinningsområden, tillflöden och utlopp markerade.

3.1.3 Hydrologi – nederbörd, avrinning, flöden och omsättningstid

Ensjöns avrinningsområde

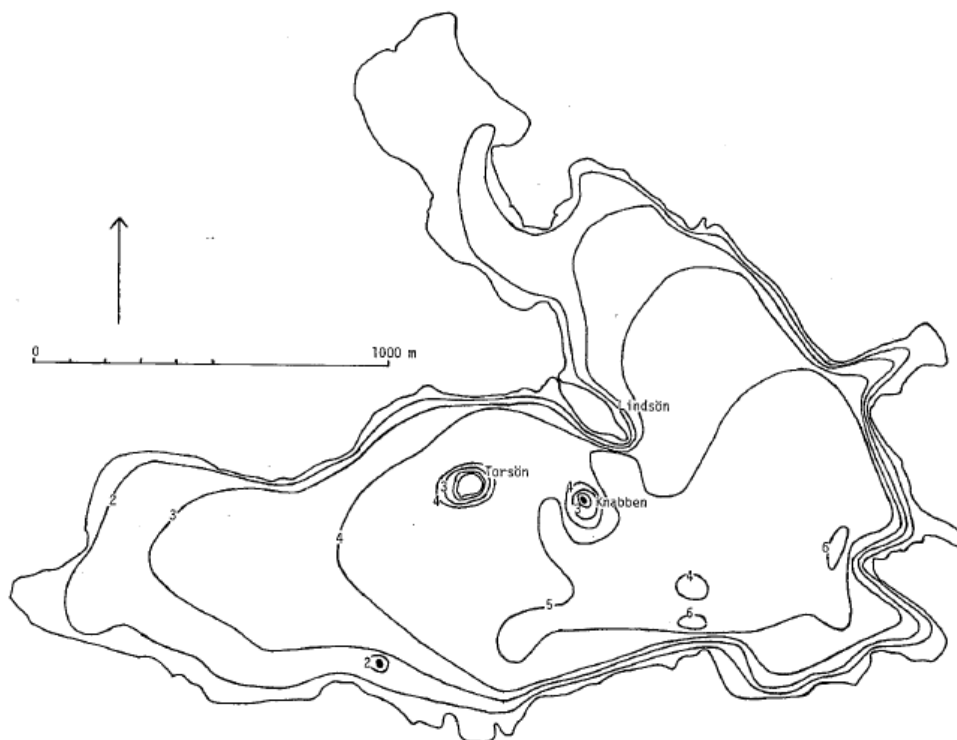
Nederbörden i området är enligt SMHI:s station Norrköping (station nr 8634) ca 470 mm per år, baserat på normalvärde för åren 1961-1990.

Medelavrinningen för Ensjöns avrinningsområde är 135 l/s^1 , vilket är den avrinning som använts i beräkningarna.

Ensjön

Ensjön har en yta på ca 235 ha. Medeldjupet i sjön är 3,6 m vilket ger en vattenvolym på ca 9 miljoner kubikmeter. Maxdjupet är 6,2 m och de djupaste delarna finns i sydöstra delen av sjön, se djupkarta, Figur 2. Sjön har en relativt lång omsättningstid på 2,1 år vilket gör sjön känslig för föroreningar. För att öka åkerarealerna runt sjön sänktes Ensjön ca 1 meter år 1869.

¹ Edlund, J. Naturvärdesinventering av 75 sjöar i Norrköpings kommun 1996. Norrköpings kommun.



Figur 2. Djupkarta Ensjön².

3.1.4 Markanvändning

Markanvändningen har kategoriserats utifrån flygfoton och den topografiska kartan. Arealberäkningar har därefter gjorts på en digital karta. Syftet med att kartlägga markanvändningen för varje delavrinningsområde är att synliggöra omfattningen av näringstransporterna från respektive område. Nedan följer en beskrivning av respektive delavrinningsområde.

Nyalundsdiket (ARO 1)

Delavrinningsområdet, som är det minsta området, är 268 ha stort och består av 152 ha (57 %) skogsmark, 87 ha (32 %) åkermark och 29 ha (11 %) bebyggelse. Bebyggelsen utgörs främst av bostadsområdet Kättsätter och norra delen av Kårtorp. Avrinningsområdet avvattnas via Nyalundsdiket. I området planeras omfattande exploateringar. För närvarande pågår arbete med en ny detaljplan för Sankt Johannes 2:1 (Södra Vrinnevi) som skall inrymma bostäder, centrumbebyggelse och förskola.

Öbonäsdiket (ARO 2)

Delavrinningsområdet är 588 ha stort och består av 393 ha (67 %) skogsmark, 148 ha (25 %) åkermark och 47 ha (8 %) bebyggelse. Bebyggelsen består av Ludden-området och sydöstra delen av Öbonäs. Avrinningsområdet avvattnas via Öbonäsdiket.

Området närmast Ensjön (ARO3)

Delavrinningsområdet är 490 ha varav Ensjön utgör 235 ha. Markanvändningen utgörs av 120 ha (47 %) skogsmark, 18 ha (7 %) åkermark och 117 ha (46 %) bebyggelse.

² Från Neu, J. 1986. Närsaltsbelastning och status för Ensjön, Norrköpings kommun. Examensarbete 1986:11, Högskolan i Kalmar.

Avrinningsområdet avvattnas inte via något specifikt dike utan avrinningen sker mer eller mindre direkt till Ensjön. Inom detta område finns de flesta bostadsområdena; Rocknäset, Myrudden, större delarna av Kårtorp och Åselstad, samt delar av Markgärdet, Öbonäs och Ensjöns villaområde.

Sjöviksdiket (ARO 4)

Delavrinningsområdet är 615 ha stort och består av 413 ha (67 %) skogsmark, 138 ha (22 %) åkermark och 47 ha (8 %) bebyggelse. I området finns också ett stenbrott som utgör 17 ha (3 %). Bebyggelsen består av områdena Evalund och delar av Markgärdet samt Hagsätter och Djurtorp som tillhör Söderköpings kommun. Avrinningsområdet avvattnas via Sjöviksdiket.

Markgärdetdiket (ARO 5)

Delavrinningsområdet är 755 ha stort och därmed det största delavrinningsområdet. Området domineras av skogsmark, totalt 660 ha (87 %), medan 91 ha (12 %) är åkermark och 4 ha (1 %) stenbrott. Inom området finns ingen sammanhållen bebyggelse utan endast spridda hus. Inom området finns två mindre sjöar, Storsjön och Lillsjön samt en mosse, Vagnmossen. Avrinningsområdet avvattnas via Markgärdetdiket och vattnet lyfts i dagsläget via en pumpstation över vägvallen vid den norra delen av åkermarken på Markgärdet.



Figur 3. Markgärdetdiket med pumpstation.

3.2 Ensjön och övriga sjöar i avrinningsområdet

3.2.1 Ensjön

Ensjön är en stor tätortsnära sjö med typiska eutrofa egenskaper. Närheten till centralorten Norrköping gör att Ensjön har klassats som mycket viktig rekreativ miljö i kommunens naturvärdesinventering 1996. Om sjöstatusen förbättras så kan Ensjön erbjuda goda möjligheter till bl.a. bad, fiske, rekreation och fungera som ett bra exkursionsobjekt för t.ex. Norrköpings gymnasieskolor.

Vattenvegetationen i sjön domineras helt av bladvass som bildar ett tätt, mer eller mindre brett bälte runt stora delar av sjön. Ingen känd kartering av undervattensvegetation finns. Troligtvis är undervattensvegetationen begränsad pga. avsaknad av grundområden samt det begränsade siktdjupet.

Till sjöns häckfågelfauna hör bland annat skäggdopping, sothöna, gräsand, rörsångare, sävsparv och fiskgjuse. Strömstare övervintrar ofta i Ljura bäck nedströms Ensjön.

I augusti 1995 genomfördes ett provfiske i sjön. Vid provfisket fångades totalt 10 arter: mört, björkna, benlöja, gös, gädda, abborre, gärs, sarv, ruda och sutare. Fångsten dominerades av karpfiskar, vilka sammanlagt utgjorde 55 % av biomassan och 86 % av individerna. Gös, gädda och abborre utgjorde vardera ca 15 % av biomassan. Ett svagt flodkraftbestånd fanns fram till 1994 då sjön drabbades av kraftpest.

Undersökning av bottenfaunan gjordes i januari 1986 på 2,5-4,5 m djup. Glattmaskar dominerade, men även fjädermyggor, tofsmyggor, svidknott och vattenkvalster påträffades, totalt 7 taxa. Tätheten motsvarade 1949 individer per m². I maj 1996 gjordes ett samlingsprov av 5 bottenhugg på ca 5 m djup. Totalt påträffades 6 taxa med en sammanlagd individtäthet på ca 1500 ind/ m². Vid båda provtagningstillfällena påträffades arter som klarar leva under ansträngda syreförhållanden och är karaktäristiska för näringsrika vatten.

3.2.2 Lillsjön och Storsjön

I avrinningsområdet finns förutom Ensjön också två små sjöar, Lillsjön som är drygt 6 ha stor och Storsjön som är knappt 19 ha stor. Båda sjöarna ligger i Söderköpings kommun.

4 Tillståndet i avrinningsområdet – uppmätta halter

4.1 Vattenkvalitet i tillrinnande vattendrag

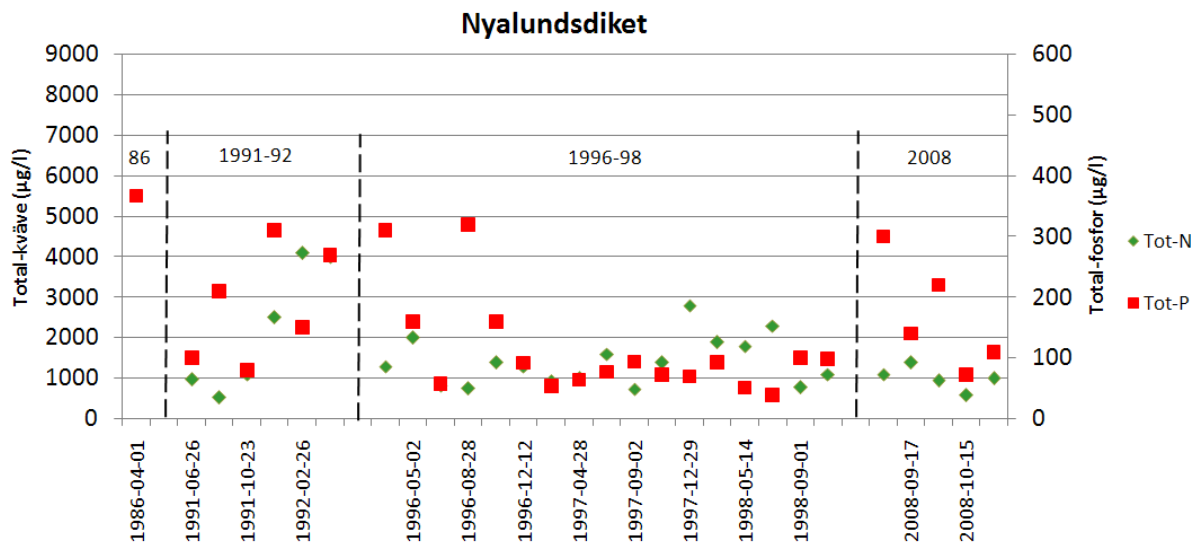
Vattenprover har tagits vid flera tillfällen under åren i Ensjöns tillflöden. De tidigaste kända analysvärdena är från 1986³. I samband med att handlingsprogrammet för Ensjön togs fram gjorde kommunen mätningar på Ensjöns tillflöden vid sex tillfällen under ett års tid⁴. I handlingsprogrammet föreslogs bl.a. att en limnologisk studie skulle utföras för Ensjön för att

³ Neu, J. 1986. Närsaltsbelastning och status för Ensjön, Norrköpings kommun. Examensarbete 1986:11, Högskolan i Kalmar.

⁴ Handlingsprogram för Ensjön, reviderad 1993-10-13

tydligare se effekterna av åtgärderna. Denna studie genomfördes 1996⁵, och platser och datum valdes så att de i största möjliga mån skulle överensstämma med 1991-92 års provtagningar. Mätningarna fortsatte även under 1997 och 1998. Tio år senare, i samband med att man började fundera på att revidera handlingsplanen för Ensjön, togs vattenprov vid fem tillfällen i Ensjöns fyra tillflöden samt i utloppet av studenter vid Linköpings universitet⁶.

Nedan presenteras resultatet av de vattenprovtagningar som genomförts i respektive dike under åren.



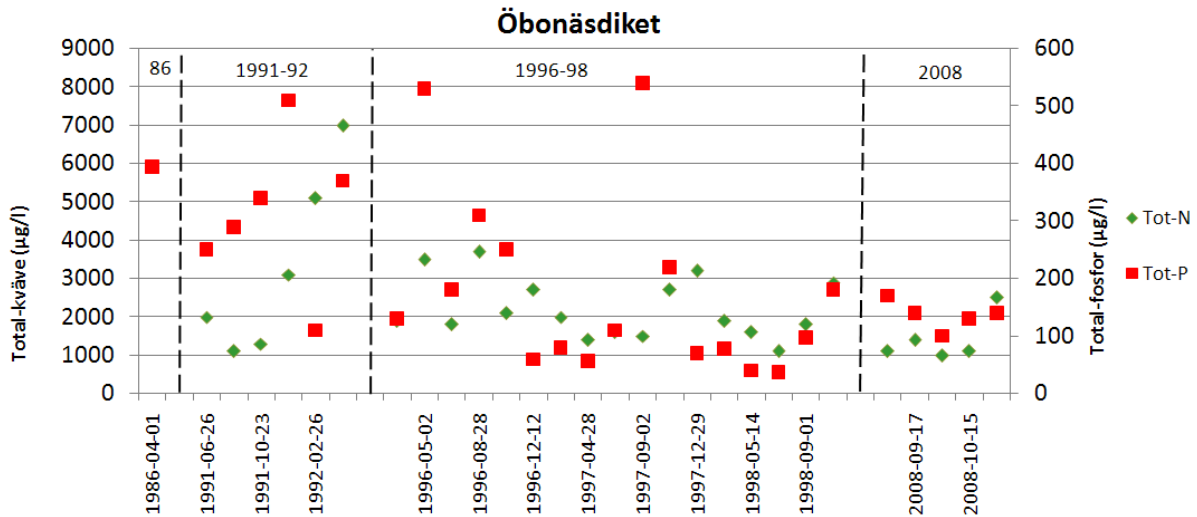
Figur 4. Uppmätta halter av totalkväve och totalfosfor i Nyalundsdiket som avvattnar delavrinningsområde 1. Proverna är tagna 1986, 1991-92, 1996-98 samt 2008.

Nyalundsdiket avvattnar avrinningsområde 1 som till mer än hälften består av skog. I början av 1990-talet var fosforhalterna i Nyalundsdiket höga (uppemot 350 µg/l, Figur 4). Vid provtagningarna 1997-98 låg halterna under 150 µg/l. Analysvärden tio år senare, från hösten 2008 visar att fosforhalterna återigen ser ut att vara högre i diket. För kväve syns inte något lika tydligt mönster även om halterna generellt sett verkar ha minskat något över åren.

Att lägre fosforhalter uppmättes 1997-98 beror sannolikt på att de permanentbebodda husen i fritidshusområdet Kårtorp anslöts till kommunalt vatten och avlopp 1997-98, vilket avlastade diket avsevärt. Att fosforhalterna återigen ökat kan vara ett resultat av ökad standard, t ex diskmaskiner eller wc utan tillstånd och framförallt ökad vistelsetid i fritidshusen. Varför kvävehalterna ser ut att ha minskat något över åren kan bero på ett mindre intensivt jordbruk och mer medvetna lantbrukare i området.

⁵ Edlund, J. 1996. Limnologisk studie – utkast. Norrköpings kommun.

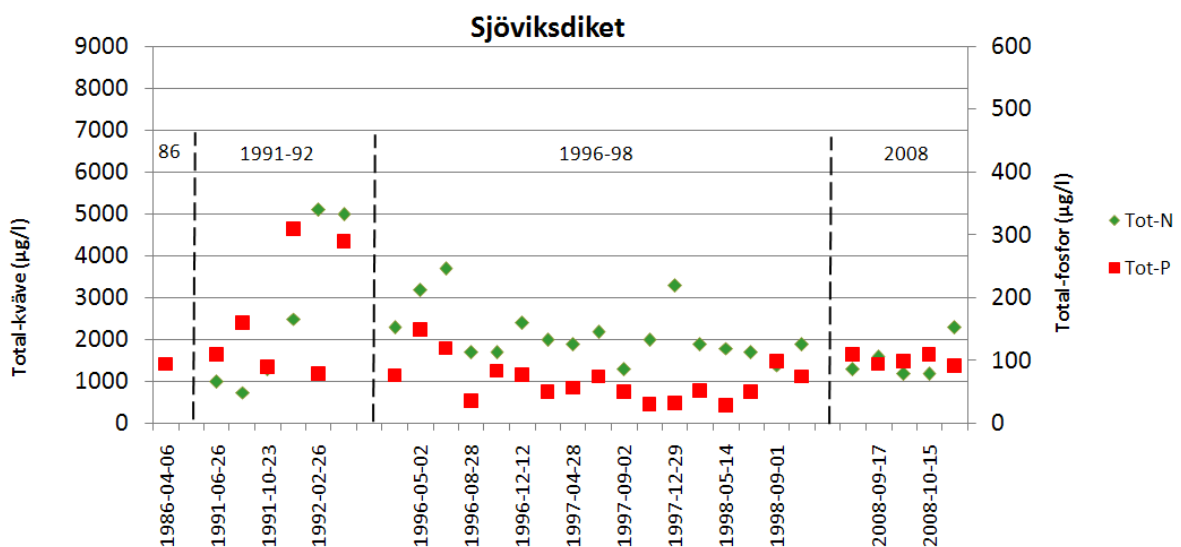
⁶ Mätningar vid 5 tillfällen under hösten 2008, gjorda av studenter på Miljövetarprogrammet, Linköpings universitet.



Figur 5. Uppmätta halter av totalkväve och totalfosfor i Öbonäsdiket som avvattnar delavrinningsområde 2. Proverna är tagna 1986, 1991-92, 1996-98 samt 2008.

Öbonäsdiket avvattnar delavrinningsområde 2, ett område med mycket skog. I Öbonäsdiket har fosforhalter runt 400-500 µg/l och kvävehalter runt 5-7 mg/l uppmätts vid flera tillfällen under 1990-talet. Trenden för både fosfor och kväve är att halterna vid 2008 års mätningar var lägre än tio-tjugo år tidigare.

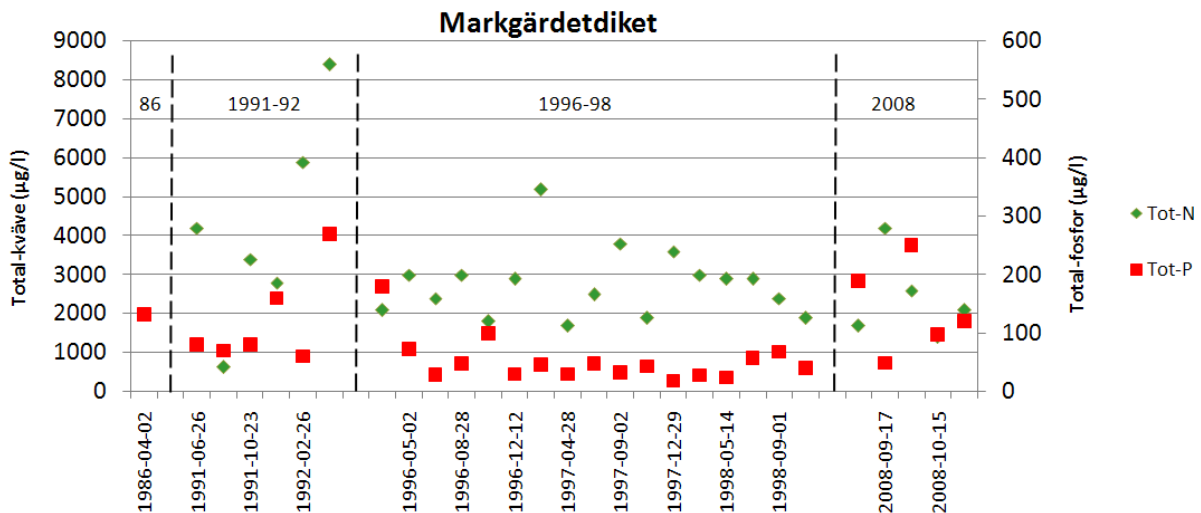
Inom avrinningsområdet finns delar av Öbonäs som sedan 1997 är anslutet till det kommunala VA-nätet. Tidigare, 1989-1997, fanns en gemensam infiltration i kommunal regi, med avtagande funktion, för ett antal permanentbebodda villor. Att Öbonäs anslutits till kommunala VA-nätet är sannolikt förklaringen till att lägre halter uppmätts efter det, även om trenden är något osäker.



Figur 6. Uppmätta halter av totalkväve och totalfosfor i Sjöviksdiket som avvattnar delavrinningsområde 4. Proverna är tagna 1986, 1991-92, 1996-98 samt 2008.

Sjöviksdiket avvattnar delavrinningsområde 4, ett område med mycket skog, en hel del åkermark och bebyggelse. Sjöviksdiket har generellt haft lägre uppmätta fosfor- och kvävehalter än Nyalundsdiket och Öbonäsdiket, och trenden är även här en viss minskning av både fosfor- och kvävehalter mellan åren 1986 och 2008.

Skillnaden mellan de olika provomgångarna kan säkert till viss del bero på skillnader i provtagningsmetodik. Proverna från 1996-98 bestod av frysta samlingsprover medan 2008 års provtagningar var stickprover. I övrigt kan skillnaden bero att avloppen förbättrades under 1990-talet för att sedan ha blivit sämre igen under 2000-talet exempelvis p.g.a. ökad vistelsetid och ökad standard i fritidshusen.



Figur 7. Uppmätta halter av totalkväve och totalfosfor i Markgärdetdiket som avvattnar delavrinningsområde 5. Proverna är tagna 1986, 1991-92, 1996-97-98 samt 2008.

Markgärdetdiket avvattnar delavrinningsområde 5, ett område med organogena åkerjordar, mycket skog och spridd bebyggelse. Uppmätta fosforhalter i Markgärdetdiket har varit lägre än övriga tillflöden vid de flesta provtagningar, medan kvävehalterna legat högst vid flertalet mätningar. Trenden är nedåtgående för kväve, medan fosfor snarare tycks ha ökat igen sista året. De låga halterna av fosfor jämfört med övriga diken beror antagligen på att det är relativt få avlopp i området.

Den generella bilden av genomförda provtagningar i de fyra diken som mynnar i Ensjön är att halterna av fosfor och kväve var högre i början på 90-talet, för att bli lägre i nästa provtagningsomgång (1996-98). I de senaste provtagningarna som utfördes hösten 2008 tycks fosforhalterna ha gått upp något igen.

4.2 Vatten- och sedimentkvalitet i Ensjön

4.2.1 Jämförelse med tidigare vattenundersökningar

Vattenprover har tagits i Ensjön vid olika tillfällen under årens lopp. De tidigaste kända mätvärdena är från 1975 och togs av Länsstyrelsen. Inom sitt examensarbete⁷ tog Jonas Neu vattenprover i sjön och i utloppet från sjön. I samband med att handlingsprogrammet för

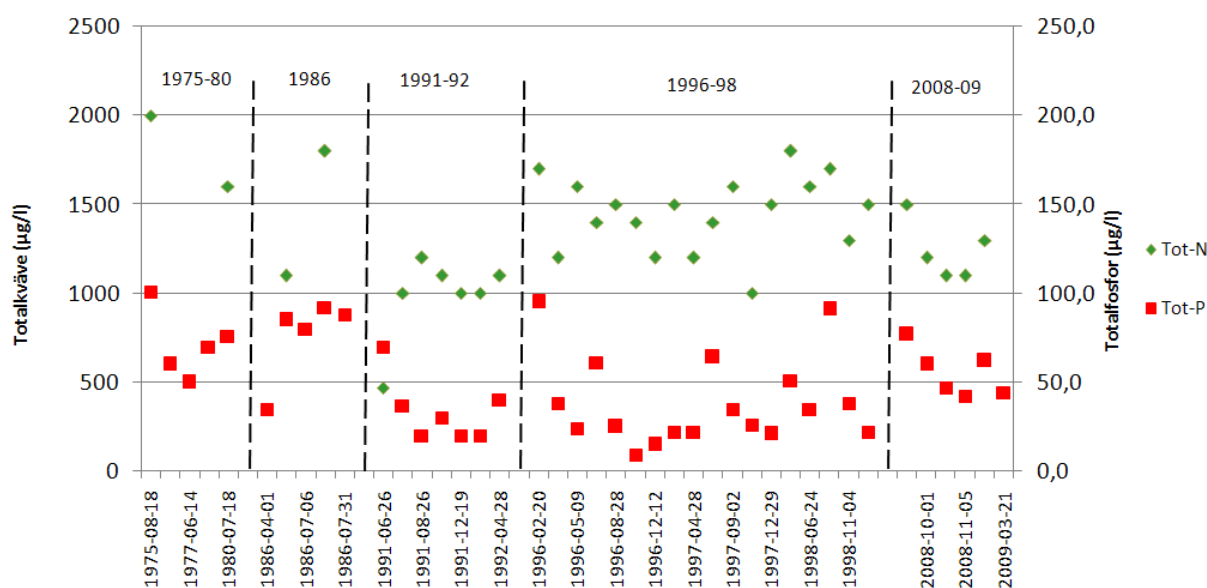
⁷ Neu, J. 1986. Närsaltsbelastning och status för Ensjön, Norrköpings kommun. Examensarbete 1986:11, Högsolan i Kalmar.

Ensjön togs fram tog kommunen vattenprover i Ensjön och i utloppet från sjön⁸. Jonas Edlund tog vattenprover utanför Myrudden i sydöstra delen av sjön, både från 0,5 meters djup och 5 meters djup, vid ett flertal tillfällen under åren 1996-1998⁹ inom den limnologiska studie som utfördes enligt förslag i handlingsprogrammet. Den senaste provtagningen på Ensjöns vatten gjordes i utloppet vid 5 tillfällen under hösten 2008¹⁰.

Sedimentprover har tagits inom Jonas Neus examensarbete. Dessa analyserades bl.a. på totalfosfor och Kjeldahlkväve. Sedimentprover togs även den 21 mars 2009 inom ramen för det här arbetet. Proverna har analyserats med fraktionerad fosforanalys. Vattenprov togs samtidigt för att komplettera sedimentprovtagningen, i en profil i den djupaste delen av sjön, från 0,5 m djup till ca 5 m djup.

För att få en bild av de långsiktiga förändringarna av Ensjöns vattenkvalitet har samtliga kända mätningar av totalkväve och totalfosfor i ytvatten jämförts. Provtagningar från sjöns utlopp samt prov där djup och provtagningslokal är okända har betraktats som ytvattenprov. Totalt har 34 värden på totalkväve och 40 värden på totalfosfor hittats. Provtagningarna är utförda mellan augusti 1975 och mars 2009.

Jämför man halterna placerade i datumordning i en linjär regression får man genom regressionskoefficienten (R^2) och lutningen på trendlinjen en bild av eventuell förändring av halterna över tiden. I detta fall är R^2 -värdet så lågt både för kväve och fosfor att en eventuell trend är ytterst osäker, varför någon trendlinje inte visas i diagrammet nedan (Figur 8).



Figur 8. Uppmätta halter av totalkväve och totalfosfor i Ensjön. Proverna är tagna mellan 1975 och 2008, och består av ytvattenprov samt prov i Ensjöns utlopp.

⁸ Handlingsprogram för Ensjön, reviderad 1993-10-13

⁹ Edlund, J. 1996. Limnologisk studie – utkast. Norrköpings kommun.

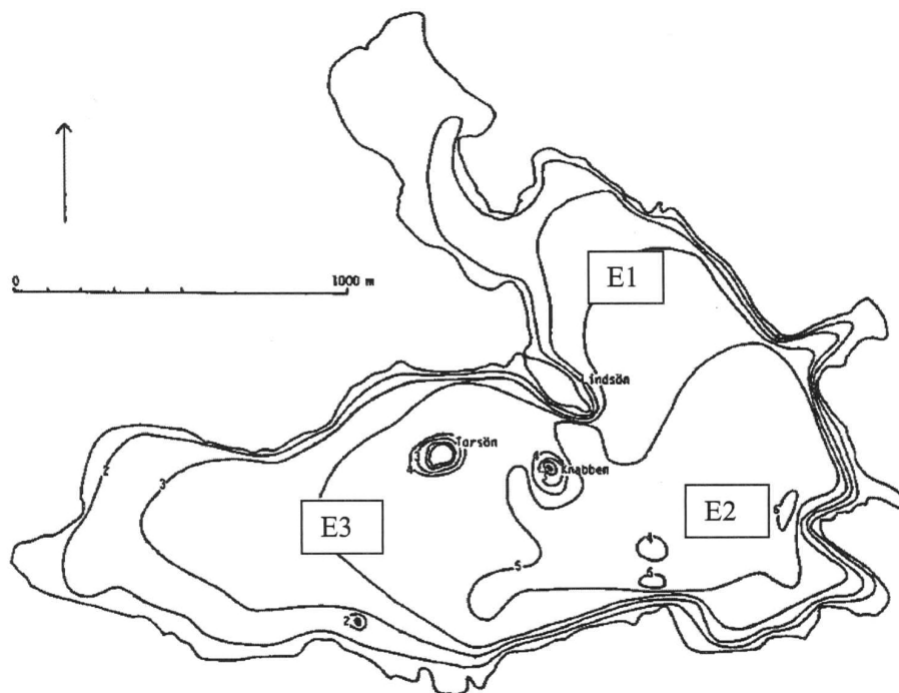
¹⁰ Provtagning vid 5 tillfällen under hösten 2008, gjorda av studenter på Miljövetarprogrammet, Linköpings universitet.

Kvävehalterna tycks varit oförändrade över tiden och har varierat mellan 1 och 2 mg/l vid i stort sett samtliga provtagningar under åren, utan att någon trend uppåt eller nedåt kan skönjas. Detta beror sannolikt på retentionen i sjön, dvs. sjöns goda förmåga att buffra inkommande kvävehalter. Även om kvävehalterna in till sjön tidvis varit mycket höga så är halterna ut från sjön legat på ungefär samma nivå. Kväveretentionen i sjöar i södra Sverige är i genomsnitt 30-40 kg per ha sjö och år¹¹. Eftersom Ensjön har så lång uppehållstid är denna siffra troligtvis högre än så.

För fosfor kan man ana en nedåtgående trend, men den är inte statistiskt signifikant. Fosforhalterna har varierat mycket mellan provtagningsomgångarna, och halterna har legat mellan 10 och 100 µg P/l. Provtagningsmetodiken vid de olika provtagningsomgångarna har dock, som nämnts tidigare, skiljt sig åt en del vilket gör att det är svårt att på ett rättvisande sätt jämföra prov tagna vid olika tillfällen.

4.2.2 Vatten- och sedimentprovtagning i Ensjön 2009

I mars 2009 gjorde Vattenresurs en studie av sjösedimentens innehåll av fosfor. I samband med detta togs även vattenprov i en profil i den djupare delen av Ensjön som är ca 5 m djup (punkt E2 i Figur 9). I Tabell 1 redovisas dessa provsvar.



Figur 9. Djupkarta med provområden markerade (E 1-3).

¹¹ Arheimer & Brandt, 1998.

Tabell 1. Fosforhalter i Ensjön, 21 mars 2009.

Provpunkt	Djup (m)	Totalfosfor (µg/l)	Fosfatfosfor (µg/l)	Organiskt bunden fosfor (µg/l)
E2	0,5	44	8	36
E2	2	43	7	36
E2	4	49	16	33
E2	4,5	210	180	30

Fosforhalten är typisk för en näringsrik slättlandssjö, det är dock viktigt att se detta provsvar som en ögonblicksbild. Den höga halten fosfatfosfor i bottenvattnet indikerar internbelastning av fosfor från sedimentytan.

4.2.3 Fraktionerad fosforanalys av sediment

Sedimenten i sjön undersöktes med s.k. fraktionerad fosforanalys för att klargöra sedimentens roll för transport och omsättning av fosfor och känslighet för vattenkvaliteten.

Analys svaren är indelade i grupper. Lättlösligt fosfor är som namnet antyder lättillgängligt. Järn, aluminium och kalciumbunden fosfor är svårslöslig med undantag för järnbunden som löser sig vid syrefria förhållanden. Kalciumbunden fosfor är mycket svårslöslig. Organiskt bunden fosfor är till del löslig men i ett längre tidsperspektiv.

Sedimentprov togs i fem punkter i vardera tre områden i Ensjön (Figur 9). Varje område blandades till ett blandprov i två skikt 0-5 och 5-10 cm. Resultatet av sedimentprovtagningen i redovisas nedan i Tabell 2 och Tabell 3.

Tabell 2. Fosfor i Ensjöns sediment

Provområde	Djup	Lättlöslig µg/g TS	Fe-bunden µg/g TS	Al-bunden µg/g TS	Ca-bunden µg/g TS	Organiskt bunden µg/g TS	Rest P µg/g TS	TotP sed µg/g TS	Vattenhalt %
E1	0-5	1	190	72	130	530	440	1400	94
	Andel av tot-P	0,1%	13,6%	5,1%	9,3%	37,9%	31,4%		
E1	5-10	0	170	74	130	510	390	1300	93
	Andel av tot-P	0,0%	13,1%	5,7%	10,0%	39,2%	30,0%		
E2	0-5	0	160	74	140	530	390	1300	93
	Andel av tot-P	0,0%	12,3%	5,7%	10,8%	40,8%	30,0%		
E2	5-10	0	140	79	140	520	370	1200	91
	Andel av tot-P	0,0%	11,7%	6,6%	11,7%	43,3%	30,8%		
E3	0-5	0	180	67	130	500	440	1300	93
	Andel av tot-P	0,0%	13,8%	5,2%	10,0%	38,5%	33,8%		
E3	5-10	0	140	71	140	470	380	1200	91
	Andel av tot-P	0,0%	11,7%	5,9%	11,7%	39,2%	31,7%		

Tabell 3. Lättillgänglig fosfor i fraktioner av Ensjöns sediment.

Provområde	Tillgänglig fosfor i sedimenten		
	g P/m ³ TS	g P/m ³ VS	g P/m ³
E1 0-5	342	22	1,1
E1 5-10	318	24	1,2
E2 0-5	318	23	1,1
E2 5-10	300	26	1,3
E3 1-5	322	22	1,1
E3 5-10	281	24	1,2

Den tillgängliga fraktionen i ytsedimentet utgjorde vid provtillfället i medel 1,2 g/m² av den totalt beräknade fosformängden som är ca 5 g/m². Det finns ca 12 000 kg tillgänglig fosfor räknat på hela sjöytan varav ca 3000 kg är lösligt. Den lösliga delen är en relativt stor pool som kan frigöras vid syrgasbrist och utgör då ett hot mot sjöns vattenkvalitet. I proven på bottenvattnet kan man se att en del av den lösliga fraktionen redan lakats ut. Om man antar att ca 100 ha och 1 m vattenpelare har den halten i medel innehåller bottenvattnet i mars ca 200 kg. Om tillförseln av växnäring minskar kommer även halten tillgänglig fosfor att sakta minska till en ny jämvikt med de halter man når med olika åtgärderna.

4.2.4 Är Ensjön fosfor eller kvävebegränsad?

Om en sjö är fosfor- eller kvävebegränsad beror på hur förhållandet mellan kväve och fosfor ser ut. Den s.k. Redfieldkvoten¹² säger att alger har en typisk kemisk sammansättning på 106 atomer kol, 16 atomer kväve och 1 atom fosfor. Omräknat till vikt är idealförhållandet mellan kväve och fosfor för algutväxt 7,2 till 1. I de flesta insjöar är fosfor den produktionsbegränsade faktorn, vilket betyder att förhållandet mellan kväve och fosfor är högre än 7,2:1. Det är alltså tillgången på fosfor som begränsar tillväxten i sjön, och kan man minska tillförseln av fosfor minskar man också tillväxten av alger.

I den studie som Neu gjorde 1986 drog han slutsatsen att Ensjön är kvävebegränsad eftersom analysresultaten visar på överskott av fosfat, även vid hög produktion. De prov han refererar till är samtliga tagna på sommaren, juli-augusti, i ytvatten. Jonas Edlund såg samma sak vid två ytvattenprovtagningar tio år senare, sommaren 1996.

Vår bedömning är trots ovanstående resonemang att Ensjön är fosforbegränsad sett över året och i hela vattenmassan. Det finns ett antal faktorer som gör att det kan vara ett överskott på fosfatfosfor i vattnet: Kvävebegränsning, överproduktion av alger så att ljuset inte räcker till för fotosyntesen eller att man tagit sitt prov efter en lugn solig period när det börjat blåsa och man fått en uppvällning av fosfat från bottenytan. De två senare är nog mera sannolika än den första. Fosfor är begränsande under den dominerande delen av året varför det inte råder något som helst tvivel om att fosforbegränsande åtgärder är rätt åtgärdsstrategi. Det minskar dessutom tillgången på fosfor vilket gör att fosfor definitivt blir begränsande året om.

¹² http://en.wikipedia.org/wiki/Redfield_ratio

5 Beräkning av växtnäringstransport

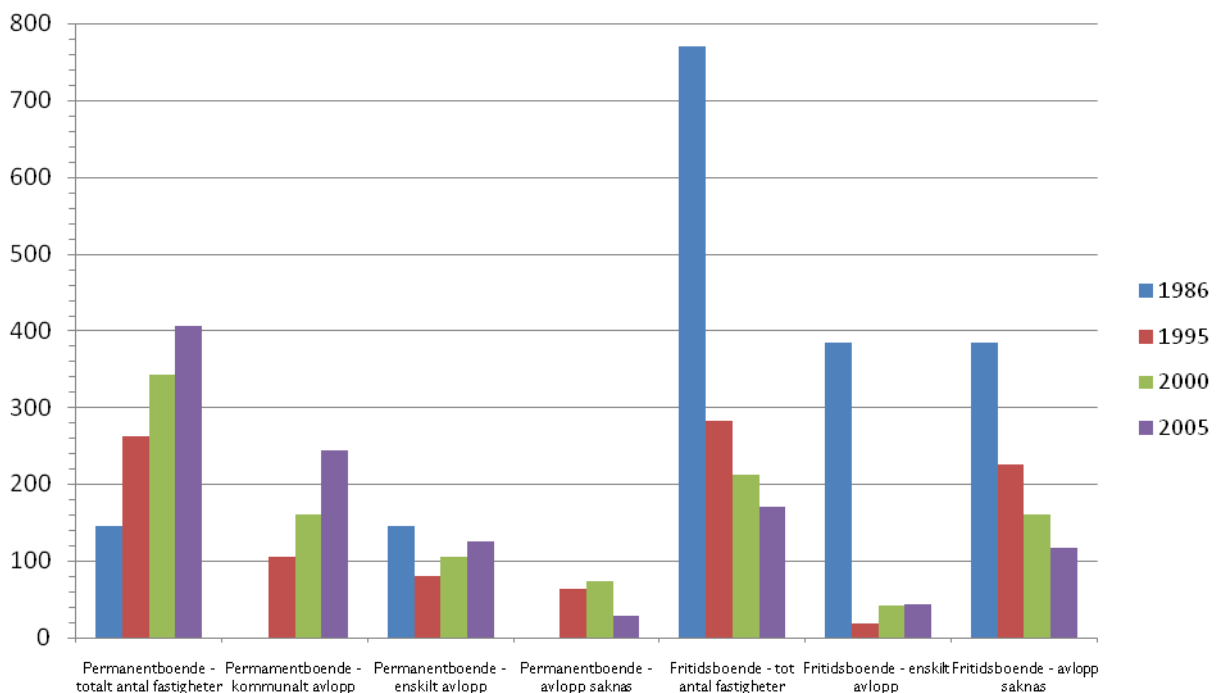
5.1 Punktkällor

Inom Ensjöns avrinningsområde finns inga industrier och inga större reningsverk. Belastningen på sjön kommer därför från enskilda avlopp i området samt diffus avrinning från åker, skog och bebyggelseområden. Dessutom återcirkuleras en del näring från sedimenten under vissa delar av året.

5.1.1 Enskilda avlopp och gemensamma privata anläggningar

Bebyggelseutveckling - trend

I mitten av 1980-talet fanns ca 900 hus i området varav 146 var permanentbebodda och övriga var fritidshus med eller utan avlopp. Permanentboendet i området har gradvis ökat till att idag vara drygt 400 hushåll (data från 2005), se Figur 10. Med motsvarande hastighet har andelen fritidsboende minskat, även om totala antalet hus har ökat till knappt 1100. Noteras bör att SCB:s siffror i Figur 10 är lågt räknade och inte överensstämmer helt med uppgifter från kommunens arkiv, varför vi i belastningsberäkningarna genomgående har använt oss av kommunens uppgifter.



Figur 10. Bebyggelseutveckling (trend) samt avloppsstandard i Ensjöns avrinningsområde. Källa: Neu¹³ (1986) samt SCB¹⁴ (1995, 2000, 2005). Obs. SCB:s siffror är lågt räknade och överensstämmer inte helt med uppgifter från kommunens arkiv.

¹³ Neu, J. 1986. Närsaltsbelastning och status för Ensjön, Norrköpings kommun. Examensarbete 1986:11, Högskolan i Kalmar.

¹⁴ Underlag till: SCB. 2007. Vattendistriktens ekonomiska strukturer och miljöpåverkan 1995-2005.

Inventering av avloppsstandarden

Vid en inventering 1990 besöktes 513 av ca 900 hus i avrinningsområdet. På 179 av dessa behövde avloppen åtgärdas. De undermåliga avloppen fanns i huvudsak i områdena Markgärdet och Kårtorp.

Under maj-juli 2009 utförde Miljökontoret i Norrköping en arkivinventering av avloppen i området som ligger inom kommunen, och har därför relativt god kunskap om statusen på anläggningarna i området. Södra delen av avrinningsområdet ligger i Söderköpings kommun. Totalt finns idag knappt 1100 avlopp inom avrinningsområdet, varav drygt 40 % är anslutna till det kommunala nätet.

Genomförda åtgärder

Sedan handlingsprogrammet togs fram har flera tätbebyggda områden anslutits till det kommunala avloppsnätet – Ensjöns villaområde, Öbonäs samt Åselstad. I Kårtorp har de permanentbebodda fastigheterna anslutits till kommunalt VA. Det gemensamma ledningsnätet inom området ägs och drivs av flera samfälligheter i Kårtorp.

För enskilda avlopp har Miljökontoret handlagt de ärenden som kommit in i samband med permanentning. Man har också jobbat med information och stöttat vid anläggandet av gemensamma anläggningar, bl. a. i Ludden. I Ludden genomförde man ett VA-projekt och lät konsulter ta fram förslag på flera gemensamma anläggningar i området.

Föreningarna i fritidshusområdena har god kontakt med Miljökontoret och informerar dem som flyttar ut permanent om vad som gäller för avlopp i området.

I handlingsprogrammet för Ensjön från 1993 föreslogs att en kampanj för ökat användande av fosfatfria tvätt- och diskmedel genomförs. Detta har inte gjorts lokalt, däremot har regeringen förbjudit fosfor i tvättmedel för hushållsbruk i Sverige. Detta gör att fosforhalten sannolikt har minskat i avloppen runt Ensjön. Fosfater i maskindiskmedel kommer förbjudas från 1 juli 2011, vilket ytterligare kommer bidra till en minskning av fosforutsläppen från avlopp.

Avloppsanläggningarnas status

Resultat från arkivinventeringen i Norrköping visar att drygt 40 % av husen i Ensjöns avrinningsområde är anslutna till kommunalt vatten och avlopp, och dessa hus finns främst norr om sjön. Vidare har en tredjedel av husen torrtoalett och ingen eller endast en enkel rening av bad-, disk- och tvättvattnet. Många av dessa har enligt kommunens uppgifter inte indraget vatten. Drygt 10 % av avloppen i området uppfyller inte lagens krav på längre gående rening än slamavskiljare. Avloppen fördelade på anläggningstyp visas i Tabell 4.

I Söderköpings kommun finns enligt uppgift från Miljökontoret ca 65 fastigheter inom Ensjöns avrinningsområde. Större delen av dessa finns i området Hagsätter. Söderköping har inte utfört någon inventering. För avloppen söder om gränsen till Söderköping har därför fördelningen mellan olika anläggningstyper antagits vara likadan som den norr om gränsen.

Tabell 4. Status på avloppsanläggningar i Ensjöns avrinningsområde, procentuell fördelning av anläggningstyper per avrinningsområde.

Anläggningstyp	ARO 1 (%)	ARO 2 (%)	ARO 3 (%)	ARO 4 (%)	ARO 5 (%)	Totalt Ensjöns ARO (%)
Kommunalt VA	66	16	48	0	0	41
Infiltration	3	8	5	34	0	8
Markbädd	0	25	1	11	0	5
Torrtoa och enkel/ingen BDT-behandling*	26	18	38	20	31	32
BDT-rening och sluten tank/torrtoa	0	0	1	4	11	1
Övrig anläggning med mycket god rening	0	9	1	4	0	2
Endast slamavskiljning	5	23	6	28	57	11

*BDT = bad-, disk- och tvättvatten

Av avloppen i Ensjöns avrinningsområde är ca åtta gemensamma avloppsanläggningar för 2 till 13 hushåll, se Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Gemensamhetsanläggningar för avlopp inom Ensjöns avrinningsområde.

Område	Typ av anläggning	Antal anslutna hushåll	Byggår
Ludden 1	14m ³ SA + 240m ² markbädd	12 hushåll	1992
Ludden 2	Reningsverk	13 hushåll	
Ludden 3	8 m ³ SA + markbädd	5-6 hushåll	
Ludden 4	SA + 40m ² markbädd	2 hushåll	1994
Ludden 5	5m ³ SA + 60m ² markbädd	4 hushåll	
Åkermossen	Gem anl med SA + infiltration	9 hushåll	1992, 1995
Myrudden	Enskilda SA, gem BDT-infiltration	3 hushåll	2001
Kårtorp	10m ³ SA + infiltration 200m ²	8 hushåll	1986

(SA=slamavskiljare)

Belastningsberäkning

Ingående mängder till avloppsanläggningarna har beräknats utifrån de schablonsiffror på innehåll i avloppsvatten som anges i de allmänna råden för små avloppsanläggningar (NFS 2006:7). Eftersom de flesta människor tillbringar viss tid av dagen utanför hemmet, t ex då de arbetar, har hemmavaron antagits vara 80 % för permanentboende. Värden för ingående belastning anges i Tabell 6. Antalet boende i varje fastighet har antagits vara 3 personer.

Tabell 6. Värden som använts för beräkningar av inkommande belastning till enskilda avloppsanläggningar (angivet som gram per person och dag)¹⁵.

BOD ₇ *	48 g/p,d
Fosfor	1,65 g/p,d
Kväve	14 g/p,d
Hemmavaro	80 %
Vistelsetid fritidshus	30%

*Biokemisk syreförbrukning

Det är svårt att beräkna utsläppen från fritidsfastigheter, eftersom vistelsetiden på fastigheten varierar kraftigt, liksom anläggningarnas status. Den vistelsetid som använts i beräkningarna är 30 % i genomsnitt över året. Standarden i fritidshus är generellt lägre än vid permanentboende. Till exempel är torra toalettlösningar vanligt förekommande och mängden bad-, disk- och tvättvatten (BDT) lägre eftersom tvätt- och diskmaskiner ofta saknas. Detta gör att påverkan av dessa avloppsanläggningar på Ensjön är låg. I beräkningarna har antagits att samtliga avlopp med torrtoalett och enkel eller ingen behandling av bad-, disk- och tvättvatten finns i fritidshus, och avlopp med högre standard finns i permanentbebodda hus, vilket blir en fördelning på 32 % fritidshus och 68 % permanentthus i Ensjöns avrinningsområde, se Tabell 7. Detta antagande stämmer väl överens med uppgifter från SCB¹⁶ där fördelningen mellan fritidsboende och permanentboende 2005 var 30 % respektive 70 %.

Tabell 7. Uppskattad fördelning mellan permanentbebodda hus och fritidshus uppdelat på delavrinningsområden.

Delavrinningsområde	Andel permanentthus	Andel fritidshus	Totalt antal avlopp
ARO 1 Nyalundsdiket	74%	26%	168
ARO 2 Öbonäsdiket	82%	18%	144
ARO 3 Närmast sjön	62%	38%	643
ARO 4 Sjöviksdiket	80%	20%	105
ARO 5 Markgårdetdiket	69%	31%	22
Totalt Ensjöns ARO	68%	32%	1081

Eftersom avskiljningsgraden på varje enskild anläggning beror av många olika faktorer som inte kan studeras i detta arbete, har schablonciffror använts vid beräkningarna, se Tabell 8.

¹⁵ Naturvårdsverkets allmänna råd om små avloppsanordningar för hushållsspillvatten. NFS 2006:7. Här har den lägre nivån för fosfor används, i och med att fosfat numera är förbjudet i tvättmedel för hushållsbruk.

¹⁶ Underlag till: SCB. 2007. Vattendistriktens ekonomiska strukturer och miljöpåverkan 1995-2005.

Tabell 8. Avskiljningsgrad med avseende på fosfor och kväve för olika tekniklösningar för enskilda avlopp.

Tekniklösning	Reduktion av BOD ₇ (%)	Reduktion av fosfor (%)	Reduktion av kväve (%)
(Kommunalt avlopp ¹⁷)	100	100	100
Infiltration ¹⁸	90	60	30
Markbädd ¹⁹	90	45	25
Torrtoalett och enkel/ingen BDT-behandling	70	90	90
BDT-rening och slutentank/torrtoa	90	90	90
Övriga anläggningar med mycket god rening ²⁰	90	90	50
Endast slamavskiljning ²¹	15	15	15

Den utsläppta mängden per hushåll vid permanentboende har beräknats enligt följande:

$$\text{Mängd} = \text{Schablonsiffra enligt Tabell 8} * 365 / 1000 * \text{antal personer (3)} * \text{hemmavaro (0,8)} * (1 - \text{reduktion i anläggningen}) \text{ [kg/år]}.$$

Den utsläppta mängden per hushåll vid fritidsboende har beräknats enligt följande:

$$\text{Mängd} = \text{Schablonsiffra enligt Tabell 8} * x * 365 / 1000 * \text{antal personer (3)} * x \text{ vistelsetid (0,3)} * (1 - \text{reduktion i anläggningen}) \text{ [kg/år]}$$

För beräkningar av belastningen från gemensamhetsanläggningarna har belastningen beräknats på samma sätt som för permanentboende med enskilt avlopp.

Retentionen i dikena, dvs avskiljning på väg till recipienten, är sannolikt relativt liten, då dikena är djupa, har en ganska rak sträckning och är väl rensade. För alla delavrinningsområden utom ARO 3 som ligger i direkt anslutning till sjön, har en retention på 15 % ansatts. Ovanstående mängder har därför multiplicerats med 0,85, utom för avloppen runt sjön.

5.2 Diffusa källor

Näringstillförseln från diffusa källor, dvs åkermark, skog och bebyggd mark har beräknats genom att arealen för olika typer av markanvändning har multiplicerats med en

¹⁷ Ett avlopp anslutet till det kommunala nätet antas ge ett nollutsläpp. Ledningsnätet är relativt nytt (mitten 90-tal) och förutsätts därför ej läcka ut i området.

¹⁸ I litteraturen förekommer uppgifter om allt från 20-25 % till upp till 100% reduktion av fosfor (se t.ex. Nilsson, P. (1990) *Infiltration of wastewater: an applied study on treatment of wastewater by soil infiltration*. Doktorsavhandling, Lunds universitet.) Medelvärden har använts i belastningsberäkningarna. Naturvårdsverket (2003), se ovan, anger 20-40 % reduktion av kväve, varför medelvärdena 60 % respektive 30 % har använts i belastningsberäkningarna.

¹⁹ Palm, O., Malmén, L., Jönsson, H. (2002) *Robusta, uthålliga små avloppssystem – en kunskapsmanställning*. Naturvårdsverket rapport 5224, anger 10-80 % för fosfor och 10-40 % för kväve, varför medelvärdena 45 % respektive 25 % har använts i belastningsberäkningarna.

²⁰ T.ex. ett välskött minireningsverk.

²¹ Naturvårdsverket (2003) *Små avloppsanläggningar. Hushållsspillvatten från högst fem hushåll*. Naturvårdsverket fakta, oktober 2003. Stockholm: Naturvårdsverket, anger 10-20 % reduktion av fosfor och kväve, varför medelvärdet 15 % har använts i belastningsberäkningarna.

avrinningskoefficient. Jordarterna eller vilka grödor som odlas har inte kartlagts inom detta arbete, varför en generell avrinningskoefficient har satts för åkermark i området. Ett undantag har gjorts för mulljord som är betydande för transporter av fr.a. kväve i avrinningsområdena söder om sjön.

I belastningsberäkningen har inget område ansetts bidra med dagvatten till Ensjön, då det inte finns några större vägar eller tätbebyggda områden i avrinningsområdet. Tomterna i området har i mycket stor utsträckning naturmarkskaraktär och har därför antagits bidra med motsvarande mängder fosfor och kväve som skogsmarken. Avloppen från husen i fråga tillkommer som en punktkälla. Underlaget i modellen har sammanställts i Tabell 9 nedan.

Tabell 9. Arealfördelning och använda arealförluster från olika diffusa källor

	ARO1	ARO2	ARO3	ARO4	ARO5	Totalt Ensjön	Arealförluster	
							P	N
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	kg/ha år	kg/ha år
Åkermark (utom mulljord)	87	148	18	121	43	417	0,35	10
Mulljord	-	-	-	17	48	65	0,5	30
Skog och övrig markanvändning	152	393	120	430	664	1759	0,04	1
Bebyggelse	29	47	117	47	-	240	0,04	1
Deposition på sjöyta	-	-	235	-	-	235	0,08	8

Utveckling av markanvändning inom Ensjöns avrinningsområde

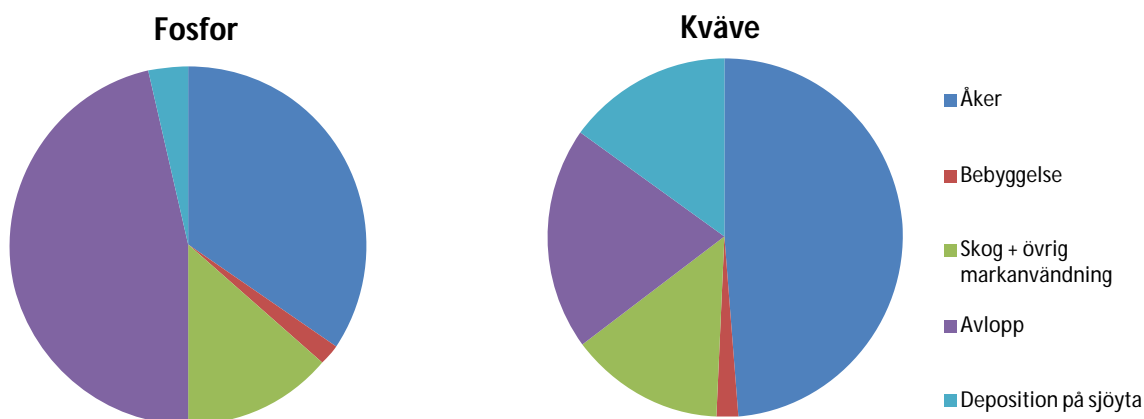
Lantbruket i Ensjöns avrinningsområde har förändrats på liknande sätt som i övriga landet från flera mindre gårdar med integrerad djur- och växtproduktion till några få mer nischade lantbruk med stora arealer. I början på 90-talet fanns tio gårdar med djurhållning i området. Idag finns tre större lantbruk i området - en med inriktning mot nötproduktion, en växtodlingsgård samt en gård som producerar grönsaker, bl.a. morötter och majs. Dessutom finns ett tiotal hästgårdar i området, varav en stor ridskola.

Genomförda åtgärder

Greppa Näringen är ett informations- och rådgivningsprojekt som syftar till att stötta lantbrukare med kunskap och verktyg så att kväve- och fosforförlusterna minskar på ett kostnadseffektivt sätt. Projektet riktar sig främst till lantbruk med minst 50 ha åker eller 25 djurenheter. Länsstyrelsen i Östergötland har startat Greppa Näringen i Ensjöns avrinningsområde och bl.a. genomfört växtnäringsbalanser på de tre större gårdarna i området. Växtnäringsbalanserna visar på ett bra kväveutnyttjande och mycket liten, ibland negativ, förlust till vattendragen av det kväve som tillförs.

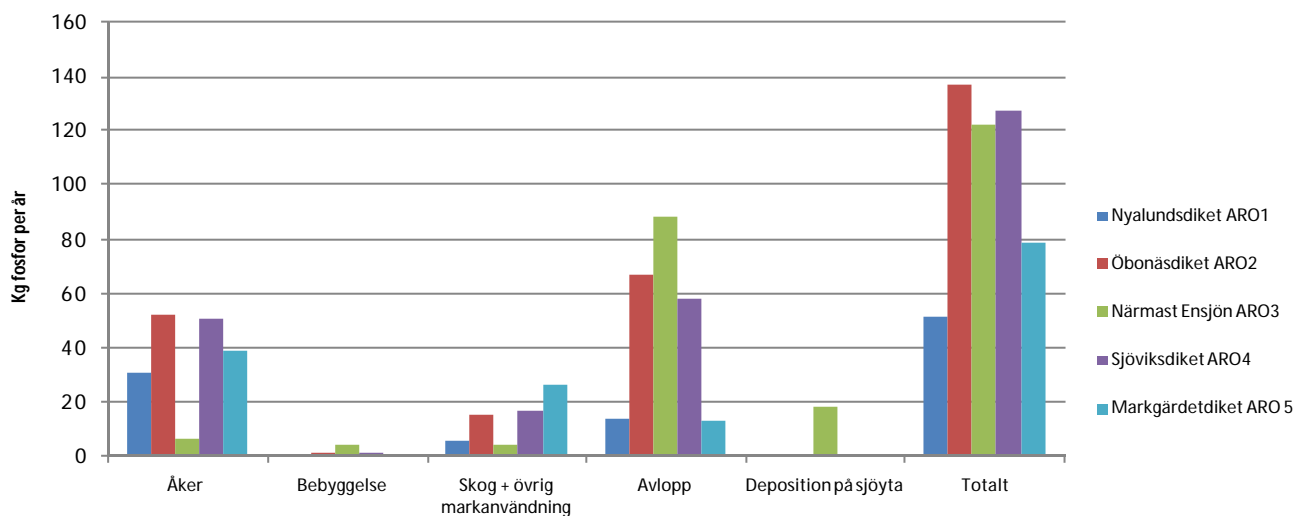
5.3 Syntes

Den totala beräknade belastningen till sjön är 517 kg fosfor och 12,5 ton kväve årligen. De dominerande källorna för fosfor är de enskilda avloppen i området samt åkermarken, som står för ca 46 respektive 35 %. Ungefär hälften av kvävebelastningen på Ensjön kommer från jordbruksmarken, drygt 6 ton. Fördelningen av fosfor och kväve från olika källor visas i Figur 11.



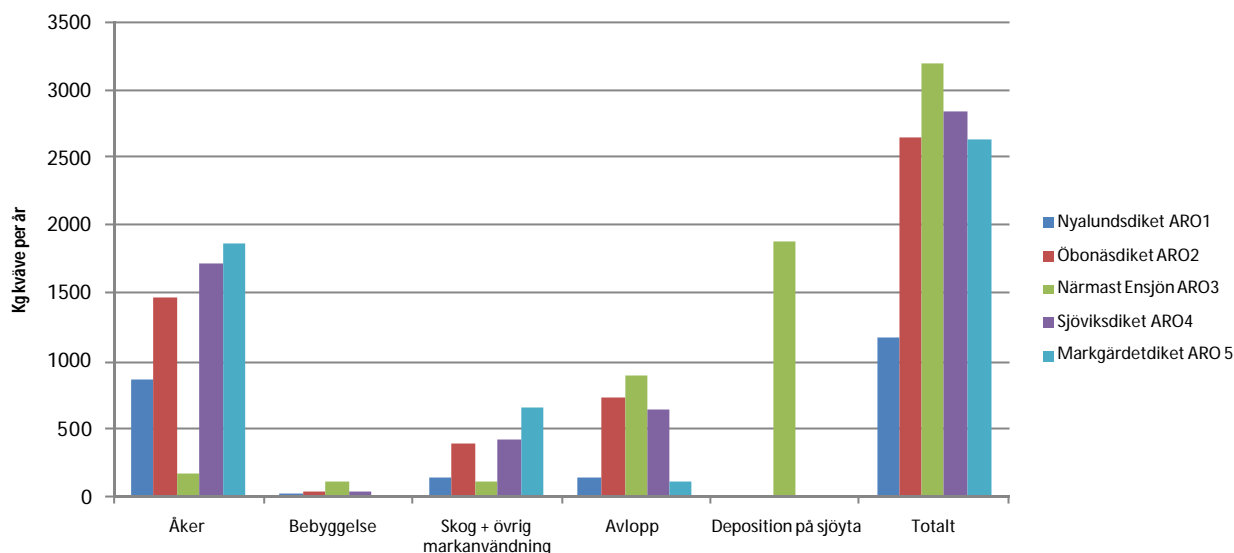
Figur 11. Källfördelning av fosfor och kväve i Ensjöns avrinningsområde.

Fördelningen av fosfor från olika källor uppdelat på de fem delavrinningsområdena visas i Figur 12. Där framgår bl.a. att området runt sjön, avrinningsområde 3, bidrar med mest fosfor från avlopp till Ensjön, följt av Öbonäsdiket (ARO 2) och Sjöviksdiket (ARO 4). Avrinningsområdet som bidrar med minst andel fosfor till Ensjön är avrinningsområde 1 som avvattnas av Nyalundsdiket.



Figur 12. Källfördelning för fosfor från respektive avrinningsområde (kg/år).

I Figur 13 visas fördelningen av kväve från olika källor uppdelat på de fem olika delavrinningsområdena. Avrinningsområde 1 runt Nyalundsdiket bidrar med minst kväve till Ensjön (drygt 1 ton per år) medan övriga bidrar med mer än 2,5 ton vardera.



Figur 13. Källfördelning för kväve från respektive avrinningsområde (kg/år).

Om man jämför beräknade halter (utifrån belastningsberäkningen) med de uppmätta halterna i tillflödena tagna under hösten 2008, så ligger de beräknade halterna på samma nivå som de uppmätta för totalfosfor, ca 120 µg/l. För totalkväve ligger de beräknade halterna över 2 mg/l vilket är högre än de uppmätta. Detta betyder att den beräknade kvävebelastningen antagligen är något överskattad. Överskattningen kan bero på att relativt mycket åkermark används för vallproduktion, vilket ger lägre kväveläckage. Kvävetransporterna från åkermark varierar mycket beroende på vilka grödor som odlas ett visst år.

6 Mål för framtida vattenkvalitet

6.1 Översiktliga mål

Enligt EU:s vattendirektiv ska Europa ha uppnått en god ekologisk vattenkvalitet i alla vattenförekomster till 2015. Det innebär att våra sjöar och vattendrag ska uppnå eller bevara en god ekologisk status. I Sverige har vi beslutat om 16 miljömål varav de som är aktuella i detta arbete främst är målen Ingen övergödning och Levande sjöar och vattendrag. För att göra dessa mål operativa så ska de beskrivas i mätbara termer.

6.2 Förslag till vattenkvalitetsmål för Ensjön

För att nå en god ekologisk vattenkvalitet i Ensjön som säkerställer sjöns värden för bevarande av biologisk mångfald, fågelliv, fiske, bad och annan rekreation bör sjön:

- Aldrig ha syrebrist i bottenvattnet
- Aldrig ha omfattande algblooming
- Ha gott siktdjup

Som beskrivits tidigare, är det fosfor som är begränsande för algutväxten i Ensjön större delen av året. Det innebär att fosforhalten bör sänkas. Risken för algblooming ökar om fosforhalten är högre än 25-30 µg/l. Men samtidigt bör också kvävehalten minska, för Ensjöns skull men framförallt för att minska vidare transport till Bråviken. Mot bakgrund av

detta föreslås mål för Ensjön med tillflöden för att nå god vattenstatus i Tabell 10. I tillflödena kan man acceptera högre halter. Sjöns retention gör att vattenkvaliteten ändå kan säkerställas.

Tabell 10. Förslag till mål för vattenkvalitet i Ensjöns avrinningsområde

	Ensjöns tillflöden		Ensjön	
	P	N	P	N
Mål – god vattenstatus som µg/l	50	2000	30	1000

7 Åtgärdsprogram

7.1 Sammanfattande åtgärdsanalys

Om man ska definiera åtgärdsbehovet för fosfor och kväve till Ensjön måste dagens belastning vägas mot uppsatta mål. I avsnitt 6.2 ges förslag på mål, uttryckt som halter, för Ensjön och dess tillflöden. I Tabell 11 anges reduktionsbehovet i kg/år. I samma tabell redovisas effekten av åtgärderna som ger en direkt reduktion av näringstillförseln, uppdelat på respektive avrinningsområde. De åtgärder som föreslås är främst förbättring av enskilda avlopp, lokalt omhändertagande av dagvatten vid det planerade planområdet i Södra Vrinnevi, samt våtmark vid Markgärdet. En översiktlig beräkning har också gjorts för våtmarker vid Öbonäs- och Sjöviksdikena. Med dessa åtgärder kan man minska fosforbelastningen med ca 240 kg och kvävebelastningen med drygt 2,3 ton, vilket motsvarar ca 50 % respektive 20 % av nuvarande belastning och 70 % respektive 60 % av reduktionsbehovet.

Detta betyder att effekten av de föreslagna åtgärderna inte motsvarar hela det beräknade reduktionsbehovet av fosfor och kväve. En minskning av fosfortillförseln till sjön kommer dock medföra att fosfortillförseln från bottensedimenten sakta kommer att kunna minska med upp till 200 kg jämfört med idag (beskrivet i avsnitt 4.2.3). För kväve så fungerar Ensjön som en enorm kvävesänka, som har förmåga att avskilja drygt 9 ton kväve eller mer per år, vilket gör att Ensjön kan buffra inkommande kvävehalter ganska väl (läs mer i avsnitt 4.2.1).

Nedan finns en sammanfattning av de åtgärder som ses som mest intressanta för Ensjön.

- Åtgärda de värsta enskilda avloppen, dvs de som inte uppfyller lagens krav idag
- Åtgärda ett större antal enskilda avlopp så att alla har en rening motsvarande hög skyddsnivå
- Förändrad markanvändning och lokalt omhändertagande av dagvatten vid det planerade planområdet i Södra Vrinnevi
- Skyddszoner
- Riktad rådgivning till samtliga lantbruk och djurhållare längs med diken och stränder runt Ensjön
- Miljöhänsyn vid rensning av diken
- Våtmark vid Markgärdetdiken
- Våtmarker i övriga diken
- Uppföljning av sjön och tillflödena – upprätta provtagningsprogram

Följande åtgärder har också diskuterats på följande sidor, men bedöms inte ge någon märkbar effekt eller är inte aktuella i dagsläget:

- Slåtter av bladvass
- Fällning av fosfor i bottensediment
- Minskning av näringstillförsel från sjöfågel

Tabell 11. Reduktionsbehov och beräknad reduktion av växtnäring vid föreslagna åtgärder

Åtgärder - reduktion i kg/år	ARO 1		ARO 2		ARO 3		ARO 4		ARO 5		Totalt Ensjön*	
	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N
Enskilda avlopp – åtgärda de värsta	8	33	30	120	42	166	27	107	11	45	120	470
Enskilda avlopp - förbättra övriga till hög skyddsnivå	2	11	24	117	20	106	19	103			65	337
Förändrad markanvändning och LOD vid Södra Vrinnevi	11	632									10	630
Våtmark vid Öbonäsdiket			20	300							20	300
Våtmark vid Sjöviksdiket							20	300			20	300
Våtmark vid Markgårdetdiket									10	300	10	300
Skydds-zoner			6									
Summa	21	676	80	537	62	272	66	510	21	345	250	2300
Reduktionsbehov (kg)											350	4000
Minskat läckage av fosfor från bottensedimenten **											0- 200	

*(Avrundade värden)

**Om närsaltstillförseln till sjön minskar, kommer halten tillgänglig fosfor i bottensedimenten att sakta att minska till en ny jämvikt med den nya halten i sjön.

7.2 Åtgärder - punktkällor

7.2.1 Enskilda avlopp

Genom att åtgärda de avlopp som det i dag saknas uppgifter om, de som har gamla tillstånd (från 1970 och tidigare) samt de som har slamavskiljning utan längre gående rening, till en reningsnivå motsvarande hög skyddsnivå (reduktion: 90 % P, 50 % N) så kan man minska utsläppen till Ensjön med totalt 120 kg fosfor och 470 kg kväve årligen, vilket motsvarar 23 respektive 4 % av dagens belastning på sjön.

Genom att förbättra avloppen så att samtliga enskilda avlopp i avrinningsområdet uppfyller hög skyddsnivå kan man minska utsläppen till Ensjön med ytterligare 60 kg fosfor respektive 330 kg fosfor, dvs totalt 180 kg fosfor och 800 kg kväve årligen för åtgärder på enskilda avlopp, vilket motsvarar 36 respektive 6 % av dagens belastning på sjön.

Vid en anslutning av samtliga hushåll till det kommunala VA-nätet och Slottshagens reningsverk kan man naturligtvis minska belastningen på sjön med hela den föroreningsmängd som dessa hushåll bidrar med idag. En anslutning av samtliga hushåll är dock inte realistisk eftersom de flesta husen ligger relativt spridda och långt ifrån närmaste anslutningspunkt.

Den största andelen enskilda avlopp ligger på södra sidan av sjön, då flera bostadsområden i norra delen anslutits till det kommunala nätet under 90-talet. Följaktligen finns också största antalet dåliga avlopp på södra sidan. Många fritidshus, framförallt i områden närmast sjön, har torrtoalett och enklare BDT-avlopp och bidrar idag ganska lite till belastningen på sjön. Inom en generation finns dock en stor risk att de boende önskar en högre standard och då behövs bättre avloppslösningar.

Bebyggelsen i södra delen är relativt spridd, vilket gör att förbättrade enskilda lösningar är mest aktuella här. I de områden som har samlad bebyggelse, t ex Markgärdet, Myrudden m fl, kan det dock vara aktuellt att titta närmare på gemensamma lösningar, i kommunal regi eller drivna t ex av en samfällighet.

För att de dåliga avloppen i Ensjöns avrinningsområde ska bli åtgärdade inom rimlig tid krävs agerande och vägledning från kommunen. På 90-talet gjordes i området en satsning från kommunen med hjälp av en konsult att ta fram gruppvisa lösningar för upp till 10-15 hushåll. Gruppvisa lösningar kan vara aktuella i områden med samlad bebyggelse och små tomter, då en enskild lösning inte alltid är möjlig på den egna tomten. Kan kommunen stötta vid planering av gruppvisa lösningar, så underlättar detta naturligtvis avsevärt för fastighetsägarna. Tekniska förvaltningen bör också undersöka vilka områden som kan vara aktuella för anslutning till det kommunala VA-nätet. De enskilda hushåll som har enskilt avlopp inom kommunalt VA-område, framförallt norr om sjön, har i kommunens arkiv ännu torrtoalett och enklare BDT-anläggningar. Om dessa avlopp behöver åtgärdas, t ex pga installerad WC, så ansluts dessa i första hand till det kommunala VA-nätet.

Vad gäller undermåliga avlopp som ligger i mer spridd bebyggelse så bör kommunen ta ett samlat grepp och i första hand informera, i andra hand förelägga fastighetsägarna om åtgärdande av avloppen så att de motsvarar dagens krav på reduktion av föroreningar. I vissa kommuner har man sökt statliga medel för att genomföra VA-rådgivning till fastighetsägare, på andra ställen arbetar man med informationsmaterial, kvällsträffar, bidrag osv. För att Ensjöns tillstånd ska ha en möjlighet att kunna förbättras krävs att alla enskilda avlopp i avrinningsområdet uppfyller dagens krav på reduktion av föroreningar.

7.2.2 Dagvatten

Inget område har ansetts bidra med dagvatten till Ensjön som bebyggelsen ser ut idag. Ett område inom Ensjöns avrinningsområde som dock bör beaktas framöver avseende dagvattenfrågor är Nylundsdiket (ARO 1) och planområdet Södra Vrinnevi. Här planeras

nybyggnationer såsom bostäder, centrumbebyggelse och förskola. För illustration av Södra Vrinnevi planområde se Figur 14 nedan.



Figur 14. Vrinnevi planområde (illustration från Norrköpings kommun).

Dagvatten Södra Vrinnevi

Enligt planbeskrivningen för Södra Vrinnevi kommer dagvattnet omhändertags lokalt (LOD) enligt den dagvattenutredning som tagits fram av WSP²². Eftersom dagvattnet ska omhändertags lokalt så finns inga avsikter att ansluta området till kommunens befintliga dagvattennät. Dagvattnet kommer att ledas så långt det är möjligt i öppna diken till fördröjningsytor. Dikena utformas breda med flacka slänter vilket gör att de kan svämmas över vid höga flöden. De flacka slänterna underlättar också skötsel av ytorna samt att de smälter in väl i omgivningen. Anläggningarna för lokalt omhändertagande av dagvatten anses få plats inom parkmark.

Dagvattnet kommer att ledas i diken till planområdets sydöstra del och vidare till Ensjön via Nyalundsdiket. Ambitionen är att hanteringen av dagvattnet inom området inte ska släppa ut större vattenflöden än i dagsläget. **Markanvändning Södra Vrinnevi, nuläge och framtid** Markanvändningen inom planområdet består idag av kuperad skogsmark i norr samt åker och hagmark i den södra delen. I Tabell 12 nedan redovisas översiktligt förändringen av markanvändningen i dagsläget och planerad framtid för hela ARO 1.

Belastningsberäkning Södra Vrinnevi

Transporten av fosfor och kväve från ARO 1 vid oförändrad markanvändning (nuläget) har räknats om med den nya markanvändningen inom Vrinnevi planområde (framtid). Den befintliga bebyggelsen har ansetts bidra med lika mycket närsaltstransporter som omgivande skogsmark, medan den planerade bebyggelsen kommer bestå av hårdgjorda ytor, tätare

²² Dagvattenutredning Södra Vrinnevi, WSP 2009-05-15.

bebyggelse osv. Därför har andra värden på avrinning och halter använts för bebyggelsen i det planerade området, se Tabell 12.

Tabell 12. Förändring av markanvändning och belastning inom Nyalundsdiket (ARO 1)

NULÄGE	YTOR (ha)	TRANSPORT (kg/år)		FRAMTID	YTOR (ha)	TRANSPORT*	
		P	N			P	N
Skogsmark	152	6	152	Skogsmark/grönyta	179	7	179
Åkermark	87	30	870	Åkermark	16	6	160
Bebyggelse	29	1	29	Bebyggelse	73	14	80
TOTALT	268	38	1051		268	27	419

* För beräkning av belastning från den framtida bebyggelsen med LOD-åtgärder för dagvattnet har en avrinningskoefficient på 0,256 använts, samt halterna 0,125 mg P/l och 0,7 mg N/l.

7.3 Åtgärder - diffusa källor

7.3.1 Minskat växtnäringsläckage från jordbruket

För att kunna begränsa läckage av näringsämnen från jordbruksmark är det viktigt att förstå de bakomliggande processerna. Kväveläckaget från marken ökar när grundvattennivån i marken stiger, varpå också vatten från grunda, kväverika markskikt förs ut via dräneringssystemen. Läckaget blir särskilt stort under den kalla delen av året, när det inte finns någon vegetation som tar upp näringen i marken. Vid tillfällena med högt markvatten, låg temperatur och höga flöden i vattendragen kan stora mängder kväve i form av nitrat på kort tid läcka från åkermark till diken, bäckar och sjöar.

Sambandet mellan fosfor och flöde är ofta det motsatta jämfört med det för nitrat. Koncentrationen av fosfor är istället hög under de lägsta flödena, för att efter ett minimum öka vid högre flöden. Det brukar tillskrivas att punktkällor, som t.ex. enskilda avlopp påverkar fosforhalten vid låga flöden i vattendraget men att fosforförlusterna också ökar vid snabbare flöden genom transport via marken ut i vattendraget. I vattendrag i Mälardalen, bl.a. Örsundaån i Uppland, har dock mätningar visat att fosforhalterna varit högst under höst- och vintermånaderna. Extremt höga totalfosforhalter uppmättes i mitten av mars 1986 i Örsundaån och i ett antal andra år i samband med nederbörd och tjällossning. Detta visar att man vid provtagningen lyckats pricka in ett "händelserelaterat" tillfälle med stor fosforförlust.

För fosforförlusterna från marken spelar alltså framförallt frekvensen av mera episodiska väderförhållanden stor roll. Vid hög nederbördsintensitet och omväxlande kraftig tjäle i marken blir sannolikheten större för kanaliserade flöden med höga närsaltskoncentrationer som följd. Upprepade snösmältningar under vintern medför också större fosforförluster än om det endast sker en snösmältning på våren.

Åtgärder som genomförts för att minska närsaltbelastningen från jordbruket i landet har bl. a. varit att begränsa djurtätheten, öka lagringstiden av stallgödsel och begränsa spridningstidpunkten av denna. Jordbearbetningen inför vårsådda grödor sker nu oftare under våren i stället för på hösten, och under senare år har de ekonomiska incitamenten för att odla fånggröda ökat starkt²³.

²³ Ulén, B och Fölster, J. 2005. Närsaltskoncentrationer och trender i jordbruksdominerade vattendrag.

Det finns ytterligare konkreta åtgärder som kan bidra till att minska läckaget av växtnäring från jordbruket i Ensjön avrinningsområde, vilka presenteras nedan.

Skyddszoner

Skyddszoner längs sjöar och vattendrag kan fånga upp partikelbunden fosfor som annars skulle förloras genom ytavrinning eller erosion. Skyddszonerna bidrar också till att öka den biologiska mångfalden i odlingslandskapet och kan samtidigt tjänstgöra som körvägar, gångstråk och viltkorridorer. De skyddar också mot oavsiktlig spridning av gödsel och växtskyddsmedel utanför fältet eller, än värre, direkt i vattnet. Förluster som sker via dräneringsledningarna påverkas däremot inte.

Principen bygger på att vegetationen i skyddszonen minskar flödets hastighet och vattnet därmed har tid att infiltrera i marken. Partikelbunden fosfor hålls kvar i markprofilen och omvandlas delvis till lösliga former som sedan kan tas upp av växterna. Genom att jorden inte bearbetas undviker man också erosionsproblem i eller i anslutning till strandbrinken.²⁴

Forskningen om skyddszoners effektivitet som fosforfällor visar på mycket varierande resultat. Finska undersökningar har visat på att fosforförlusterna kan minska med ca 0,3 till 0,7 kg per hektar och år från åkrar med skyddszoner, beroende på skyddszonens bredd²⁵. Det motsvarar mellan 27 och 97 % minskning av förlusterna. I Ensjöns avrinningsområde är förlusterna antagligen betydligt mindre än de som har uppmätts i den finska undersökningen. Mängden fosfor som kan avskiljas i skyddszoner blir därför mindre.

Det avrinningsområde som har störst andel aktiv brukad åkermark vid Ensjön är Öbonäsdiket. Om man antar att skyddszoner anläggs utmed en sträcka av 1,8 km, på ömse sidor av diket, så skulle uppskattningsvis 40 ha åkermark beröras av åtgärden. Om fosforförlusten ursprungligen är 0,35 kg/ha och år och den med hjälp av skyddszonerna minskas med 40 %, så innebär det en minskning av fosfortransporten till Ensjön med knappt 6 kg per år.

Slutsatsen är att skyddszoner kan bidra till minskad fosforutlakning, men att det endast är ett komplement till andra åtgärder. På vissa platser där marken odlas intensivt ända ner till dikeskanten eller där hårt utnyttjade rasthagar för hästar ligger i direkt anslutning till diket, kan skyddszoner få en bakt mycket bra effekt.

I dagsläget är ersättningen för skyddszoner 1000 kr/ha och år. Jordbruksverket har i en utredning konstaterat att bidraget med dagens spannmålspriser inte på långa vägar räcker för att kompensera för skillnaden i täckningsbidrag. Till år 2010 föreslås därför att ersättningen höjs till 3 000 kronor per ha. Sverige har skickat ett förslag till ändringar i landsbygdsprogrammet till EU-kommissionen. Förändringarna måste godkännas av kommissionen för att de ska gå att genomföra i Sverige.

Våra förslag är att kommunen bör undersöka möjligheten till riktad rådgivning till samtliga gårdar och djurhållare utmed dikena och Ensjöns stränder, dvs inte bara de större gårdarna (minst 50 ha) som omfattas av Greppa Näringen. Rådgivningen bör göras av rådgivare som är utbildade inom Greppa Näringen och rådgivningen inriktas på hushållning av växtnäring,

²⁴ Jordbruksverket 2008. 64 åtgärder inom jordbruket för god vattenstatus. Rapport 2008:31.

²⁵ Barbro Ulén m.fl. 2008. Åtgärds katalog för minskade fosfor- och kväveförluster från jordbruk till vatten. Institutionen för Mark & Miljö, SLU.

framförallt fosfor, på gårdsnivå. Detta projekt skulle kunna finansieras t ex via LOVA-bidraget.

Miljöhänsyn vid rensning av diken

Dikesrensning är i många vattendrag en återkommande störning som kan orsaka stora skador på vattenmiljön, växt- och djurliv om det inte utförs varsamt. Uppgrumling av vattnet och ökad jorderosion längs bara dikesslänter som ett resultat av dikesrensningen ökar läckaget av framförallt fosfor till vattendrag och sjöar. Genom att ta hänsyn till miljön vid rensningarna kan de negativa effekterna minimeras. Goda råd finns att hämta i skriften "Miljöhänsyn vid dikesrensningar"²⁶.

7.3.2 Anläggning av våtmarker

Våtmarker och sjöar i odlingslandskapet fungerar som näringsfällor, dvs. där avskiljs näringsämnen som kväve och fosfor. Den viktigaste processen för kvävereningen i en våtmark kallas denitrifikation, och är enkelt uttryckt bakteriers omvandling av nitrat i vattnet till harmlös kvävgas. Övriga processer som till viss del också gynnar kvävereningen är sedimentation (partiklar innehållande kväve sjunker till botten och stannar i våtmarken), samt växtupptag (växter binder in kväve i biomassan). Sedimentation och växtupptag tar egentligen inte bort kvävet ur systemet utan bara förflyttar det från vattenfasen till antingen sediment eller växterna. Näring som är bundet i sediment och växter kan senare läcka ut i vattnet igen. För att få en bra kväverening är det alltså bakteriernas arbete man i huvudsak ska gynna.

Fosforavskiljning sker framförallt genom sedimentation. Ofta är en stor del av den fosfor som transporteras i ett vattendrag bunden till fina jordpartiklar. När vattendraget rinner ut i en sjö eller våtmark, så avtar vattenhastigheten och partiklarna i vattnet sjunker till botten.

Anläggning av våtmarker är ett sätt att minska transporten av näring till Ensjön. Det kan vara aktuellt att anlägga våtmarker i flera av Ensjöns avrinningsområden. Den åtgärd som studerats mer noggrant i detta arbete är en våtmark vid Markgärdet, men även våtmarker vid Öbonäs- och Sjöviksdikena har studerats översiktligt.

Våtmark vid Markgärdet

Vid Markgärdet planerar markägaren Lennart Ekman att anlägga en våtmark som ska rena vatten från det låglänta mulljordsområde där han idag odlar bl.a. morötter. Markgärdet ingår i ett invallningsföretag och i nuläget dräneras hela nästa hela avrinningsområdet, ca 740 ha, via en pumpstation.

Förslaget bygger på Markgärdetdiket leds om så att merparten av avrinningsområdet kan dräneras på självfall till Ensjön. Mellan den låglänta odlingsmarken och det nya diket anläggs en tät vall som förhindrar att vattnet i diket tränger ut mot den lägre liggande åkermarken. Totalt bör det nya diket kunna avvattna knappt 650 ha, dvs. 88 % av avrinningsområdet. Kvarvarande ca 85 ha kommer som tidigare att ledas till pumpstationen, som då kommer att pumpa betydligt mindre vatten än i dagsläget. Vattnet som lyfts i pumpstationen kommer att ledas till en våtmark på ca 1 ha, som ska avskilja fosfor och kväve i vattnet, innan det rinner vidare på självfall mot Ensjön (Figur 15). Ytterligare en våtmark planeras öster om

²⁶ Naturvårdsverket m.fl. 2004. Miljöhänsyn vid dikesrensningar.

Markgårdet. Den skall utjämna flödet i det vatten som avrinner från skogsmarken och Vagnsmossen i sydost, innan det leds till det nya diket.



Figur 15. Förslag på placering av våtmarker vid Markgårdet samt ny invallning av den låglänta våtmarken.

Av de ca 85 ha som kommer att avvattnas till pumpstationen och våtmarken, så är ca 47 ha åkermark som domineras av mulljordar. Övrig mark är skogsmark och betesmark. Mulljorden läcker mer fosfor men framförallt mer kväve än lerjorden i området. Antaget ett läckage på 0,5 kg fosfor och 30 kg kväve per ha och år, så blir läckaget från åkermarken 24 kg fosfor och 1400 kg kväve. Från skogs- och betesmarken är läckaget i storleksordningen 1,5 kg fosfor och 40 kg kväve. Den totala belastningen på våtmarken blir ca 25 kg fosfor och 1,5 ton kväve.

Fosforavskiljningen i våtmarken, som blir relativt lågbelastad, bör ligga inom intervallet 30-40 %. Det innebär att 7-10 kg fosfor kan avskiljas per år. Kväveavskiljningen bör kunna uppgå till minst 20 %, dvs. 300 kg per år.

Utöver den rening som våtmarken står för, så kommer det minskade flödet i diket genom mulljordsområdet leda till mindre jorderosion och därmed mindre växtnäringsläckage. Det blir också möjligt att reglera dräneringen av mulljordsområdet, vilket kan leda till en långsammare nedbrytning av organiskt material och därmed mindre läckage.

Våtmarken är tänkt att anläggas på ett triangulärt markområde. För att få en hög näringsavskiljning så krävs en lång uppehållstid, dvs. vattnet skall ta en så lång väg som möjligt genom våtmarken. Ett exempel på hur man kan åstadkomma lång uppehållstid finns i Figur 16 där undervattensvallar ger vattnet en meandrande rörelse genom våtmarken. Våtmarken bör inledas med en djupare del, en sedimentfälla, som kan grävas ur med några års mellanrum. Merparten av våtmarken bör vara grund, för att gynna etableringen av såväl undervattens- som övervattenvegetation.



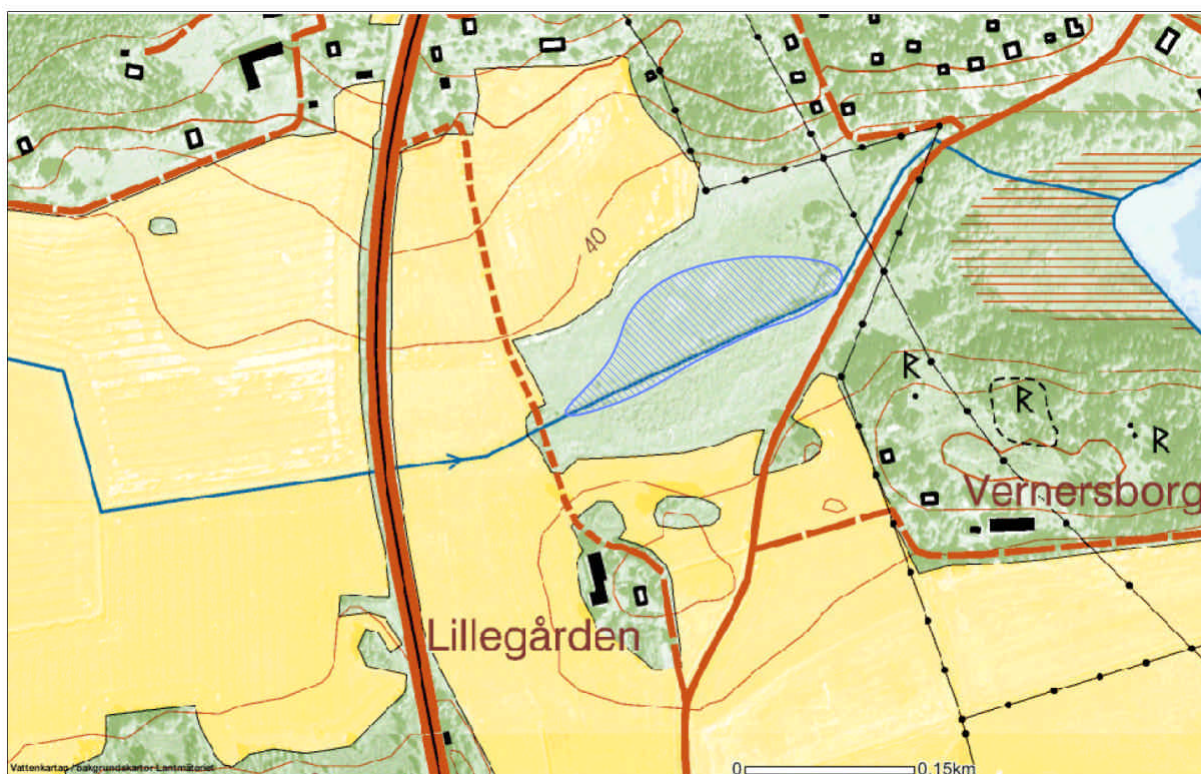
Figur 16. Exempel på grund våtmark där man skapat en lång uppehållstid för vattnet genom att anlägga flödesstyrande undervattensvallar. Trosa våtmark. Foto: Trosa kommun.

Våtmarker vid övriga vattendrag

Utöver den föreslagna våtmarken vid Markgärdetdiket så kan det vara aktuellt att anlägga våtmarker även utmed Öbonäsdiket och Sjöviksdiket. Med tanke på den exploatering som planeras utmed Nyalundsdiket, och den positiva effekt på markläckaget som exploateringen bedöms få, så är det inte motiverat att anlägga en våtmark där.

Utmed Öbonäsdikets nedre sträckning finns låglänt betesmark där en våtmark skulle kunna anläggas (se Figur 17). En våtmark på ca 1,5 ha skulle med dagens beräknade transport belastas med ca 90 kg fosfor och ca 1,8 ton kväve per hektar våtmark och år. Om enskilda avlopp åtgärdas och åtgärder utförs inom lantbruket sjunker belastningen med ca 25-45 %. Fosforavskiljningen i den relativt högbelastade våtmarken bör ligga inom intervallet 10-25 kg fosfor per hektar våtmark och år. Kväveavskiljningen bör kunna uppgå till minst 20 %. Om kvävebelastningen sjunker till 1,5 ton (1 ton per ha våtmark och år) innebär det att ytterligare ca 300 kg kan avskiljas i våtmarken.

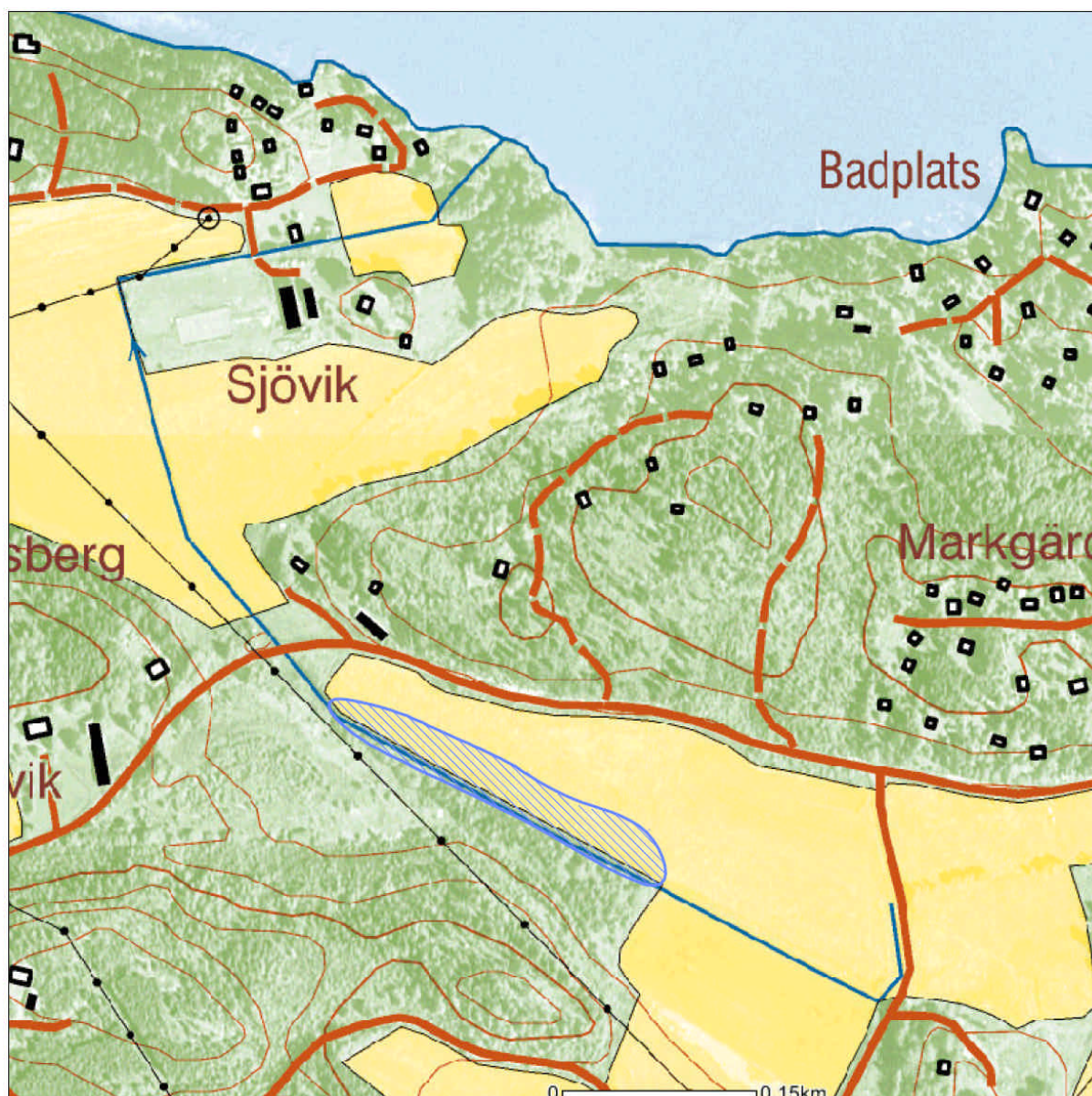
En våtmark på den föreslagna platsen vid Öbonäsdiket skulle också kunna bli en intressant våtmark för bl.a. våtmarksfåglar om den anläggs med flacka stränder som hålls öppna med betesdjur. Våtmarken anläggs huvudsakligen genom schaktning, men man bör undersöka möjligheten till en viss dämning av diket för att på så sätt minska schaktbehovet.



Figur 17. Teoretisk placering av våtmark före Öbonäsdiketets utlopp i Ensjön. Våtmarksområdet på bilden är ca 1,5 ha stort.

I Figur 18 finns ett förslag på placering av en våtmark utmed Sjöviksdiket. Marken runt diket är här något mer kuperad än vid Öbonäsdiketets nedre del och om det inte är möjligt att dämna i diket så är det endast rimligt att gräva en mindre våtmark här. Våtmarken på illustrationen är ca 1 ha stor. Om diket har tillräckligt fall så kan man med kombinerad dämning och grävning antagligen skapa ett större vatten till en lägre kostnad.

En våtmark på 1 ha skulle med dagens beräknade transport belastas med ca 130 kg fosfor och ca 2,8 ton kväve per hektar våtmark och år. Om enskilda avlopp åtgärdas sjunker belastningen med ca 20-35 %. Även denna våtmark blir relativt högbelastad. Fosfor- och kväveavskiljningen bör motsvara det som angetts för våtmarken i Öbonäsdiket ovan, ca 20 kg fosfor och 300 kg kväve per hektar våtmark och år.



Figur 18. Teoretisk placering av våtmark före Sjöviksdikets utlopp i Ensjön. Våtmarksområdet på bilden är ca 1 ha stort.

7.4 Åtgärder i Ensjön

7.4.1 Slåtter av bladvass

Slåtter av bladvass har framförts som en åtgärd för att bortföra fosfor från Ensjön. Bladvass tar liksom många andra vassartade växter sin näring från botten-sedimentet. Den största biomassan uppnås under blomningen, dvs. under juli-augusti. Under samma period är det som mest näring bunden till de ovanjordiska delarna av vassen. Alltså bör vassen skördas under denna period. Man har beräknat att skörd av tät, grön vass under sommaren tar bort ca 9 kg fosfor och 100 kg kväve per hektar. Om motsvarande vass skulle skördas på vintern skulle man få bort 10-20 % av näringsmängderna.²⁷

²⁷ Ålands Landskapsregering. <http://www.regeringen.ax/socialomiljo/miljo/vass.pbs>

Om avsikten är att år efter år skörda vass och ta bort maximalt med näring bör vassen slås över vattenytan. En skörd under vattnet medför att vassen försvinner efter ett antal år. Man bör försöka slamma upp så litet som möjligt av bottensedimentet under skörden eftersom man då får ett läckage av näring. Det är lämpligt att lämna en bård av vass mot öppet vatten för att fungera som en vågbrytare och förhindra uppslamning och borttransport av sediment.

Ensjöns omkrets är 10 km. Om man antar att vassbården i genomsnitt är 5 m bred, så innebär det att vassytan totalt är 5 ha stor, dvs. täcker 2 % av sjöns yta. Det största vassområdet finns i Nyalundsviken i nordöstra delen av sjön där vassen täcker ca 2,5 ha. Om man årligen skulle skörda 2 ha av denna vass så skulle knappt 20 kg fosfor bortföras från sjön. Det är dock endast en liten del av denna mängd som är tillgänglig för vattenekosystemet, i och med att vassen tar och återför näring till sedimentet. Vassskörd kommer därför knappast att ge någon synbar effekt på näringshalterna i vattnet.

7.4.2 Minskat läckage av fosfor från bottensedimenten

Eftersom sedimenten i Ensjön innehåller en stor mängd fosfor är fällning av bottensediment en åtgärd som diskuterats. Genom behandlingen, som sker med ett flockningsmedel, minskar uttransporten av fosfor från sedimenten. Det gör att halterna sjunker i hela vattenmassan. Ett resultat av minskade fosforhalter blir att produktionen av planktonalger minskar och ett synbart bevis på detta är att siktdjupet ökar.

Tillförseln från omgivningen är avgörande för hur länge behandlingen verkar. För att nå ett långsiktigt resultat måste alla externa fosforkällor till största delen vara åtgärdade. Detta betyder att fällning av fosfor i Ensjöns sediment inte är aktuellt i dagsläget eftersom halterna i tillflödena fortfarande är så pass höga.

7.4.3 Minskning av näringstillförsel från sjöfågel

Flera studier visar på att fåglar kan tillföra näringsämnen till sjöar²⁸. I Ensjön förekommer periodvis mycket kanadagäss och enligt boende vid Ensjön ökar antalet gäss från mitten av sommaren för att sedan kulminera på hösten med upp till 1000 individer. Sannolikt används Ensjön som rast-/övernattningsplats och gässen betar dagtid på omkringliggande åkermarker. Gässen transporterar på så sätt näring från åkermarker till sjön.

En spillning från kanadagås väger i genomsnitt 1,2 g och har en vattenhalt av 81 %²⁹. Spillningsfrekvensen är ca 28 spillningar per fågel och dag³⁰. Enligt dessa uppgifter så genereras en årlig produktion av 2,3 kg spillning (torrvikt). För kanadagäss finns totalfosforvärden i litteraturen på 1,5 % av spillningens torrvikt²⁸. Detta motsvarar ca 35 g fosfor per fågelindivid och år eller drygt 3,5 kg per 100 individer.

²⁸ Mitchell, S.F. & M.R. Perrow (1998). Interaction between grazing birds and macrophytes.

²⁹ Manny, B.A., Johnson, W.C. and Wetzel, R.G. (1994). Nutrient additions by waterflow to lakes and reservoirs: predicting their effects on productivity and water quality.

³⁰ Marion, L., Clergeau, P., Brient, L. & Bertru, G. (1994). The importance of avian contributed nitrogen (N) and phosphorus (P) to lake Grand-Lieu, France.

Om man antar att 500 kanadagäss befinner sig på ett mindre område av Ensjön under fyra månader samt att hälften av spillningen hamnar i vattnet så tillförs ca 3 kg fosfor/år. Detta kan anses som en liten mängd i relation till den övriga fosfortransporten till Ensjön.

Diskussionen om gässens förekomst bör dock diskuteras vidare. Förutom en viss minskad näringstransport så ger en begränsning av antalet gäss en ökad trivsel vid allmänna sjönära platser som exempelvis Ensjöns badplats.

8 Uppföljning

8.1 Behov av mätning och uppföljning i sjöar och vattendrag

För att få bättre kunskap om Ensjön och avrinningsområdets vattenkemi och biologi, föreslås att ett provtagningsprogram upprättas dels för Ensjön och dels för de fyra tillflödena. I något eller alla tillflödena bör man överväga att installera en station för flödesproportionell provtagning i en punkt för att bättre kunna beräkna transporten av fosfor och kväve.

Provtagningen skall tjäna som grund dels för att besluta om rimliga åtgärder och dels för att kunna visa att genomförda åtgärder får effekt. Ett uppföljningsprogram ger också bättre kunskap om sjöns näringsdynamik.

Provtagningsverksamheten ska inte hindra påbörjandet av åtgärdsarbetet.

9 Referenser

Arheimer, B. och Brandt, M., 1998. Modelling nitrogen transport and retention in the catchments of southern Sweden. *Ambio* 27(6):471-480.

Edlund, J. Limnologisk studie - utkast. Norrköpings kommun. 1996.

Edlund, J. Naturvärdesinventering av 75 sjöar i Norrköpings kommun 1996. Norrköpings kommun.

Hahn, S., Baur, S. & Klaassen, M (2008). Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds.

http://en.wikipedia.org/wiki/Redfield_ratio

Jordbruksverket 2008. 64 åtgärder inom jordbruket för god vattenstatus. Rapport 2008:31.

Manny, BA., Johnson, W C. And Wetzel, R G. (1994). Nutrient additions by waterflow to lakes and reservoirs: predicting their effects on productivity and water quality.

Marion, L., Clergeau, P., Brient, L & Bertru, G (1994). The importance of avian contributed nitrogen (N) and phosphorus (P) to lake Grand-Lieu, France.

Mitchell, S.F. & M.R. Perrow (1998). Interaction between grazing birds and macrophytes.

Neu, J. 1986. Närsaltsbelastning och status för Ensjön, Norrköpings kommun. Examensarbete 1986:11, Högskolan i Kalmar.

Naturvårdsverket 2003. *Små avloppsanläggningar. Hushållsspillvatten från högst fem hushåll*. Naturvårdsverket fakta, oktober 2003. Stockholm

Naturvårdsverket/LRF/Jordbruksverket. 2004. *Miljöhänsyn vid dikesrensningar*. (Skriften kan beställas på 08-55094980 eller laddas ner från www.naturvardsverket.se/bokhandeln)

Nilsson, P. 1990. *Infiltration of wastewater: an applied study on treatment of wastewater by soil infiltration*. Doktorsavhandling, Lunds universitet.

Norrköpings kommun. Handlingsprogram för Ensjön, reviderad 1993-10-13

Palm, O, Malmén, L, Jönsson, H. 2002. *Robusta, uthålliga små avloppssystem – en kunskapssammanställning*. Naturvårdsverket rapport 5224.

Underlag till: SCB. 2007. Vattendistriktens ekonomiska strukturer och miljöpåverkan 1995-2005.

Ulén, B och Fölster, J. 2005. *Närsaltskoncentrationer och trender i jordbruksdominerade vattendrag*. Avdelningen för vattenvårdslära Institutionen för Miljöanalys, Institutionen för markvetenskap. Ekohydrologi 84. SLU.

Barbro Ulén m.fl. 2008. Åtgärds katalog för minskade fosfor- och kväveförluster från jordbruk till vatten. Institutionen för Mark & Miljö, SLU.

WSP. Dagvattenutredning Södra Vrinnevi, 2009-05-15.

Ålands Landskapsregering. <http://www.regeringen.ax/socialomiljo/miljo/vass.pbs>

10 Bilagor

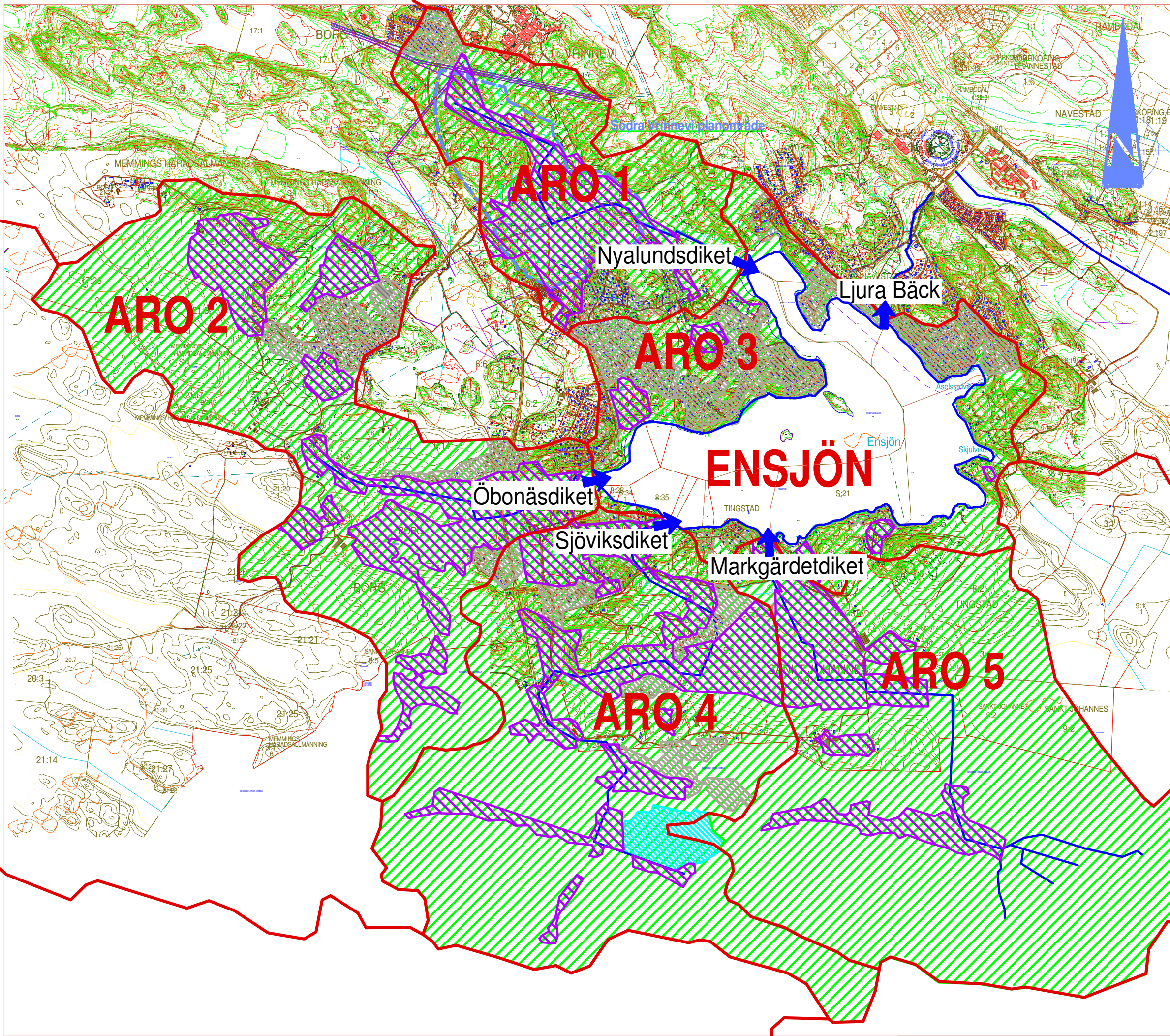
10.1 Bilaga 1 - Kartering

Kartering markanvändning Ensjön. Ritning 2009-0169-01

10.2 Bilaga 2 – Ensjön - fosfor i vatten och sediment

10.3 Bilaga 3 – Källfördelning av fosfor och kväve

Källfördelning av fosfor och kväve från de olika delavrinningsområdena, illustrerat på karta.



ARO 1	Skog: 152 ha Åker: 87 ha Bebyggelse: 29 ha	Skog/total yta ARO
	Total yta: 268 ha	Bebyggelse
ARO 2	Skog: 393 ha Åker: 148 ha Bebyggelse: 47 ha	Åkermark
	Total yta: 588 ha	Stenbrott
ARO 3	Skog: 120 ha Åker: 18 ha Bebyggelse: 117 ha	Vrinnevi planområde
	Total yta: 490 ha 255 ha mark 235 ha Ensjön	
ARO 4	Skog: 413 ha Åker: 138 ha Bebyggelse: 47 ha	
	Stenbrott: 17 ha	
	Total yta: 615 ha	
ARO 5	Skog: 660 ha Åker: 91 ha Stenbrott: 4 ha	
	Total yta: 755 ha	
Ensjöns ARO totalt:		2480 ha

Rev	Ant	Ändringen avser	Datum	Sign
-----	-----	-----------------	-------	------

NORRKÖPINGS KOMMUN

WRS
Water Revival Systems

WRS Uppsala AB
Östra Ågatan 53
753 22 Uppsala
Tel: 018 - 17 45 40
Fax: 018 - 17 45 49
www.swedenviro.se/wrs
e-post: info@wrs.se

UPPDRAG NR. 0169	ANSVARIG EP	PROJEKTLEDARE
DATUM 2009-10-01	RITAD/KONSTR AV RO	KONTR. GODK.

Norrköpings kommun
Ensjön
Kartering markanvändning

SKALA A3 1:25000	RITNING NR. 2009-0169-01	BET
---------------------	-----------------------------	-----



Ensjön

Fosfor i vatten och sediment

1 Förord

Ensjön är en sjö med stora naturvärden. Den är också en viktig sjö i närmiljön. Sjön är övergödd men man vet relativt lite om sjöns vattenkemi och speciellt sedimentkemin. Åtgärder för att förbättra sjön diskuteras. Denna rapport är en del i ett underlag för att förbättra kunskapen om sjön och att hitta lösningar för få bättre vattenkvalitet.

Vattenresurs
Sten-Åke Carlsson

08-584 807 70
sac@vrab.se
www.vattenresurs.se

Innehåll

1	Förord -----	2
2	Metodik-----	3
	Provpunkter -----	3
	Provtagning och analysmetoder -----	3
3	Provresultat-----	4
	Vatten -----	4
	Fraktionerad fosforanalys av sediment -----	5
4	Slutsatser -----	6

2 Metodik

Provpunkter

Vattenprov för kemiska analyser har tagits med Ruttnerhämtare från is.
Sedimentprov har tagits som ett blandprov av 5 proppar från tre områden i sjön.
Se figur 1.

Provtagning och analysmetoder

Följande svensk analysstandard har använts:

Totalfosfor	SS 02 81 27-2
Fosfatfosfor	SS 02 81 26-2
Totalkväve	SS 02 81 31
Ammoniumkväve	SS 02 81 34
Nitritkväve	SS 02 81 32
Nitratkväve	SS 02 81 33

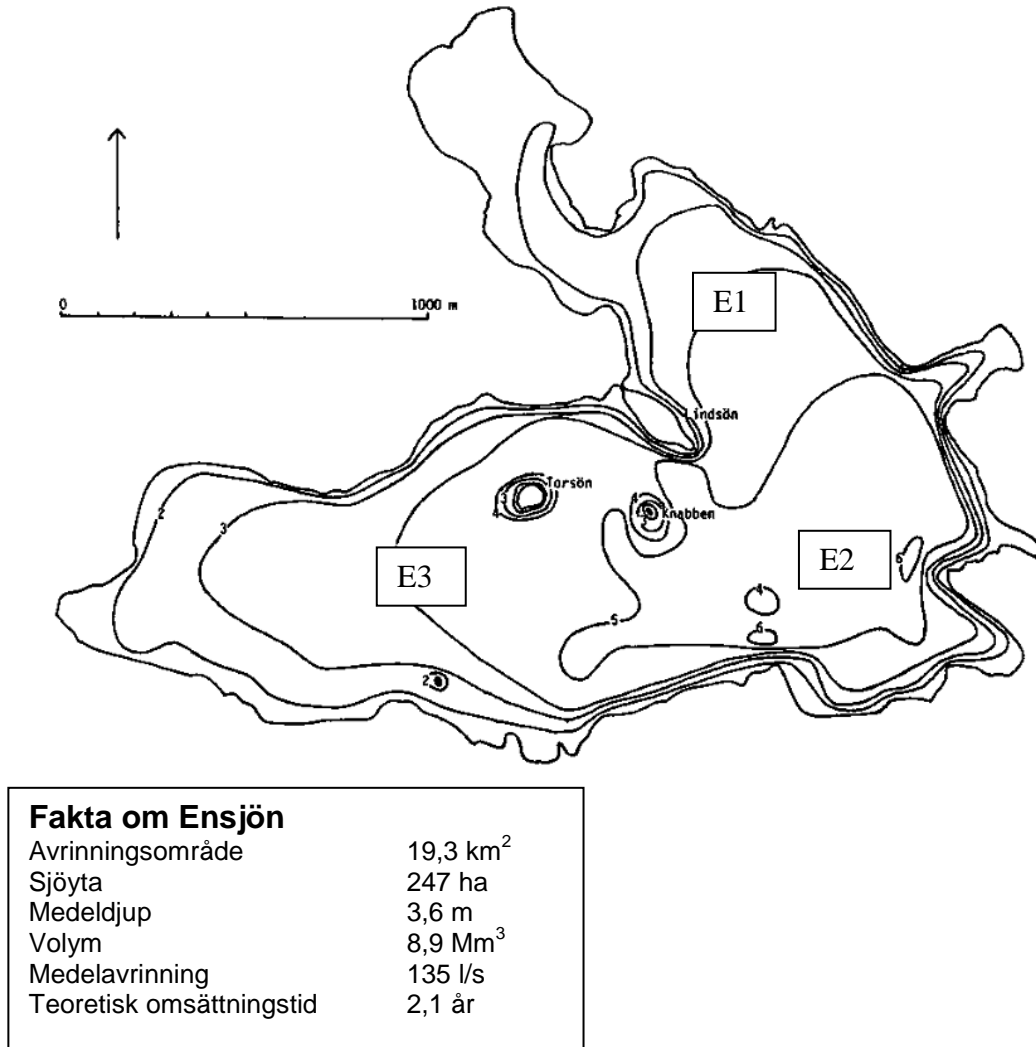
I en fraktionerad fosforanalys lakas fosfor ut ur provet med i olika steg - från vatten till syra. Det innebär att fosfor analyseras som löst bunden (utlakbar i vatten), organiskt bunden, Fe-bunden, Al-bunden och Ca-bunden. Detta klargör hur hårt bunden fosfor är och vilken risk det finns att den kan frigöras för biologisk produktion.

Den lätt tillgängliga fosfor är direkt tillgänglig för växtproduktion. Organiskt bunden fosfor blir tillgänglig när det organiska materialet bryts ner. Järn-, aluminium- och kalciumbunden fosfor är hårt bunden. Järnbunden fosfor kan bli tillgänglig vid syrgasbrist då bindningen släpper. Detta sker t ex i sediment i syrgasfri miljö.

Metoden som inte är ackrediterad finns inte som SIS standard utan är en metod som används allmänt för analys av sediment. Metodens referens är: Psenner R., Boström B., Dinka M., Pettersson K., Puckso R., and M. Sager. 1988. Fractionation of phosphorus in suspended matter and sediment. Arch. Hydrobiol. Suppl. 30: 98-103.

Lakning sker med:

Fraktion	Lakning med
Lättlösligt	Ammoniumklorid
Organiskt bunden	Totalfosfor-övriga fraktioner
Järnbunden	Natriumdithionit/Natriumkarbonat
Aluminiumbunden	Natriumhydroxid
Kalciumbunden	Saltsyra



Figur 1: Djupkarta över Ensjön. E 1-3 är provområden

3 Provresultat

Vatten

Vattenprov togs för att komplettera sedimentprovtagningen. Prov togs i en profil i den djupaste delen med ca 5 m djup. I Tabell 1 redovisas dessa provsvar.

Tabell 1: Fosfor- och kvävehalter i Ensjön, 21 mars 2009.

Provpunkt	Djup (m)	Totalfosfor (µg/l)	Fosfatfosfor (µg/l)	Organiskt bunden fosfor (µg/l)
E2	0,5	44	8	36
E2	2	43	7	36
E2	4	49	16	33
E2	4,5	210	180	30

Fosforhalten är typisk för en näringsrik slättlandssjö men det är ett provtagningsstillfälle. Den höga halten fosfatfosfor indikerar en internbelastning av fosfor från sedimentytan. Ett uppföljningsprogram skulle kunna ge ett bättre grepp om sjöns näringsdynamik.

Fraktionerad fosforanalys av sediment

Analyssvaret är indelat i grupper. Lättlöslig fosfor är som namnet säger lätt tillgänglig. Järn, aluminium och kalciumbunden fosfor är svårlöslig med undantag för järnbunden som löser sig vid syrefria förhållanden. Kalciumbunden fosfor är mycket svårlöslig. Organiskt bunden fosfor är till del löslig men i ett längre tidsperspektiv.

Sedimentprov togs i fem punkter i vardera tre områden i Ensjön (se figur 1). Varje område blandades till ett blandprov i två skikt 0-5 och 5-10 cm. Analysresultaten redovisas i tabell 2 och 3.

Tabell 2: Fosforfraktioner i Ensjön

Prov-område	Datum	Lätt-löslig µg/g TS	Fe-bunden µg/g TS	Al-bunden µg/g TS	Ca-bunden µg/g TS	Organiskt-bunden µg/g TS	Rest P µg/g TS	TotP sed µg/g TS	Vattenhalt %
E1 0-5	2009-03-16	1	190	72	130	530	440	1400	94
	andel av tot-p	0,1%	13,6%	5,1%	9,3%	37,9%	31,4%		
E1 5-10	2009-03-16	0	170	74	130	510	390	1300	93
	andel av tot-p	0,0%	13,1%	5,7%	10,0%	39,2%	30,0%		
E2 0-5	2009-03-16	0	160	74	140	530	390	1300	93
	andel av tot-p	0,0%	12,3%	5,7%	10,8%	40,8%	30,0%		
E2 5-10	2009-03-16	0	140	79	140	520	370	1200	91
	andel av tot-p	0,0%	11,7%	6,6%	11,7%	43,3%	30,8%		
E3 1-5	2009-03-16	0	180	67	130	500	440	1300	93
	andel av tot-p	0,0%	13,8%	5,2%	10,0%	38,5%	33,8%		
E3 5-10	2009-03-16	0	140	71	140	470	380	1200	91
	andel av tot-p	0,0%	11,7%	5,9%	11,7%	39,2%	31,7%		

Tabell 3: Lätt tillgänglig fosfor i fraktioner av Ensjöns sediment

Prov-område	Tillgänglig fosfor i sedimenten		
	g P/m ³ TS	g P/m ³ VS	g P/m ²
E1 0-5	342	22	1,1
E1 5-10	318	24	1,2
E2 0-5	318	23	1,1
E2 5-10	300	26	1,3
E3 1-5	322	22	1,1
E3 5-10	281	24	1,2

Den tillgängliga fraktionen i ytsedimentet utgör vid provtillfället i medel 1,2 g/m² av den totalt beräknade fosformängden som är ca 5 g/m². Det finns ca 12000 kg tillgänglig fosfor räknat på hela sjöytan varav ca 3000 kg är lättlösligt. Den lättlösliga delen är en relativt stor pool som kan frigöras vid syrgasbrist och utgör då ett hot mot sjöns vattenkvalitet. I proven på bottenvattnet kan man se att en del av den lättlösliga fraktionen redan lakats ut. Om man antar att ca 100 ha och 1 m vattenpelare har den

halten i medel innehåller bottenvattnet i mars ca 200 kg. Om tillförseln av växtnäring minskar kommer även halten tillgänglig fosfor att sakta minska till en ny jämvikt med de halter man når med olika åtgärder.

4 Slutsatser

De fosforhalter som uppmätts i Ensjöns sediment är relativt höga men ändå mindre än i mycket näringsrika sjöar.

Den relativt långsamma vattenomsättningen (ca 2 år) gör sjön känslig för föroreningar. En syrebristsituation skulle leda till en omfattande fosforutläckage som skulle bli förödande för sjöns utveckling. En sänkning av den externa fosfortillförseln är mycket viktig för långsiktigt kunna minska dessa risker och förbättra dagens situation.

Bilaga 3. Källfördelning fosfor och kväve

