



Institutionen för miljöanalys

**Mälarens
vattenvårdsförbund**

Sedimentens bidrag till fosforbelastningen i Mälaren



Sammanfattning

Projektets syfte

En stor extern fosforbelastning har varit ett av Mälarens stora problem, vilket resulterade i en omfattande algproduktion under mitten av förra seklet. I början av 1970-talet vidtogs åtgärder för att minska fosforbelastningen (framför allt avloppsrening) varvid vattenkvaliteten förbättrades snabbt. Men trots den reducerade externbelastningen av fosfor med en förbättrad vattenkvalitet är fosforhalterna fortfarande höga i Mälarens vatten (medelvärdena 27 - 48 µg/l för bassängerna enligt figur 1 under perioden 1985 till 2000). En bidragande orsak till de höga fosforhalterna är sannolikt fosforläckage från sedimenten, en process benämnd som internbelastning. Syftet med detta projekt är att undersöka och kvantifiera denna internbelastning.

Vilka provtagningsstationer valdes?

Under sommaren 2001 togs sedimentkärnor från ackumulationsbottnar på 25 provtagningslokaler i Mälaren fördelade över hela sjön och i närheten av de nuvarande stationerna för vattenprovtagning (figur 1).

Vilka analyser genomfördes?

Sedimentkärnorna skiktades i 1 cm skikt i vilka vattenhalt, densitet och totalfosfor analyserades. Dessutom utfördes en fosforfraktionering i fem

extraktionssteg så att mängden löst bunden fosfor, järnbunden-, aluminiumbunden-, organiskt bunden- och kalciumbunden fosfor kunde bestämmas.

Hur beräknades andelen fosfor som läcker från sedimentet?

Andelen fosfor som läcker från sedimentet (mobil fosfor) beräknades enligt följande:

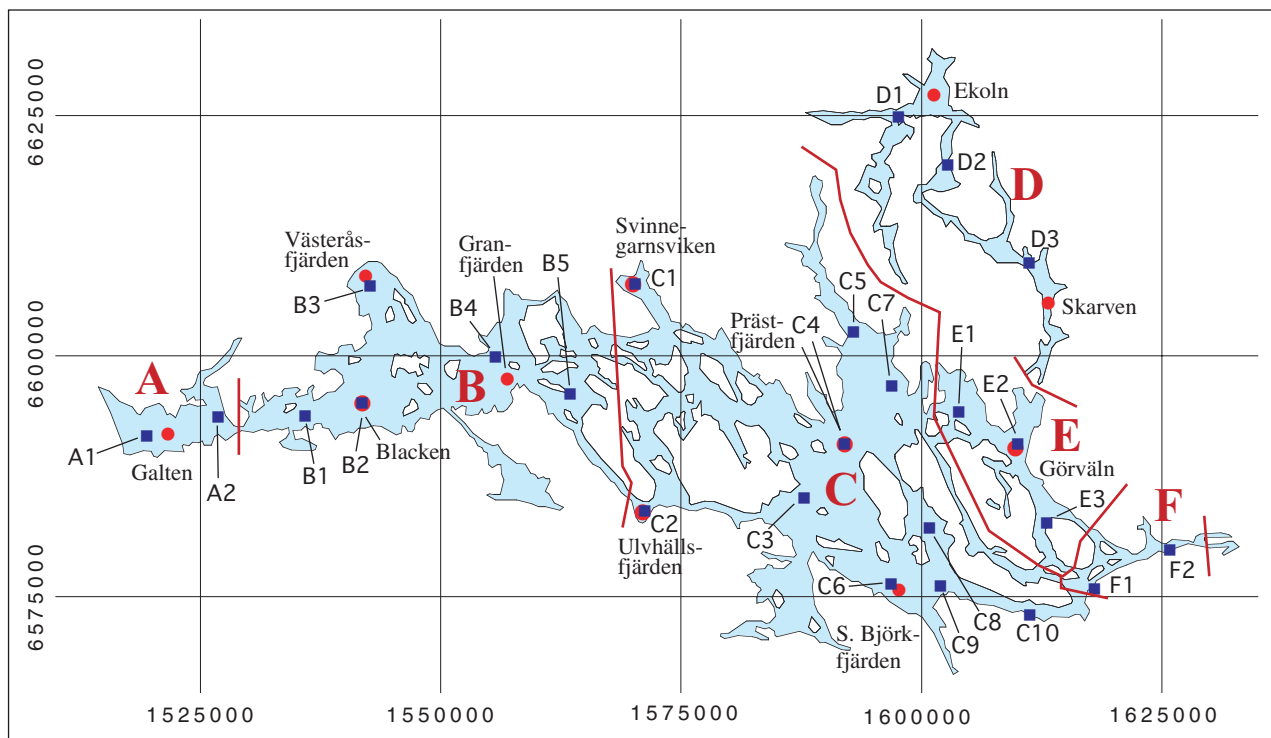
Mobil fosfor = löst bunden fosfor + järnbunden fosfor + organiskt bunden fosfor – bakgrundshalt av mobil fosfor

Hur höga är fosforhalterna i Mälarens sediment?

Totalfosforhalten är generellt högst vid sedimentytan, 0 - 1 cm (exempel visas i figur 2), med medelkoncentrationen 1 868 µg/g torrsbstans (TS). Stationen C7 har den högsta halten (2 711 µg/g TS) och stationen C9 den lägsta halten (1 149 µg/g TS).

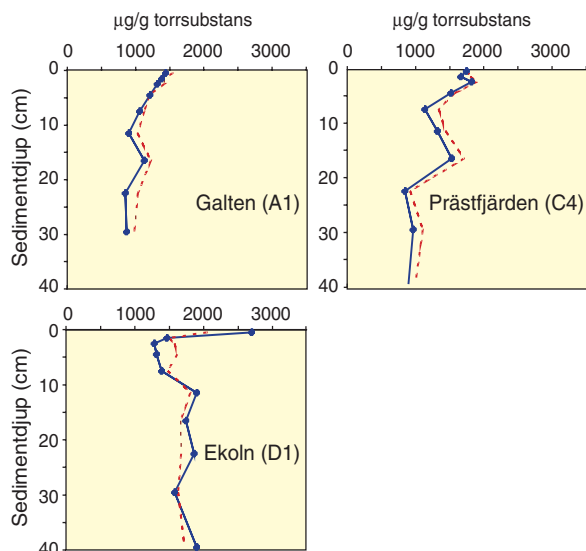
Hur mycket fosfor är lagrat i Mälarens sediment?

Största mängden fosfor i sedimentet finns i bassäng C på grund av den stora bassängarealen (tabell 1). Fosforkoncentrationen är dock högst i bassäng E med 121 g/m² per 30 cm sediment. Så pass höga koncentrationer beror förmodligen på en kontinuerlig fosfortransport från de grunda bassängerna till den djupa bassängen E.



Figur 1. Karta över Mälaren indelad i 6 bassänger (A-F) och de 25 sedimentprovtagningsstationerna, A1-F2 (svarta symboler) samt de 11 aktuella vattenkemistationerna (röda punkter) under 2001. Koordinater i rikets nät (RT90).

Totalfosfor i sedimentet

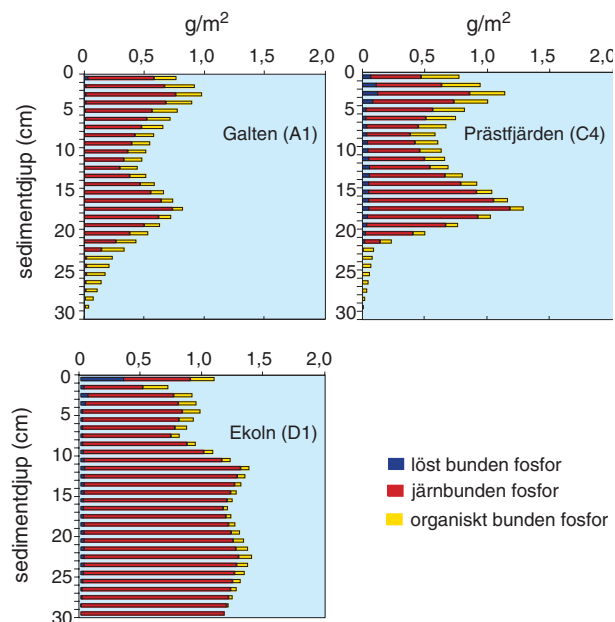


Figur 2. Totalfosforhalter (blå linje) och summan extraherade fosforformer (röd streckad linje) i Mälarens sediment vid tre utvalda stationer i tre olika bassänger (A, C och D) under 2001.

Hur stor är andelen mobil fosfor i Mälarens sediment?

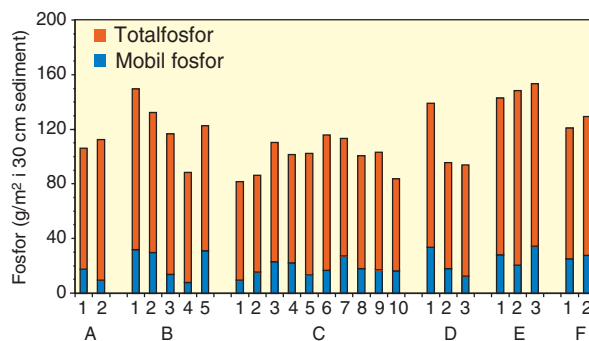
Andelen mobil fosfor (exempel visas i figur 3) varierar mellan 6 och 41 g/m² per 30 cm sediment (figur 4) och är mellan 8 och 34 % av den totala mängden fosfor.

Mobil fosfor i sedimentet



Figur 3. Mängden mobil fosfor (summan av löst bunden fosfor, järnbunden- och organiskt bunden fosfor) i Mälarens sediment vid tre utvalda stationer i tre olika bassänger (A, C och D) under 2001.

Mobil fosfor av det totala i sedimentet



Figur 4. Totalfosfor och mobil fosfor i Mälarens sediment (0-30 cm) vid 25 stationer (A1-F2) i sex olika bassänger (A-F) under 2001.

Hur mycket av fosfor i Mälarens sediment är rörlig?

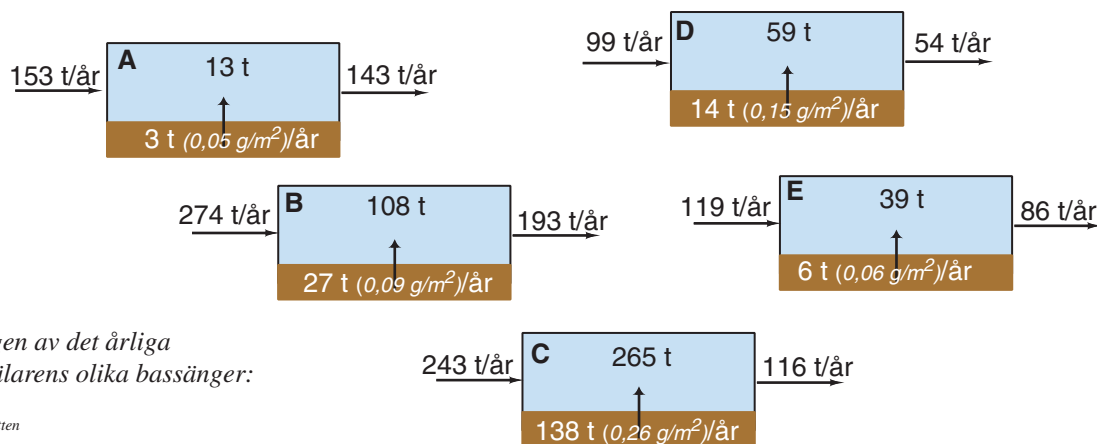
Liksom totalfosfor visar även mobil fosfor största mängderna i den stora bassängen C och högsta koncentrationerna i bassäng E (tabell 1). Skulle all mobil fosfor fördelas i vattenmassan på en gång skulle fosforkoncentrationen i Mälarens vatten öka till 1 495 µg/l.

Tabell 1. Totalfosfor och mobil fosfor i sedimentdjupet 0-30 cm för sex bassänger (A-F) i Mälaren 2001, uttryckt som totalmängden i respektive bassäng (ton) och mängden per ytenhet (g/m²).

| Bassäng | Totalfosfor | | Mobil fosfor | |
|---------|-------------|------------------|--------------|------------------|
| | ton | g/m ² | ton | g/m ² |
| A | 5 850 | 96 | 760 | 13 |
| B | 30 340 | 99 | 7 070 | 23 |
| C | 42 010 | 82 | 7 470 | 15 |
| D | 8 310 | 88 | 1 850 | 20 |
| E | 11 640 | 121 | 3 150 | 33 |
| F | 2 610 | 99 | 680 | 26 |

Hur stor är ackumuleringen av fosfor i Mälarens botten under ett år?

Enligt beräkningarna varierar nettosedimentationen i Mälaren mellan 0,26 och 0,74 cm/år. Det betyder att det ackumuleras i genomsnitt runt 50 ton (t) fosfor/år i bassäng A, 310 t/år i bassäng B, 600 t/år i bassäng C, 80 t/år i bassäng D, 140 t/år i bassäng E och 40 t/år i bassäng F. Därmed är nettosedimentationen av fosfor i bassängerna A-E betydligt högre (1,4 till 3,8 gånger) än den aktuella fosformängden i vattenmassan (figur 5). Det betyder att en hel del fosfor som finns i ytsedimentet måste komma från de djupare sedimentlagren.



Figur 5. Beräkningen av det årliga fosforläckaget i Mälarens olika bassänger:

$$F_{sed} = F_{in} - F_{ut} - F_{vatten}$$

varav:

F_{sed} : mängd fosfor som lämnar sedimentet varje år

F_{in} : mängd fosfor som tillförs till Mälaren varje år

F_{ut} : mängd fosfor som förs ut från Mälaren varje år

F_{vatten} : mängd fosfor i vatten

Bassäng F saknas eftersom SLU inte utfört några kontinuerliga fosformätningar i vattnet i denna bassäng.

Hur stort är läckaget från Mälarens sediment?

Mälarevattnets fosforhalter är alldeles för höga för att kunna förklaras av mängden fosfor som tillförs Mälarens bassänger varje år. Sannolikt bidrar ett kraftigt fosforläckage från sedimenten till de relativt höga fosforhalterna i vattenmassan. Fosforläckaget kvantifieras med hjälp av uppgifterna om mängden fosfor som tillförs Mälarens bassänger varje år, mängden fosfor som förs ut varje år och mängden fosfor som finns i vattenmassan (figur 5). Om hänsyn tas till mängden fosfor som tillhör den rörliga delen (tabell 1), och en "naturlig" pool mobil fosfor (ca 5 g/m²) subtraheras, beräknas att det tar ungefär 160 år i bassäng A innan läckaget av fosfor från en tidigare hög fosforbelastning upphör, 200 år i bassäng B, 40 år i bassäng C, 100 år i bassäng D och 470 år i bassäng E. Beräkningarna visar att variationen i tiden tills fosforläckaget från sedimenten har minskat till naturliga nivåer är stort. Längst tid tar det i den djupaste bassängen E eftersom ackumuleringen av mobil fosfor har varit störst där.

Slutsats

Mälarens sediment innehåller stora mängder mobil fosfor (nästan 21 000 ton, dvs ungefär en femtedel av den totala mängden fosfor) som förr eller senare kommer att lämna sedimentet. Varje år tillkommer fosfor från avrinningsområden som bidrar till fosforpoolen i sedimentet. Vid nuvarande fosforbelastning beräknas det ta ungefär mellan 40 och 470 år innan fosforläckaget från en tidigare hög fosforbelastning upphör, beroende på bassäng. Siffrorna bör ses som en ungefärlig uppskattning. De är direkt kopplade till en genomsnittlig till- och utförsel av fosfor. Ändras fosfortillförseln ändras hela fosforcykeln och nya – förmodligen icke linjära – beräkningar behöver utvecklas. Det bör poängteras att även om fosfor läcker från sedimenten, så är det fortfarande av största vikt att fortsätta ansträngningarna för att minska fosfortillförseln till Mälaren.

Institutionen för miljöanalys vid SLU har på uppdrag av Mälarens vattenvårdsförbund utfört denna fosforundersökning. Sedimentprovtagningen har gjorts av SGU och fosforanalyserna av Erkenlaboratoriet, Uppsala Universitet. Sammanfattning och huvudrapport kan beställas hos Mälarens vattenvårdsförbund i Västerås (adress se nedan).

Omslagsbild: Mälaren September 2002, Foto: Gesa Weyhenmeyer

Tryck: Institutionen för miljöanalys, SLU

Box 7050, 750 07 Uppsala,

Tel. 018 – 67 31 10

<http://www.ma.slu.se>

Distribution: Mälarens vattenvårdsförbund

c/o Länsstyrelsen

Miljöenheten, 721 86 Västerås, <http://www.vasteras.se/malarenavattenvardsforbund>

Beräkningen av mobil fosfor: Emil Rydin

Text och formgivning: Gesa Weyhenmeyer och Mikael Östlund