



# rapport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

Miljöövervakningsprojekt i Södertälje  
kanalområde för bedömning av  
effekterna från muddring och tippning  
av förorenade sediment

Multivariat utvärdering av toxiciteten mot  
brackvattenorganismer exponerade för  
sediment från Hallsfjärden – Delrapport 3

Jenny Olsson Bengt-Erik Bengtsson Jonas Röttorp Tomas Viktor

B 1345

Stockholm, November 1999



<b>Organisation/Organization</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	<b>RAPPORTSAMMANFATTNING</b> <b>Report Summary</b>
<b>Adress/address</b> Box 21060 100 31 Stockholm	<b>Projekttitel/Project title</b> Muddring och tippning av förorenade sediment. Södertälje kanal
<b>Telefonnr/Telephone</b> 08-598 565 00	<b>Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor</b> Stockholms läns landsting Miljövårdsfonden
<b>Rapportförfattare/author</b> Jenny Olsson, Bengt-Erik Bengtsson, Jonas Röttorp och Tomas Viktor	
<b>Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report</b> Multivariat utvärdering av toxiciteten mot brackvattenorganismer exponerade för sediment från Hallsfjärden	
<b>Sammanfattning/Summary</b> <p>I det kontrollprogram som har följt efter muddringen i Södertälje kanal har analyser gjorts av metaller och PAH i bottenvatten och sediment. Toxiciteten av ämnen i vattenfasen utlösta från sedimenten mot abborryngel, paddyngel, pungräka och dammsnäcka har analyserats. Dessa organismer ger en god bild av effekterna i ekosystemet eftersom de representerar djurgrupperna; fisk, groddjur, kräftdjur och snäckor. För att studera hur föroreningarna har påverkat toxiciteten i området har en multivariat utvärdering gjorts för att hitta eventuella korrelationer mellan toxicitet och föroreningar utlösta i vattenfasen.</p> <p>Datamaterialet baseras på sedimentdata från 5 provtagningspunkter varav 4 provtagningspunkter är belägna i Hallsfjärden, söder om Södertälje, och en referenspunkt i Forsmark, norra Uppland. De uppmätta effekterna på de olika organismerna ger en grov bild av det som lösts ut till vattenfasen från sedimenten. Det begränsade antalet provtagningspunkter innebär att resultaten av den multivariata utvärderingen måste beaktas med viss försiktighet.</p> <p>Resultatet av utvärderingen visade att toxiciteten är störst vid Fläsklösa och vid Halls Holme belägna i Hallsfjärden. Vid Halls Holme är toxiciteten i vattenfasen hög för abborryngel. Fläsklösa ger inte lika entydiga resultat vid jämförelse med Halls Holme. Utvärderingen visade att både utlösta metaller och PAH har en toxisk effekt på de undersökta organismerna. PAH påverkar främst abborryngel. Paddyngel påverkas både av metaller och PAH. Vissa variabler för pungräka påverkas av metaller och andra av PAH medan dammsnäckan inte verkar påverkas nämnvärt av de analyserade föroreningarna.</p>	
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords</b> Multivariat analys; muddring; sediment; fisk; groddjur	
<b>Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data</b> IVL Rapport/report B 1345	
<b>Beställningsadress för rapporten/Ordering address</b> IVL, Publikationsservice, Box 21060, S-100 31 Stockholm fax: 08-598 563 90, e-mail: publicationservice@ivl.se	

## Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	2
1 Bakgrund .....	3
2 Metodik .....	3
3 Multivariata metoder .....	4
4 Resultat .....	6
4.1 PCY .....	6
4.2 PCA .....	9
4.3 PLS .....	10
5 Diskussion .....	11
5.1 PCY .....	11
5.2 PCA .....	12
5.3 PLS .....	13
6 Slutsatser .....	14
7 Referenser .....	14
Bilaga 1. Karta över provtagningsområdet	
Bilaga 2. Förklaringar av termer använda inom multivariata teori	

## Sammanfattning

I det kontrollprogram som har följt efter muddringen i Södertälje kanal har analyser gjorts av metaller och PAH i bottenvatten och sediment. Toxiciteten av ämnen i vattenfasen utlösta från sedimenten mot abborryngel, paddyngel, pungräka och dammsnäcka har analyserats. Dessa organismer ger en god bild av effekterna i ekosystemet eftersom de representerar djurgrupperna; fisk, groddjur, kräftdjur och snäckor. För att studera hur föroreningarna har påverkat toxiciteten i området har en multivariat utvärdering gjorts för att hitta eventuella korrelationer mellan toxicitet och föroreningar utlösta i vattenfasen.

Datamaterialet baseras på sedimentdata från 5 provtagningspunkter varav 4 provtagningspunkter är belägna i Hallsfjärden, söder om Södertälje, och en referenspunkt i Forsmark, norra Uppland. De uppmätta effekterna på de olika organismerna ger en grov bild av det som lösts ut till vattenfasen från sedimenten. Det begränsade antalet provtagningspunkter innebär att resultaten av den multivariata utvärderingen måste beaktas med viss försiktighet.

Resultatet av utvärderingen visade att toxiciteten är störst vid Fläsklösa och vid Halls Holme belägna i Hallsfjärden. Vid Halls Holme är toxiciteten i vattenfasen hög för abborryngel. Fläsklösa ger inte lika entydiga resultat vid jämförelse med Halls Holme. Utvärderingen visade att både utlösta metaller och PAH har en toxisk effekt på de undersökta organismerna. PAH påverkar främst abborryngel. Paddyngel påverkas både av metaller och PAH. Vissa variabler för pungräka påverkas av metaller och andra av PAH medan dammsnäckan inte verkar påverkas nämnvärt av de analyserade föroreningarna.

# 1 Bakgrund

I området omkring Södertälje kanal är sedimenten kraftigt förorenade av metaller och PAH. Under första hälften av 1997 genomfördes en muddring i Södertälje kanal för att underlätta för sjöfarten att ta sig in i Mälaren. Muddringsmassorna från Södertälje kanal, som främst var förorenade av olika metaller, dumpades i en sänka i Hallsfjärden. Sedimenten i Hallsfjärden innehöll sedan tidigare främst föroreningar i form av metaller och PAH (Poly Aromatiska Kolväten).

Ett miljöövervakningsprogram har upprättats av IVL. Programmet innehåller mätning av föroreningshalter i vatten och sediment samt studier av effekter på ekosystemen i området. Data för totalt 41 variabler, som beskriver föroreningshalter och toxicitet, har samlats in för ett antal lokaler. Toxiciteten av ämnen som har lösts ut till vattenfasen har studerats för abborryngel, paddyngel, dammsnäcka och pungräka. Föroreningar har analyserats i form av metaller i bottenvattnet och PAH i sedimenten.

Multivariata metoder är ett användbart verktyg för att utvärdera stora mängder data, t ex miljöövervakningsdata. Med multivariata metoder åskådliggörs eventuella samband och samvariationer mellan olika variabler. Syftet med studien är att undersöka om det finns samband mellan föroreningshalter och ekotoxikologiska effekter för några lokaler i Hallsfjärden.

# 2 Metodik

Totalt har data samlats in från 8 lokaler inom det undersökta området. Fyra av dessa lokaler är ej med i utvärderingen p g a att de saknar stora mängder data.

Det data material som har utvärderats innehåller fyra lokaler söder om Södertälje kanal; Halls Holme (P8), Bränningeviken (P10), Fläsklösa (P13) och Tipplatsen (P95), samt en referenspunkt från Forsmark. För geografisk placering av lokalerna i Södertälje kanal, se karta i bilaga 1. Några exempel på variabler som ingår i utvärderingen är metaller i bottenvattnet, flöde av metaller från sediment, mortalitet av lymnea (dammsnäcka), mysi(pungräka) och paddyngel, påverkan på reproduktion hos abborre, lymnea och mysis samt halt av PAH i sedimenten. Alla ingående variabler återfinns i bilaga 2. Information om föroreningshalter och toxicitetsvariabler har hämtats från delrapport 2 lägesrapport 1998 (Viktor T, 1998). Data för ett par toxicitetsvariabler saknades för referenspunkten varför de har uteslutits ur datamaterialet.

För att alla variabler ska ha samma variationsriktning har vissa effektvariabler för organismer skalats om. Skalningen innebär att variablernas höga värden svarar mot hög toxicitet. Flödet av metaller från sedimenten har beräknats utifrån försök utförda på

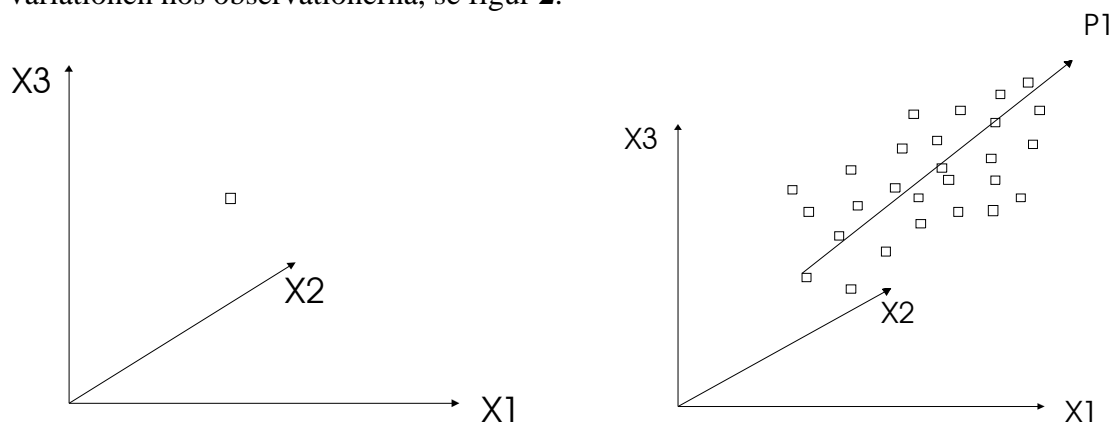
sedimentproppar vid anaeroba förhållanden. Sedimenten i Forsmark antas inte ha någon avgång av metaller till vattnet.

För att studera eventuella samband mellan toxicitetsvariablerna har dessa plottats i en sk PCY. I en PCY studeras eventuella samvariationer mellan toxicitetsvariabler. Samtliga variabler har också studerats i en PCA (Principal Component Analys). I en PCA visas samvariationer och förhållanden mellan alla variabler. En PLS (Partial least Squares) har gjorts för ett antal utvalda toxicitetsvariabler för att studera hur de påverkas av föroreningar. Toxicitetsvariablerna i PLS-modellen har valts utifrån olika riktningar och eventuella kluster i PCY- och PCA-modellerna. Modelltyperna och multivariat metodik beskrivs nedan. Förklaring av beteckningar som har nämnts ovan återfinns även i Bilaga 2.

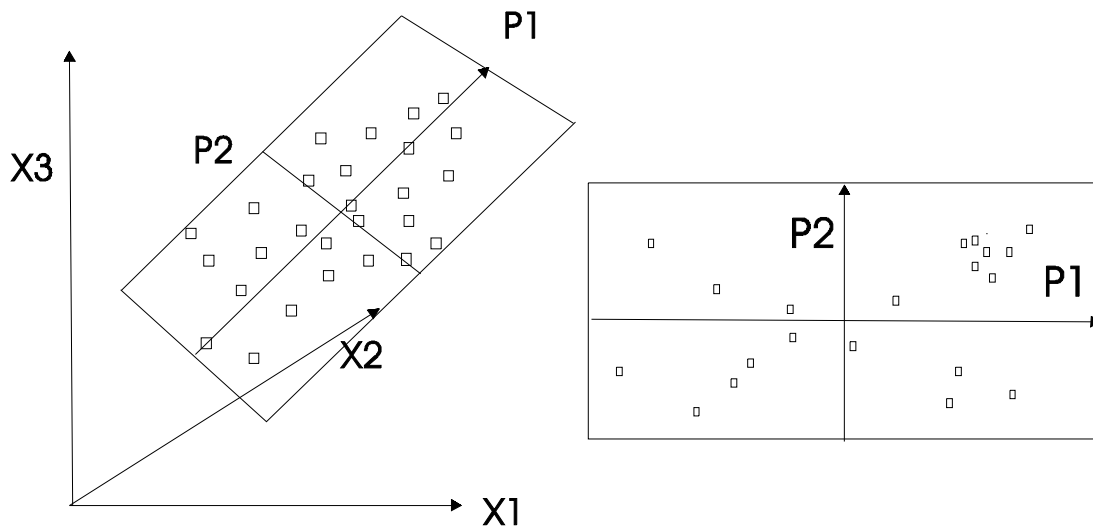
### 3 Multivariata metoder

Multivariata metoder är ett användbart verktyg för att extrahera intressant information ur stora datamaterial. När fler än tre variabler finns att tillgå kan det vara svårt att använda traditionell statistik för att erhålla all värdefull information. Multivariata metoder innebär att hela datamaterialet utvärderas samtidigt. Samtliga variabler blir jämförda och eventuella samvariationer mellan variabler kan konstateras.

Anta att ett system beskrivs av tre variabler  $X_1$ ,  $X_2$  och  $X_3$  som var och en beskriver en riktning i en rymd. Varje observation har ett värde på varje variabel och representeras av en position i den tredimensionella rymden, se figur 1. Många observationer resulterar i en punktsvärm. Punktsvärmen approximeras till en vektor, P1, med minsta kvadratmetoden, se figur 1. Vektorn kallas för den första principalkomponenten och beskriver den största oberoende variationsriktningen hos observationerna. Ytterligare en vektor P2, vinkelrät mot den första, beräknas och den beskriver den näst största oberoende variationen hos observationerna, se figur 2.



Figur 1. En observation i rymden respektive en punktsvärm



Figur 2. Observationer projicerat på ett plan i rummet respektive observationer i två dimensioner

De båda vektorerna beskriver tillsammans lutningen på ett plan i den 3-dimensionella rummet. Planet är den bästa anpassningen till punktsvärmen. En del observationer (punkter) kommer att ligga över respektive under planet. För att beskriva variationerna i observationerna med det beräknade planet speglas samtliga punkter in i planet, se figur 2. Därefter kan variationerna i tiden studeras med avseende på de två nya vektorerna (principalkomponent 1 och principalkomponent 2). De två principalkomponenterna utgör den nya modellen. Om modellens förklaringsgrad är låg efter två komponenter kan fler räknas ut för att en större del av variationen hos data skall förklaras.

I en PCA (Principal Component Analysis) ses samtliga variabler som X-variabler. PCA-modellering är ett sätt att studera hur samtliga variabler respektive observationer samvarierar. Teorierna bakom PCA finns beskrivet i litteraturen (Chatfield C. och Collins A.J., 1992).

Principen för en PCY är den samma som för PCA. Enda skillnaden är att det endast är Y-variabler (resultatvariabler) som studeras. Eventuella samband mellan olika responsvariabler studeras i en PCY.

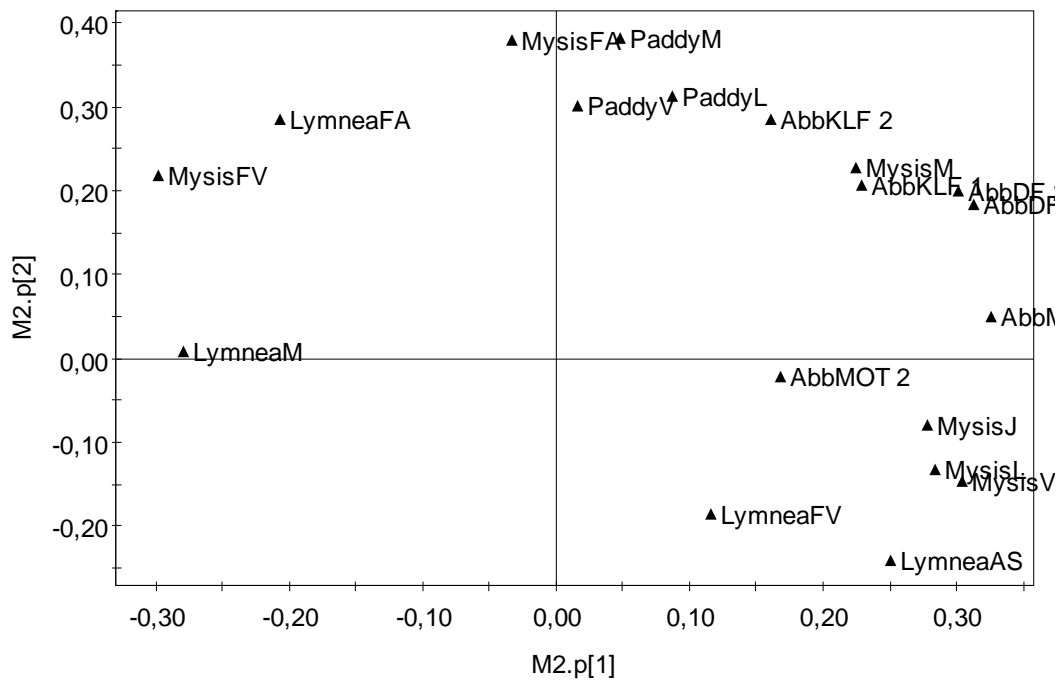
Syftet med PLS-modellering (Partial Least Squares) är att studera hur ett flertal X-variabler samvarierar med en eller flera Y-variabler, dvs hur Y-variablerna påverkas av aktuella X-variabler. Teorierna för PLS finns beskrivet i litteraturen (Geladi och Kowalski, 1985).

## 4 Resultat

I en första PCY-modell konstaterades att de två replikaten över mediankläckningstid för Abborre varierar oberoende av varandra. Variabeln är därför osäker och har uteslutits ur datamaterialet. Modeller har gjorts baserat på den nya datamatriken, innehållande resterande del av undersökningsmaterialet från de 5 lokalerna. Resultatet från modellerna redovisas nedan.

### 4.1 PCY

Modellen består av två komponenter med en total förklaringsgrad, av variationen hos toxicitetsvariablerna, på 72 %. Y-variablernas projektion ses i figur 3. Placeringen av en specifik variabel i diagrammet baseras på analysdata från samtliga 5 lokaler.



Simca-P7.01 by Umetri AB 1999-05-11 12:11

Figur 3. Variabelprojektion som visar hur toxicitetsvariabler i miljöövervakningsprogrammet samvarierar

I tabellen nedan anges samtliga variabler inkluderade i utvärderingen.

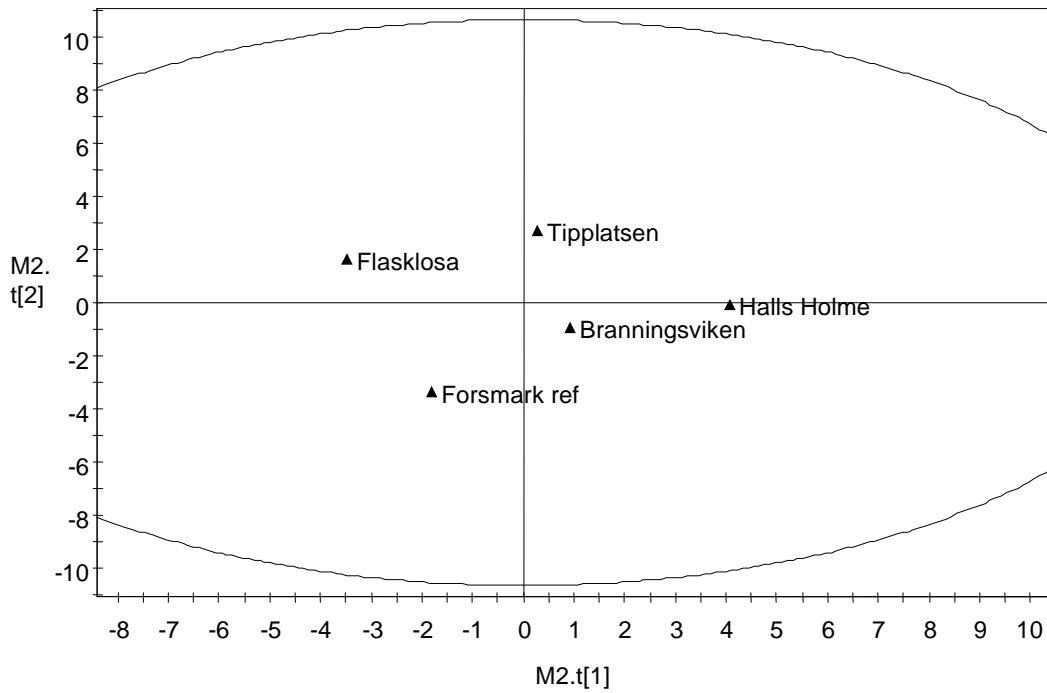


Tabell 1. Original variabler i analyserat dataset

Variabel	Enhet	Beteckning
Kläckningsfrekvens abborre replikat 1, 2 (*)	%	AbbKLF 1 resp.2
Mediankläckningstid abborre replikat 1, 2 (*)	%	AbbMKLT 1 resp. 2
Deformationsfrekvens abborryngel replikat 1, 2	%	AbbDF 1 resp. 2
Medianöverlevnadstid abborryngel replikat 1, 2 ca 7 dygn(*)	dygn	AbbMOT 1 resp. 2
Tillväxt hos paddyngel vid 18 d expon (*)	mg VS	PaddaV
Tillväxt hos paddyngel vid 18 d expon (*)	mm	PaddaL
Tillväxt hos mysis vid 18 d expon (*)	mg VS	MysisV
Tillväxt hos mysis vid 18 d expon (*)	mm	MysisL
Mortalitet av lymnea vid 18 d expon.	%	LymneaM
Mortalitet av paddyngel vid 18 d expon.	%	PaddyM
Mortalitet av mysis vid 18 d expon.	%	MysisM
Förökning av lymnea i form av äggsamlingar, vid 18d expon. (*)	antal	LymneaAS
Förekomst av juveniler mysis vid 18 d expon (*)	antal	MysisJ
Reproduktion av lymnea, antal individer vid 18 d expon (*)	antal	LymneaFA
Reproduktion av lymnea, i vikt vid 18 d expon (*)	mg VS	LymneaFV
Reproduktion av mysis, antal juveniler vid 18 d expon.(*)	antal	MysisFA
Reproduktion av mysis, i vikt vid 18 d expon. (*)	mg VS	MysisFV
Σ PAH i sediment	µg/kg TS	SummaPAH
Fenantren i sediment	µg/kg TS	Fen
Flouranten i sediment	µg/kg TS	Fla
Pyren i sediment	µg/kg TS	Pyr
Krysen i sediment	µg/kg TS	Kry
Benso(b)flouranten i sediment	µg/kg TS	Ben(b)
Benso(k)flouranten i sediment	µg/kg TS	Ben(k)
Benso(a)pyren i sediment	µg/kg TS	Ben(a)
Indeno(1,2,3-cd)pyren i sediment	µg/kg TS	Indo
Benso(ghi)perylene i sediment	µg/kg TS	Ben(ghi)
Cd i bottenvatten	µg/l	Cd
Cr i bottenvatten	µg/l	Cr
Cu i bottenvatten	µg/l	Cu
Hg i bottenvatten	µg/l	Hg
Ni i bottenvatten	µg/l	Ni
Pb i bottenvatten	µg/l	Pb
Zn i bottenvatten	µg/l	Zn
Cd-flöde ur sediment	ng/m <sup>2</sup> ,d	Cd_FL
Cr-flöde ur sediment	ng/m <sup>2</sup> ,d	Cr_FL
Cu-flöde ur sediment	ng/m <sup>2</sup> ,d	Cu_FL
Hg-flöde ur sediment	ng/m <sup>2</sup> ,d	Hg_FL
Ni-flöde ur sediment	ng/m <sup>2</sup> ,d	Ni_FL
Pb-flöde ur sediment	ng/m <sup>2</sup> ,d	Pb_FL
Zn-flöde ur sediment	ng/m <sup>2</sup> ,d	Zn_FL

(\*) – Variabeln har skalats om för att uttrycka toxicitet

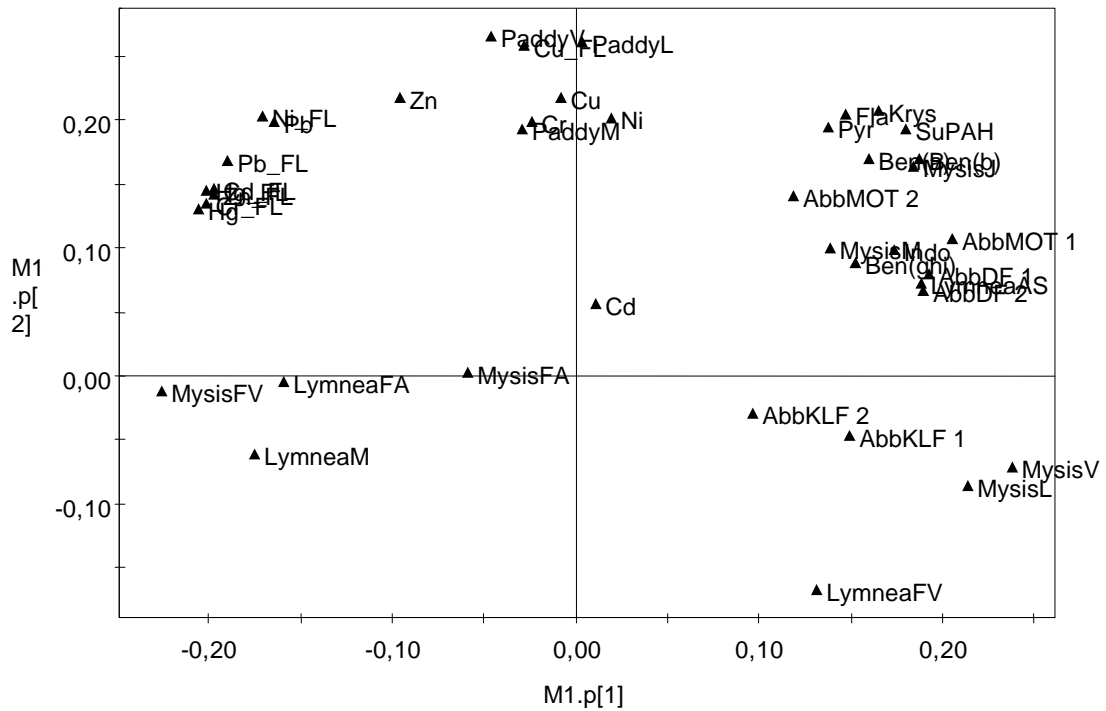
I figur 4 anges placeringen av de lokaler där information om toxiciteten har samlats in. Placeringen baseras på samtliga toxicitets- och reproduktionsparametrar. Lokalernas placering i Hallsfjärden visas på karta i bilaga 1.



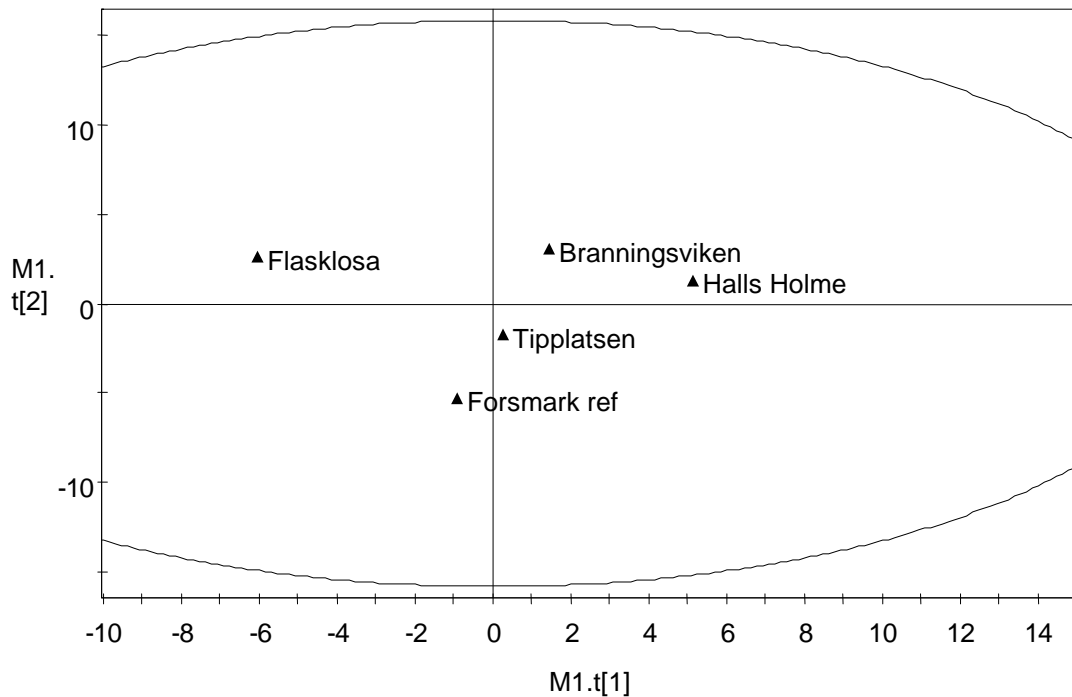
Figur 4. Observationsprojektion enligt PCY-modellen

## 4.2 PCA

Modellen består av totalt två komponenter och har en förklaringsgrad, av variationen hos variablerna, på 70,1 %.



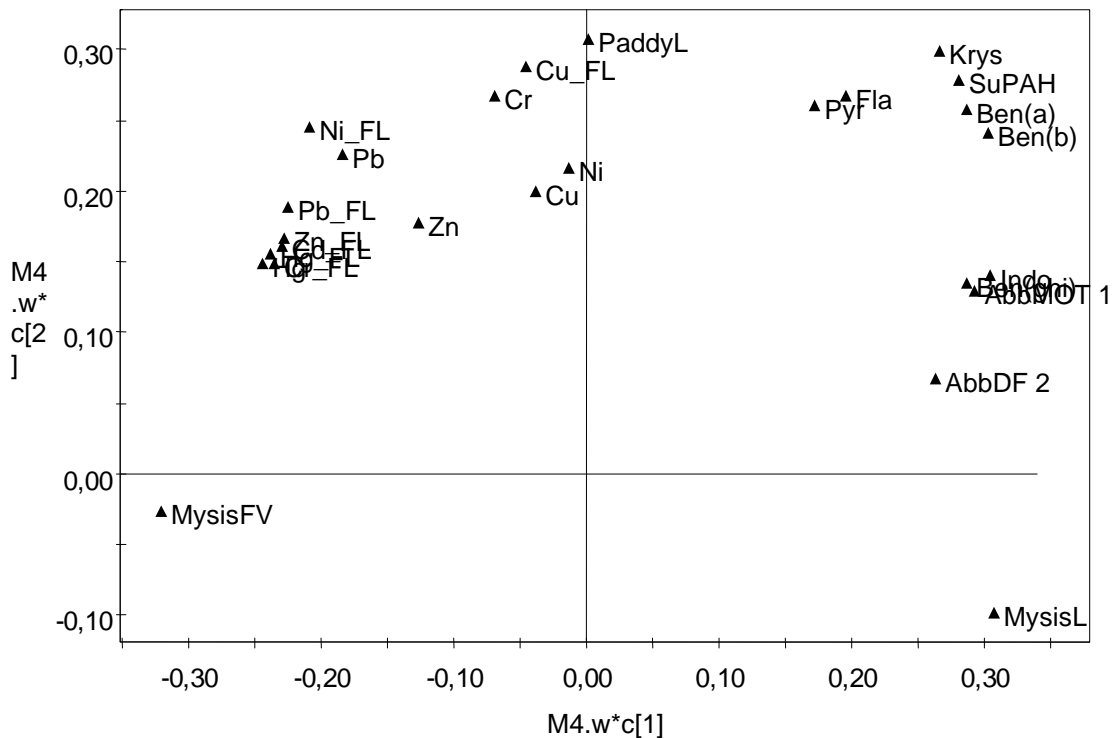
Figur 5. Variabelprojektion som visar hur samtliga variabler i miljöövervakningsprogrammet samvarierar



Figur 6. Observationsprojektion enligt PCA-modellen

### 4.3 PLS

Fem toxicitetsvariabler (Y-variabler) har valts ut för PLS-modellering; Mysis FV (mysisreproduktion baserad på vikt hos producerade ungar), Padda L (längdtillväxt hos paddyngel), AbbMOT 1 (medianöverlevnadstid abborryngel replikat 1), AbbDF 2 (deformationsfrekvens för abborryngel replikat 2), Mysis L (längdtillväxt hos vuxna mysis). Variablerna har valts utifrån resultaten från PCY-modellen. De anses även representera andra Y-variabler som de samvarierar med enligt figur 3. PLS-modellen består av två komponenter och förklarar 80,9 % av variationen hos de fem toxicitetsvariablerna. Modellens prediktionsförmåga är låg ( $Q2_{press} = 12,1$ ) vilket kan förklaras av att antalet observationer är begränsat. På grund av den lägre kvaliteten måste resultaten beaktas med försiktighet. Under modelleringen visade det sig att Cd i stort sett inte hade någon effekt på Y-variablerna varför den variabeln har uteslutits från datamängden.



Figur 7. Variablernas fördelning enligt PLS-modellen

## 5 Diskussion

### 5.1 PCY

Resultaten från PCY-modellen visas i figur 3 och 4.

Enligt PCY-modellen finns det samband mellan olika toxicitetsvariabler. Det framgår av figur 3 där det syns att vissa av dem har grupperat sig. Det är främst paddyngel-variablerna respektive mysis-variablerna som har tydliga samvariationer.

Samtliga paddyngel-variabler samvarierar. Det betyder att en hög mortalitet (PaddyM) och hämning av tillväxt i längd (PaddyL) och vikt (PaddyV) påverkas av i stort sett samma föroreningar.

Variablerna Mysis J, L och V samvarierar, dvs en liten ökning av antal mysisjuveniler och hämning av tillväxt i längd och vikt påverkas av samma föroreningar. Reproduktion av mysis angivet i vikt (MysisFV) samvarierar med tillväxt av mysis angivet i längd

(MysisL) och vikt (MysisV). Variablerna som beskriver reproduktion respektive tillväxt av mysis är motsatt korrelerade. Det kan verka motsägelsefullt men förökningen av mysis kan påverkas av vissa föroreningar medan tillväxten av redan befintliga individer påverkas av andra.

Samtliga variabler som beskriver toxiciteten för abborryngel varierar i samma riktning. Lymnea-variablerna däremot är utspridda över diagrammet och påverkas i olika riktningar.

Replikaten av deformationsfrekvens, kläckningsfrekvens och medianöverlevnadstid för abborre visar på en liten spridning, se figur 3. Det tyder på att analyserna har god kvalitet.

I en PCY-modell där toxicitetsvariabler studeras, se figur 3, utgörs den största toxicitetsriktningen av principalkomponent 1. Vid jämförelse med figur 4, där lokalerna projicerats, framgår att framförallt sediment tagna utanför Halls Holme och Fläsklösa ger en hög toxicitet eftersom deras variation främst förklaras av den första principal komponenten (största toxicitetsriktningen). Sedimenten utanför Halls Holme ger en vattenfas vars toxicitet är hög för de flesta organismer, se figur 3 och 4. Vid lokalen Fläsklösa uppvisar sedimenten endast hög toxicitet för några enstaka lymnea- och mysis-variabler. Placeringen av lokalerna i figur 4 överensstämmer med flödesriktningarna av ytsötvatten (söderut) och bottenbrackvatten (norrut). Halls Holme ligger närmast Mälarens utlopp medan Fläsklösa ligger längst från Mälarens utlopp i Östersjön. Toxiciteten är helt olika för Halls Holme och Fläsklösa eftersom de befinner sig på motsatt sida av diagrammet.

## 5.2 PCA

Resultatet av PCA-modellen visas i figur 5 och 6.

Av diagrammet i figur 5 framgår att samtliga PAH-variabler samvarierar. Vidare konstateras att alla metaller har i stort sett samma variationsriktning. Flödet av metaller från sedimenten samvarierar med uppmätt metallhalt i bottenvattnet för Hg och Pb. För resten av metallerna är detta samband ej lika tydligt.

Förekomst av mysisjuveniler, medianöverlevnadstid för abborryngel samt deformationsfrekvens för abborre samvarierar med PAH i sedimenten, enligt figur 5. Höga PAH halter innebär en minskad förekomst av mysisjuveniler, kortare medianöverlevnadstid för abborryngel och högre deformationsfrekvens på abborryngel. Höga halter av PAH i sedimenten tycks inte påverka reproduktionsantalet av lymnea, reproduktionen i vikt av mysis eller dödligheten av lymnea. Dessa variabler verkar i motsatt riktning jämfört med PAH. Nämnade variabler påverkas troligen istället av tungmetaller, enligt figur 5.

I samma diagram syns ett motsatt samband mellan hög kvicksilver- och blyhalt och minskad tillväxt av mysis i vikt och längd, dvs tillväxten av mysis hämmas inte av höga bottenvattenhalter av dessa metaller.

Cd-koncentrationen i bottenvattnet verkar ha en liten påverkan på inkluderade toxicitetsvariabler. Cd är placerad nära origo i figur 5 vilket indikerar att variabeln varierar i en annan riktning än de två principalkomponenter som visas.

De lokaler vars variation främst förklaras av principalkomponent (PC) 1 kan antas ha höga föroreningshalter och även hög toxicitet. PC 1 i en PCA-modell visar den största variationsriktningen baserat på alla variabler i datamaterialet. Halls Holme och Fläsklösa är de två lokaler vars variation främst förklaras av PC 1. Vid jämförelse mellan figur 5 och 6 framgår att Fläsklösa framförallt har höga värden på flödet av metaller från sedimenten och höga metallhalter i bottenvattnet. Halls Holme har framförallt höga halter av PAH i sedimenten. Toxiciteten i de båda lokalerna diskuteras i PCY-utvärderingen, se ovan.

### 5.3 PLS

Figur 7 visar hur de fem undersökta Y-variablerna påverkas av metaller i bottenvattnet, metallflödet från sedimenten och PAH i sedimenten. Figuren kan i stora drag sammanfattas av att längdökningen av mysis, deformationsfrekvensen av abborryngel och medianöverlevnadstiden för abborryngel främsta påverkas av PAH i sedimenten. De nämnda Y-variablerna och PAH i sedimenten samvarierar. Reproduktionsökning i vikt av mysis (MysisFV) hämmas främst av metaller och påverkas inte i någon större grad av PAH. Längdtillväxten av mysis är motsatt korrelerad till metaller i bottenvattnet och metallflödet från sedimenten. Det betyder att metallerna inte har någon negativ effekt på toxicitetsvariabeln. Däremot har PAH i sedimenten en negativ inverkan på längdtillväxten av mysis. Längdtillväxt av paddyngel påverkas ungefär till lika stor del av PAH som av metaller.

Föroreningar som tydligt samvarierar med en Y-variabel har störst påverkan på toxicitetsvariabeln. En tydlig samvariation existerar t ex mellan paddyngel och metallerna Cr, Cu och Ni. Medianöverlevnadstiden och deformationsfrekvensen för abborryngel samvarierar framförallt med bensopyrenen och indenopyren, se figur 7.

Samma diskussion gäller även för andra toxicitetsvariabler som samvarierar med de som studerats i PLS-modellen. Vilka dessa variabler är framgår av figur 3.

## 6 Slutsatser

Antalet lokaler med ingångsdata är få, varför resultaten måste beaktas med försiktighet. Få lokaler innebär att en enskild lokal har stor betydelse för resultatet och att ett extremvärde ger stor påverkan. För att kunna dra några tillförlitliga slutsatser om föroreningshalter och dess påverkan på toxiciteten krävs data från fler lokaler.

Med undantag av ett replikatpar mediankläckningstid för abborryngel (MKLT) placerades replikaten i närhet av varandra i figurerna. Detta tyder på att kvaliteten på analysen är bra.

Både metaller och PAH påverkar toxiciteten. Metaller i bottenvattnet samvarierar främst med paddyngel medan PAH i sediment påverkar abborryngel i högre grad. PAH samvarierar även med toxiciteten på paddyngel. Det är svårt att dra någon generell slutsats angående mysis. Vissa mysis -variabler påverkas framförallt av metaller och andra av PAH. Lymnea verkar inte påverkas av förekommande föroreningar i någon större omfattning då dessa variabler varierar i olika riktningar.

Padda är en organism som påverkas av både metaller och PAH till skillnad från de andra undersökta variablerna. Det kan tyda på att paddyngel är den känsligaste organismen. Paddyngel har en genomsläpplig hud till skillnad från t ex fisk, där föroreningar framförallt tas upp via gälarna. Det kan vara en av orsakerna till att paddyngel är känsliga för föroreningar.

Studien visar att toxiciteten är högst i lokalerna Halls Holme och Fläsklösa. De lokalerna har även höga föroreningshalter. Detta framgick när variationen hos variablerna studerades i PCY- och PCA-modellerna.

Enligt PCY-modellen finns korrelationer mellan olika toxicitetsvariabler. För att konstatera tydliga korrelationer krävs en mer omfattande studie med ett större antal provtagningspunkter. Om det i en mer omfattande studie skulle visa sig att korrelationen är tydlig mellan vissa variabler kan det räcka med att analysera en variabel per gruppering för att beskriva toxicitetssituationen.

## 7. Referenser

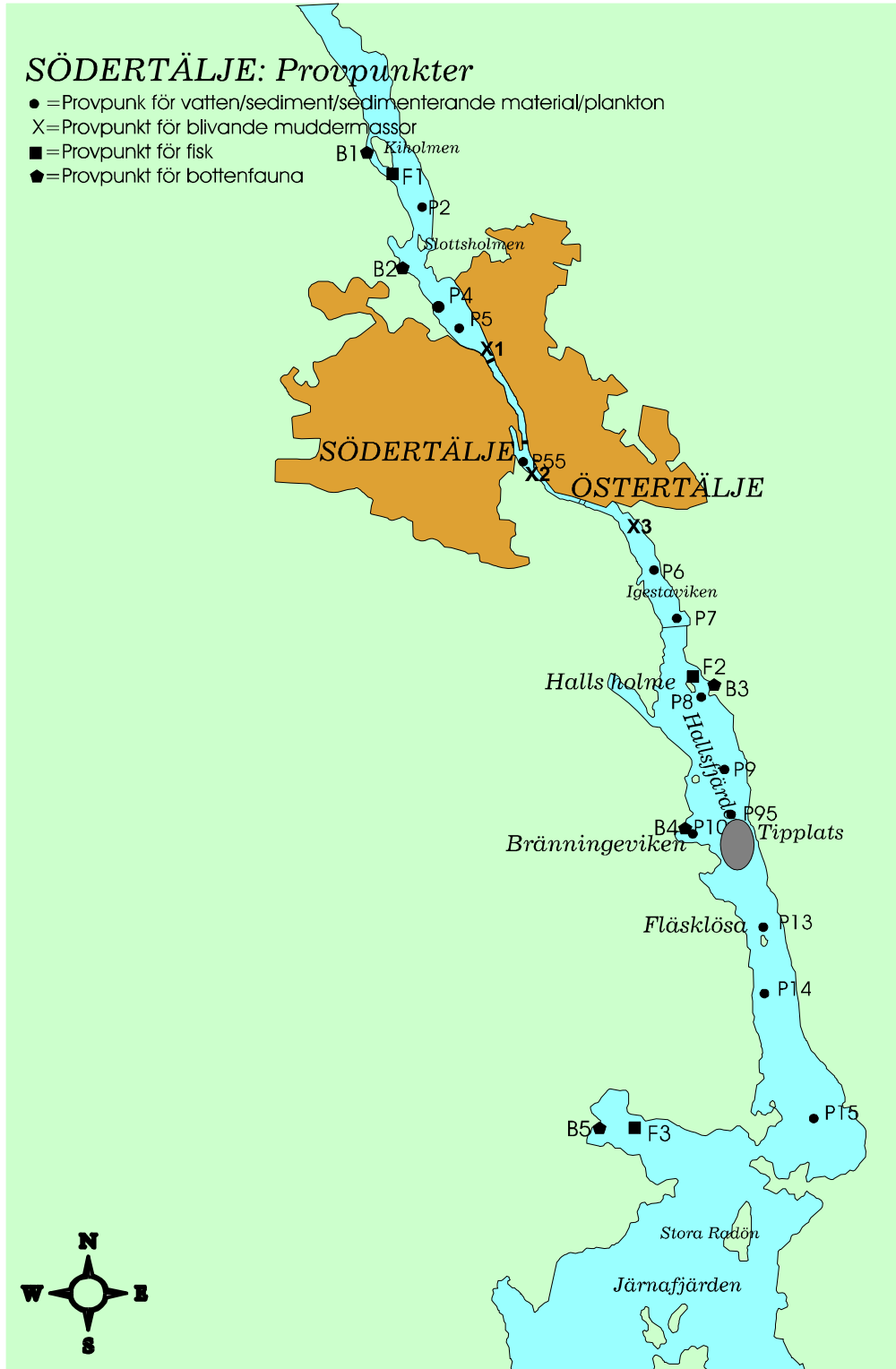
Chatfield. C, Collins A.J, 1992: "Introduction to Multivariate Analysis"

Geladi P., Kowalski B.R., 1985: "Partial Least-Squares regression: A Tutorial"

Viktor Tomas, 1998. Delrapport 2, lägesrapport 1998 i projektet: "Miljöövervakningsprojekt i Södertälje kanalområde för bedömning av effekterna från muddring och tippning av sediment"



## Bilaga 1. Karta över provtagningsområdet



## **Bilaga 2. Förklaringar av termer använda inom multivariata teori**

**Principalkomponent** – Vektor som beskriver variationsriktningar hos datamaterialet. Den första principalkomponenten beskriver den största variationsriktningen, den andra den näst största osv.

**Modellens förklaringsgrad** – Den del av variationen hos datamaterialet som modellen kan förklara. En bra modell har hög förklaringsgrad redan efter några få principal-komponenter.

**PCA (Principal Component Analysis)**– Samtliga parametrar utvärderas som **X**-variabler. Används för att studera eventuella grupperingar (samvariationer) av variabler respektive observationer.

**PCY** – Samma princip som för PCA. Skillnaden är att i en PCY studeras endast **Y**-variabler (resultatvariabler). Samvariationer mellan **Y**-variabler kan identifieras i en PCY.

**PLS (Partial Least Squares)** – Används för att studera hur **X**-variabler påverkar **Y**-variabler (resultatvariabler).