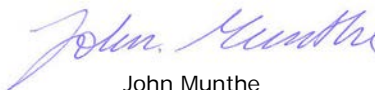


# Bottensedimentens roll för dioxinsituationen i industrirecipienter

Mikael Malmaeus Magnus Karlsson Magnus Rahmberg  
B2053  
April 2012

Rapporten godkänd:  
2012-04-25



John Munthe  
Forskningschef

<b>Organisation</b> IVL Svenska Miljöinstitutet AB	<b>Rapportsammanfattning</b>
<b>Adress</b> Box 21060 100 31 Stockholm	<b>Projekttitel</b> Bottensedimentens betydelse för dioxinsituationen i industrirecipienter
<b>Telefonnr</b> 08-598 563 00	<b>Anslagsgivare för projektet</b> Naturvårdsverkets Havsmiljöanslag
<b>Rapportförfattare</b> Mikael Malmaeus Magnus Karlsson Magnus Rahmberg	
<b>Rapporttitel och undertitel</b> Bottensedimentens roll för dioxinsituationen i industrirecipienter	
<b>Sammanfattning</b> <p>Rapporten sammanfattar resultat och slutsatser från en fältstudie av dioxiner och furaner (PCDD/F) i sediment, vatten och biota i 11 kustområden i södra Bottenhavet. Projektet har syftat till att undersöka hur PCDD/F och i förlängningen andra organiska miljögifter lagrade i sediment i praktiken påverkar halter av dessa ämnen i stationär kustfisk. Utanför Norrsundet, Gävle, har en unik möjlighet funnits i och med att massabruket stängdes i december 2008 och den pågående belastningen på recipienten därmed upphörde.</p> <p>Vi konstaterar att halterna av PCDD/F varierar en hel del mellan olika lokaler. I synnerhet Norrsundet uppvisar högre halter än övriga lokaler i flertalet matriser. En jämförelse med resultat från tidigare studier minskande halter över tid, såväl i sediment som i fisk. Däremot syns ingen signifikant minskning i fisk efter att Norrsundets fabrik stängdes efter 2008. Även kongenmönster skiljer sig en hel del såväl inom som mellan matriser. Samvariationen mellan sediment, bottenfauna och fisk är störst för kongener med troligt lokalt ursprung såsom exempelvis 2378-TeCDF. Beträffande den kongen som bidrar mest till toxiciteten i fet fisk i Bottenhavet, 23478-PeCDF, så konstaterades att lokalt opåverkade kustområden i allmänhet har lika höga halter som industrirecipienterna.</p> <p>Flera faktorer talar för att sedimenten sannolikt bidrar till halter av PCDD/F i Bottenhavets ekosystem, men betydelsen av denna påverkan är fortfarande oklar.</p>	
<b>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren</b> Dioxiner, Furaner, Fisk, Sediment, Bottenhavet, Massaindustri	
<b>Bibliografiska uppgifter</b> IVL Rapport B2053	
<b>Rapporten beställs via</b> Hemsida: <a href="http://www.ivl.se">www.ivl.se</a> , e-post: <a href="mailto:publicationservice@ivl.se">publicationservice@ivl.se</a> , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

## Summary

In this report results and conclusions from a field study of dioxins and furans (PCDD/F) in sediment, water and biota in a number of industrial recipient waters and reference areas in the southern Bothnian Bay and a coastal area in the Baltic Proper are summarized. The aim of the project was to investigate if and how PCDD/F and by implication other organic substances deposited in sediments actually contribute to concentrations of these substances in stationary fish. By investigating concentrations and congener profiles in water, sediment and biota in historically contaminated coastal areas. A larger ambition has been to illustrate how PCDD/F:s stored in sediments by various processes may become available to the ecosystem.

Initially the recipients outside the pulp mills Norrsundet and Iggesund and reference areas were studied in some detail. Subsequently seven additional areas were included to improve the data material. Outside the Norrsundet mill a unique situation occurred when the mill was closed down in December 2008 and the ongoing effluent discharge terminated. The Iggesund recipient was of interest since detailed studies of PCDD/F contamination in sediments were carried out there in the 1980's.

One conclusion was that the levels of PCDD/F varied considerably between different locations. In particular, the Norrsundet recipient exhibits higher levels than other areas in most matrices. A proposed but not established environmental quality norm in fish within the Water Framework Directive is 0.23 pg/g TEQ. The latter value was exceeded in Iggesund and Norrsundet.

An observed trend also seen in other studies is decreasing levels over time in sediments as well as in fish. Depth profiles in sediments exhibit considerably higher concentrations a few centimeters down reflecting the historical contamination. In fish clearly decreasing levels of PCDD/F were observed in the longer term. However, there was no significant decrease in fish during the last few years after the Norrsundet mill was closed after 2008, but the levels are still high compared to other areas.

Another observation is that the congener pattern differs considerably within as well as between matrices. Using statistical methods (PCA) general differences between congener profiles in sediment, benthic fauna and fish were detected. The method does not indicate any typical "forest industry profile", neither in the sediment nor in other matrices, but within the analyzed congeners the variation between locations is unexplained. Correlations between sediment, benthic fauna and fish are highest in congeners with a likely local origin, *e.g.* 2378-TeCDF, while congeners associated with atmospheric deposition (*e.g.* 23478-PeCDF and OCDD) show little correlation between matrices. For the congener mostly contributing to the toxicity in fatty fish from the Bothnian Bay, 23478-PeCDF, it was found that levels in coastal areas unaffected by local point sources in general did not differ from levels in the industrial recipients.

Measurements with passive samplers in pore water and overlying water column indicate an ongoing diffusive flux from sediment to bottom waters. Another factor indicating that the

sediments affect the dioxin situation in Norrsundet is that the levels in fish has not decreased significantly during the three years the mill has been closed. There are no signs that Norrsundet has released more PCDD/F to the environment than other pulp mills. More likely it is the geomorphological conditions in the recipient that explains the difference between Norrsundet and other areas – possibly due to the sediments accumulating more toxic substances or due to the sediments more severely affecting the fauna, for some reason. In summary it is likely that the sediments do contribute to levels of PCDD/F in coastal ecosystems of the Bothnian Bay, although the significance of this contribution is still uncertain.

## Sammanfattning

Denna rapport sammanfattar resultat och slutsatser från en fältstudie av dioxiner och furaner (PCDD/F) i sediment, vatten och biota i ett antal industrirecipienter och referensområden i södra Bottenhavet samt ett kustområde i norra Östersjön. Projektet har syftat till att undersöka om och hur PCDD/F och i förlängningen andra organiska miljögifter lagrade i sediment i praktiken påverkar halter av dessa ämnen i stationär kustfisk. En större ambition har varit att belysa frågan om huruvida sedimentbundna PCDD/Fs via olika processer tillgängliggörs för ekosystemet.

Inledningsvis studerades recipienterna till Norrsundets bruk och Iggesunds bruk samt referensområden detaljerat. Därefter har ytterligare 7 områden tillkommit i syfte att förbättra dataunderlaget. Utanför Norrsundet, Gävle, har en unik möjlighet funnits i och med att pappersmassabruket stängdes i december 2008 och den pågående belastningen på recipienten därmed upphörde. Iggesunds-recipienten var av intresse att studera då noggranna studier av PCDD/F i sediment genomfördes där på 1980-talet.

Vi konstaterar att halterna av PCDD/F varierar en hel del mellan olika lokaler. I synnerhet Norrsundet uppvisar högre halter än övriga lokaler i flertalet matriser. Ett föreslaget men ej antaget gränsvärde för miljökvalitetsnorm i fisk enligt vattendirektivet är 0,23 pg/g TEQ. Det sistnämnda värdet överskreds i Iggesund och Norrsundet.

Jämförelse med resultat från tidigare studier visar på minskande halter över tid, såväl i sediment som i fisk. Djupprofiler i sediment visar på betydligt högre halter en bit ner i sedimentet som reflekterar den historiska belastningen. I fisk noteras tydligt sjunkande halter av PCDD/F över tid från Norrsundet i ett längre perspektiv. Däremot syns ingen signifikant minskning i fisk efter att Norrsundets fabrik stängdes efter 2008 utan halterna ligger alltså högre än övriga provtagningslokaler.

Även kongenmönster skiljer sig en hel del såväl inom som mellan matriser. Med statistiska metoder (PCA) kunde en generell åtskillnad mellan kongenprofiler i sediment, bottenfauna och fisk påvisas. Däremot visar metoden inte på någon typisk ”skogsindustriprofil”, varken i sediment eller i övriga matriser, utan bland de undersökta kongenerna så är variationen mellan lokalerna oförklarad. Samvariationen mellan sediment, bottenfauna och fisk är störst för kongener med troligt lokalt ursprung såsom exempelvis 2378-TeCDF, medan kongener knutna till atmosfärisk deposition (t ex 23478-PeCDF och OCDD) korrelerar dåligt mellan matriser. Beträffande den kongen som bidrar mest till toxiciteten i fet fisk i Bottenhavet, 23478-PeCDF, så konstaterades att lokalt opåverkade kustområden i allmänhet har lika höga halter som industrirecipienterna.

Mätningar med passiva provtagare i porvatten och ovanliggande vatten talar för att det pågår ett diffusivt flöde från sediment till bottenvatten. Ytterligare en faktor som talar för att sedimenten spelar en roll för dioxinsituationen i Norrsundet är att halterna i fisk inte sjunkit signifikant under de tre år som fabriken varit stängd. Det finns för övrigt inga belegg för att Norrsundet som fabrik släppt ut mer PCDD/F än andra massafabriker. Mer troligt är att de geomorfologiska förhållandena i recipienten förklarar skillnaden gentemot

andra platser – antingen genom att mer miljögifter ackumuleras eller att sedimenten av någon anledning i högre grad påverkar faunan. Sammantaget så är det sannolikt att sedimenten bidrar till halter av PCDD/F i Bottenhavets kustnära ekosystem, men betydelsen av denna påverkan är fortfarande oklar.

## Innehållsförteckning

Inledning .....	6
Bakgrund .....	6
Dioxinsituationen i Bottenhavet.....	6
Studier från andra områden.....	7
Hypotes .....	9
Metodik.....	10
Studieområden.....	10
Norrundet och Axmarfjärden .....	11
Iggesund och Norbergsfjärden.....	16
Östrand och Ortviken.....	20
Korsnäs .....	22
Karlholm.....	24
Hallsta.....	25
Gräsö .....	27
Vålarö .....	27
Sediment.....	28
Bottenfauna .....	29
Fisk.....	30
Plankton .....	31
Vatten .....	31
Analyser.....	32
PCA.....	32
Tolkning av modellerna .....	33
Resultat .....	34
Sediment.....	34
Bottenfauna .....	39
Fisk.....	42
Plankton .....	46
Vatten .....	49
Jämförelser sediment, bottenfauna och fisk .....	52
Variabilitet.....	54
Diskussion.....	57
Slutsatser.....	61
Referenser .....	62
Bilaga 1 Fysiologiska data fisk.....	66
Bilaga 2 Kemiska analyser.....	74

## Inledning

Denna rapport sammanfattar resultat och slutsatser från en fältstudie av polyklorerade di-*p*-bensodioxiner och dibensofuraner (PCDD/F) i sediment, vatten och biota i ett antal industrirecipienter och referensområden i Södra Bottenhavet samt ett område i Norra Östersjön. Projektet har syftat till att undersöka om och hur PCDD/F och i förlängningen andra organiska miljögifter lagrade i sediment i praktiken påverkar halter av dessa ämnen i stationär kustfisk. Genom att undersöka halter och kongenprofiler i vatten, sediment och biota i historiskt belastade kustområden i södra Bottenhavet har en större ambition varit att belysa frågan om huruvida sedimentbundna PCDD/Fs via resuspensionsprocesser och/eller upptag via bottenlevande biota tillgängliggörs för ekosystemet.

Inledningsvis studerades recipienterna till Norrsundets bruk och Iggesunds bruk samt referensområden detaljerat. Därefter har ytterligare 7 områden tillkommit i syfte att förbättra dataunderlaget. Utanför Norrsundet har en unik möjlighet funnits i och med att bruket stängdes i december 2008 och den pågående belastningen på recipienten därmed upphörde. Iggesunds-recipienten var av intresse att studera då noggranna studier av PCDD/ i sediment genomfördes där på 1980-talet.

Mer specifika syften i föreliggande studie har varit:

- Att detaljerat undersöka halter av PCDD/F i sediment på olika platser och djupnivåer i anslutning till massabruk samt i referenslokaler.
- Att studera hur specifika kongener varierar och samvarierar mellan platser och mellan sediment, vatten och biota.
- Att studera olika led i näringskedjan och i vilken utsträckning PCDD/F i sedimenten belastar de marina ekosystemen.
- Att med principalkomponentanalys (PCA) kartlägga statistiska samband mellan kongenprofiler av PCDD/F i sediment, bottenfauna och fisk.

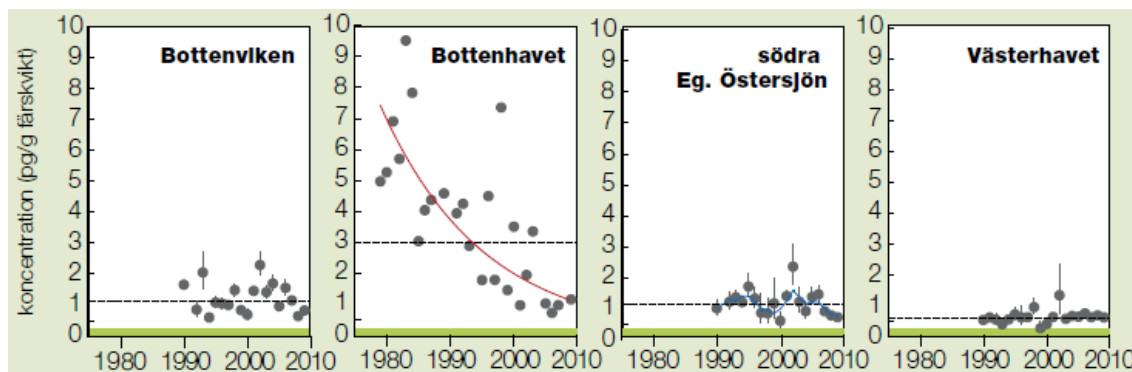
## Bakgrund

### Dioxinsituationen i Bottenhavet

Ett av de största miljöhoten mot Östersjön och ett potentiellt hälsoproblem anses idag vara förhöjda halter av PCDD/F i fisk och andra organismer. Vid en jämförelse mellan olika delar av Östersjön finner man de högsta halterna av PCDD/F i fisk (strömning) i södra Bottenhavet även om de visar en avtagande tidstrend jämfört mot historiska nivåer (**Fig. 1**). Halterna i fet fisk (exempelvis vildlevande lax och strömning) från regionen överskrider



ibland Livsmedelsverkets gränsvärden för konsumtion (4 pg/g färskvikt). Ingen kan med säkerhet ange orsaken till de höga halterna i södra Bottenhavet, men sannolikt beror de på nuvarande och historisk belastning i kombination med speciella ekologiska, geologiska och hydrologiska betingelser. Koncentrationen av cellulosaindustri i regionen har i det sammanhanget tilldragit sig ett särskilt intresse.

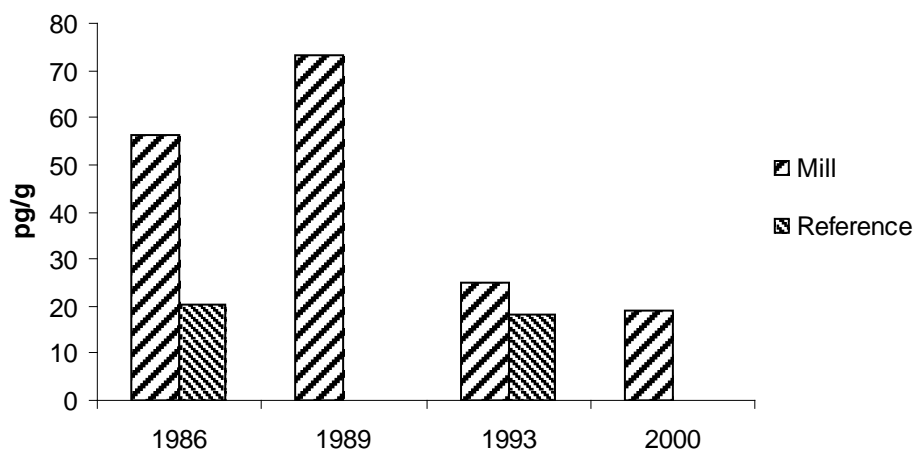


**Figur 1.** PCDD/F-halter i strömming från Östersjöns delbassänger och Västerhavet 1980-2010. Den streckade linjen visar medelvärdet över den undersökta perioden. Röd linje markerar statistiskt signifikant trend. Från Nyberg et al., 2011.

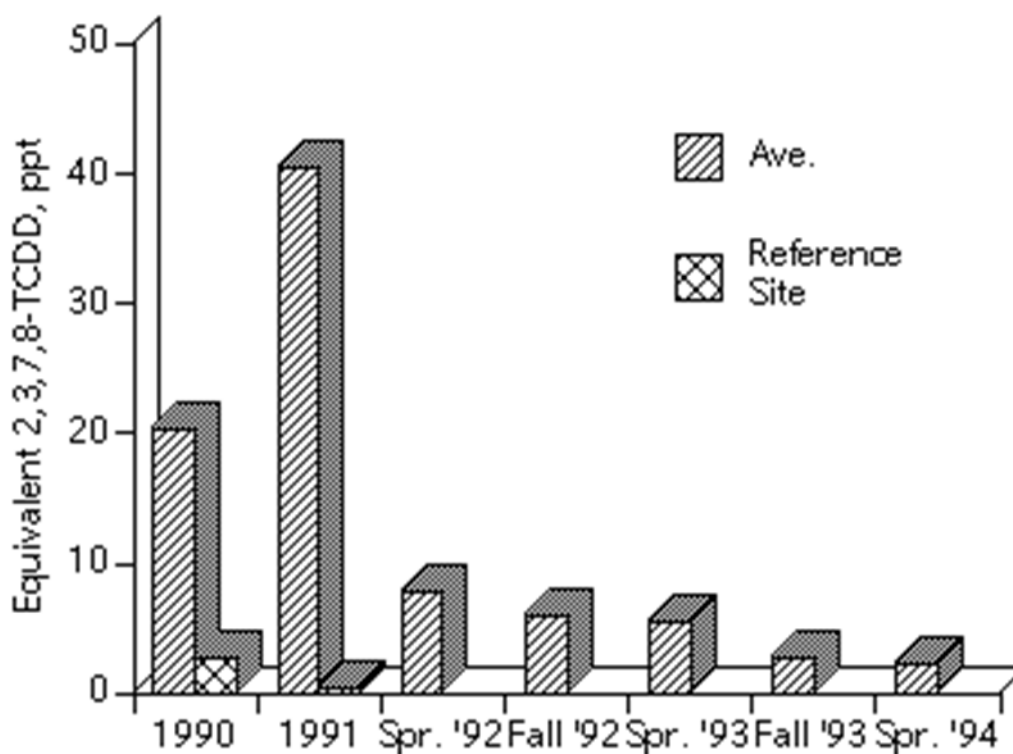
Under 1980-talet bedrev skogsindustrin genom SSVL och Naturvårdsverket forskning för att klarlägga vilken betydelse tillverkning av blekt kemisk massa har för spridningen av PCDD/F samt för att finna vägar att minimera eller eliminera sådan spridning. Undersökningarna i miljön koncentrerades till södra Bottenhavet, och i synnerhet recipienterna utanför Iggesund och Norrsundet undersöktes noggrant avseende halter i sediment och biota (Södergren, 1993). Efter införandet av klorgasfri blekning av massan inom skogsindustrin ansågs dioxinproblematiken löst då påvisbara halter i avloppsvattnet ej längre kunde detekteras. Under senare år har emellertid undersökningar i sediment (Sundqvist et al., 2009) och abborre (Olsson et al., 2005) antytt att halterna fortfarande är förhöjda i dessa matriser nära massafabrikerna.

## Studier från andra områden

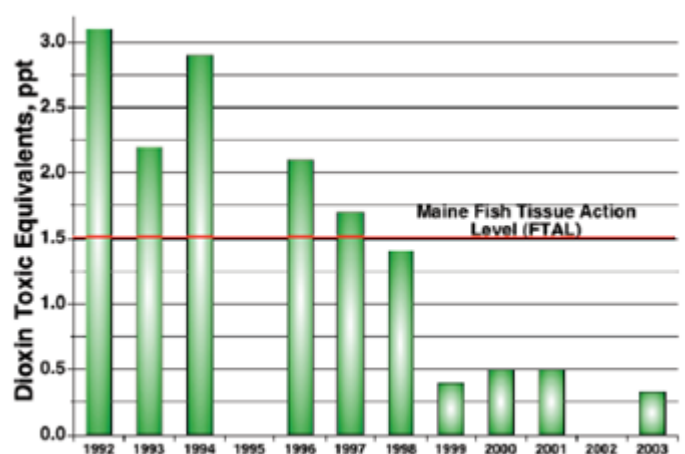
Utanför Värö Bruk, vars avloppsvatten avleds till Kattegatt har halterna av PCDD/F i miljön följts över tid genom analyser av halter i hepatopankreas (organ motsvarande lever och bukspottkörtel) hos krabba (**Fig. 2**) Haltutvecklingen visar en avtagande trend över tid. Liknande mönster har också kunnat skönjas utanför nordamerikanska fabriker som i likhet med den svenska skogsindustrin övergav klorgas som blekningskemikalie i början av 1990-talet (**Fig. 3-5**). Sammantaget visar dessa studier att den direkta tillförseln av PCDD/F från massaindustrier generellt minskat påtagligt efter att åtgärder mot utsläpp genomförts.



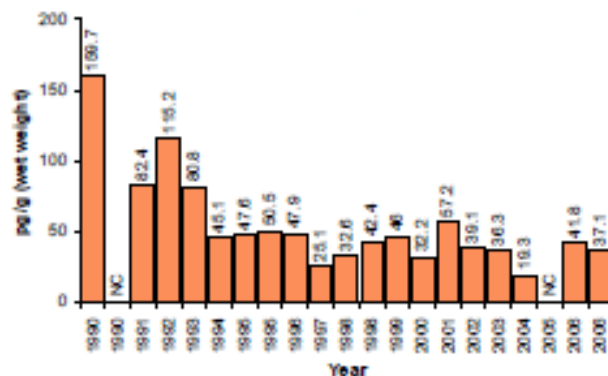
Figur 2. Koncentrationer av dioxiner (pg/g TEQ) i krabba (hepatopancreas) i Kattegatt 1986-2000. Data från Jan Malmström, Södra Cell.



Figur 3. PCDD/F-halter (pg TEQ/g) i sik från Wapiti River, British Columbia, Kanada. Från Pryke et al. (1995).



Figur 4. PCDD/F- halter (TEQ) i vit sugkarp nedströms sulfatmassabruk i Maine, USA. Från Pryke & Barden (2006).



Figur 5. PCDD/F-halter i krabba (hepatopancreas) 1990-2006 utanför massaindusti på Vancouver Island, British Columbia, Kanada. Från Hatfield Consultants, 2007.

Armitage et al. (2009) demonstrerar med massbalansmodellering att de huvudsakliga källorna till dioxin i Bottniska vikens vattenmassa och organismer är atmosfäriskt nedfall och tillförsel från sediment. Det saknas dock empiriskt underlag för att påvisa spridningsvägar från sediment till vattenlevande organismer. Att en sådan spridningsväg är möjlig har dock påvisats i andra akvatiska system, bland annat de undersökningar som gjorts i Bengtsbrohöljen i anslutning till en nedlagd klor-alkalifabrik, det så kallade EKA-projektet. Här har halter av PCDD/F på uppemot 4 pg TEQ/g vv uppmätts i samlingsprov från abborre (15-20 cm) (Arner, 2003). Den rimligaste förklaringen till dessa förhöjda halter är den bentiska vägen via sediment, då det inte finns någon känd pågående tillförsel från uppströms liggande vattensystem.

## Hypotes

I Bottniska viken kan man tänka sig ett antal möjliga spridningsvägar från sediment exempelvis till fisk. Resuspension av tidigare deponerade föroreningar är möjlig – en synnerligen påtaglig process i detta område med stor landhöjning där nya sediment

kontinuerligt lyfts ovanför vågbasen och exponeras för erosion. Utanför massaindustrier pågår också fortfarande en tillfriskning då tidigare cellulosebelastade bottenar successivt blir mer syrerika till följd av minskade utsläpp av organiskt material från fabrikena. Då dessa bottenar syresätts återkoloniserar de av bottenfauna som i sin tur kan sprida föroreningar via näringskedjan upp till organismer i vattenmassan. Den förhållandevis måttliga pelagiska primärproduktionen i Bottniska viken, jämfört med sydligare delar av Östersjön, gör att den bentiska näringsväven här är viktig även för en art som strömming som huvudsakligen lever av plankton (Parmanne et al., 2006).

Det finns olika möjligheter att undersöka spridningsvägar i detalj, men en synnerligen intressant möjlighet har funnits i Norrsundet-recipienten där massafabriken stängdes från och med årsskiftet 2008/2009. I flera undersökningar har fisk som fångats i närheten av Norrsundet visat förhöjda halter av PCDD/F relativt referensområden (Södergren, 1989; Olsson et al., 2005) vilket i realiteten endast kan förklaras av två faktorer – nämligen pågående utsläpp från fabriken eller tidigare deponerade dioxiner och furaner tillgängliga i sediment. I detta projekt har halterna i fisk studerats under nedläggningsprocessen vilket skulle kunna ge indikationer på vilken av dessa källor som dominerar.

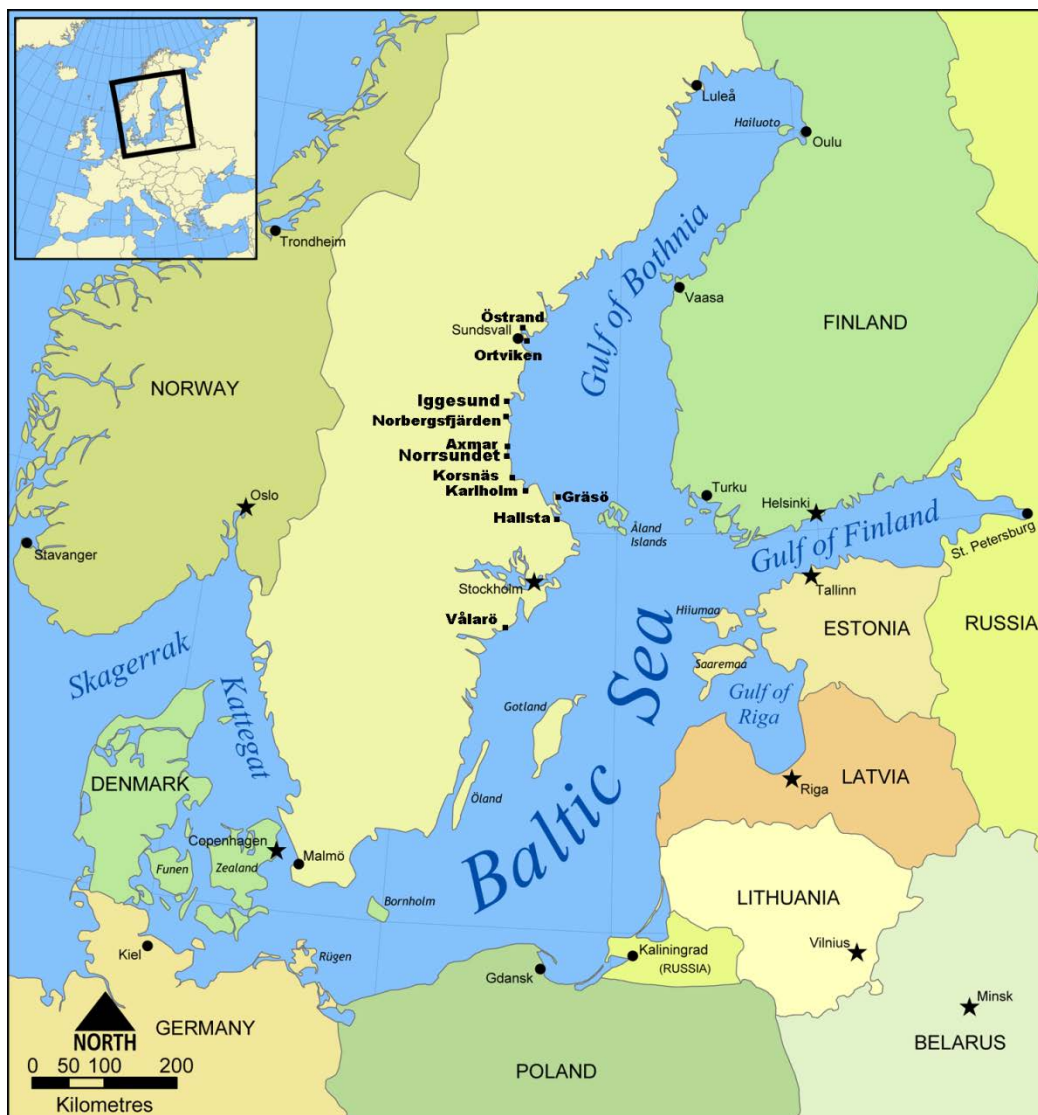
## Metodik

Undersökningar av PCDD/F i sediment, biota och vatten påbörjades i Norrsundets och Iggesunds recipienter och referensstationer våren 2009. Detta var året efter att Norrsundets massafabrik stängdes för produktion, och undersökningar i bland annat fisk har genomförts även 2010 och 2011 i fabriken recipient för att följa utvecklingen. Under 2011 utökades projektet till att omfatta sediment, bottenfauna och fisk i ytterligare nio kustområden i syfte att samla in ett större statistiskt material för att kartlägga eventuella samband mellan halter av PCDD/F i de olika matriserna.

I det följande beskrivs de studieområden som ingått i studien med avseende på miljöförhållanden och platser för provtagning. Därefter beskrivs provtagningsmetodiken som används för att analysera PCDD/F i respektive matris.

## Studieområden

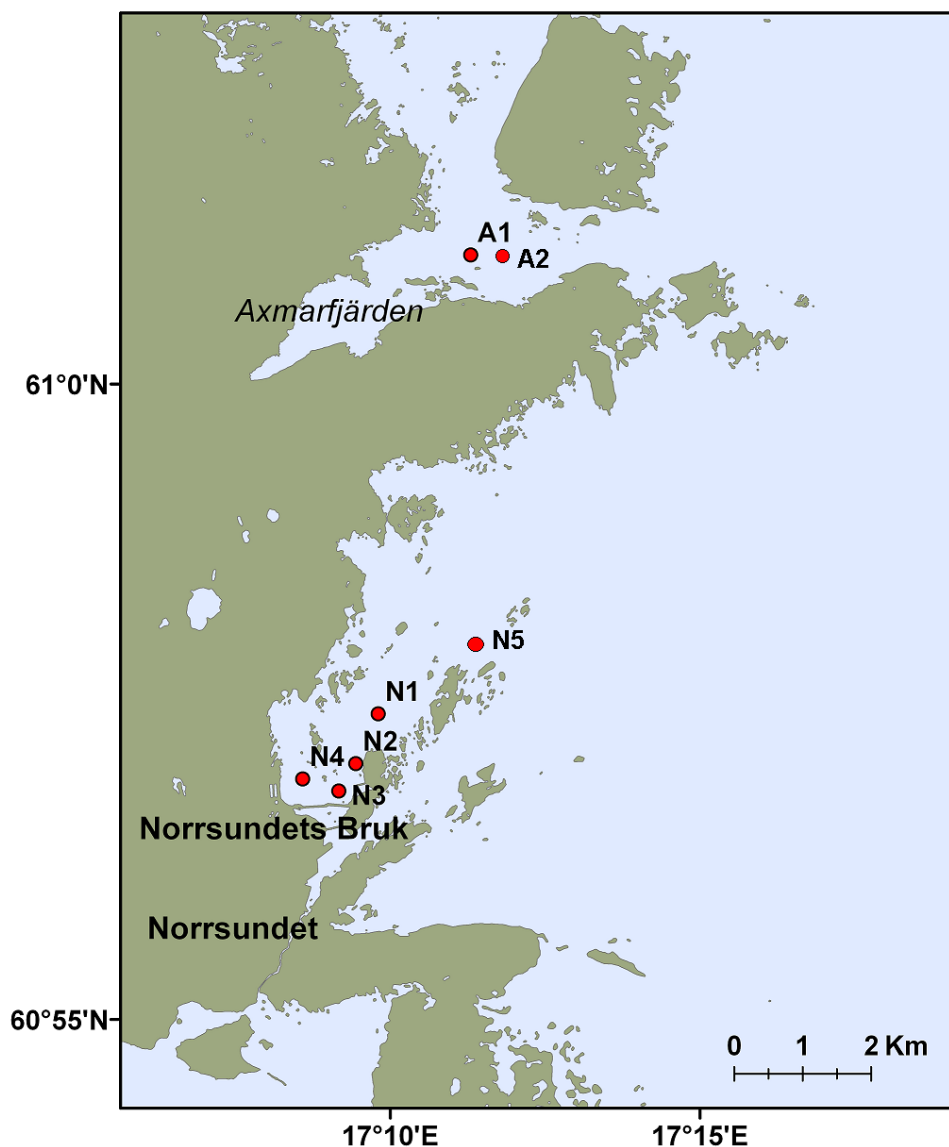
Samtliga områden där fisk och sediment insamlats redovisas i **Figur 6**. Östrand, Ortviken, Iggesund, Norrsundet, Korsnäs, Karlholm och Hallsta är fabriksrecipienter medan Norbergsfjärden, Axmarfjärden, Gräsö och Vålarö utgör referensområden.



Figur 6. Undersökta kustområden längs Bottenhavskusten samt referensområdet Värarö i Södermanlands skärgård markerad.

### Norrsundet och Axmarfjärden

Norrsundets bruk producerade fram till nedläggningen 2008 ca 300 000 årston av blekt sulfatmassa från barrved. Från 1940-talet och fram till början av 1990-talet blektes massan med klorgas, därefter med klordioxid (ECF). En långtgående biologisk rening av avloppsvattnet infördes 2002. Axmarfjärden (Fig. 7) har under lång tid tjänstgjort som referensområde i samband med undersökningar av miljökonsekvenser av fabriken utsläpp till vattenmiljön (Grahn et al., 2006a). Fabriken stängdes vid årsskiftet 2008/2009.



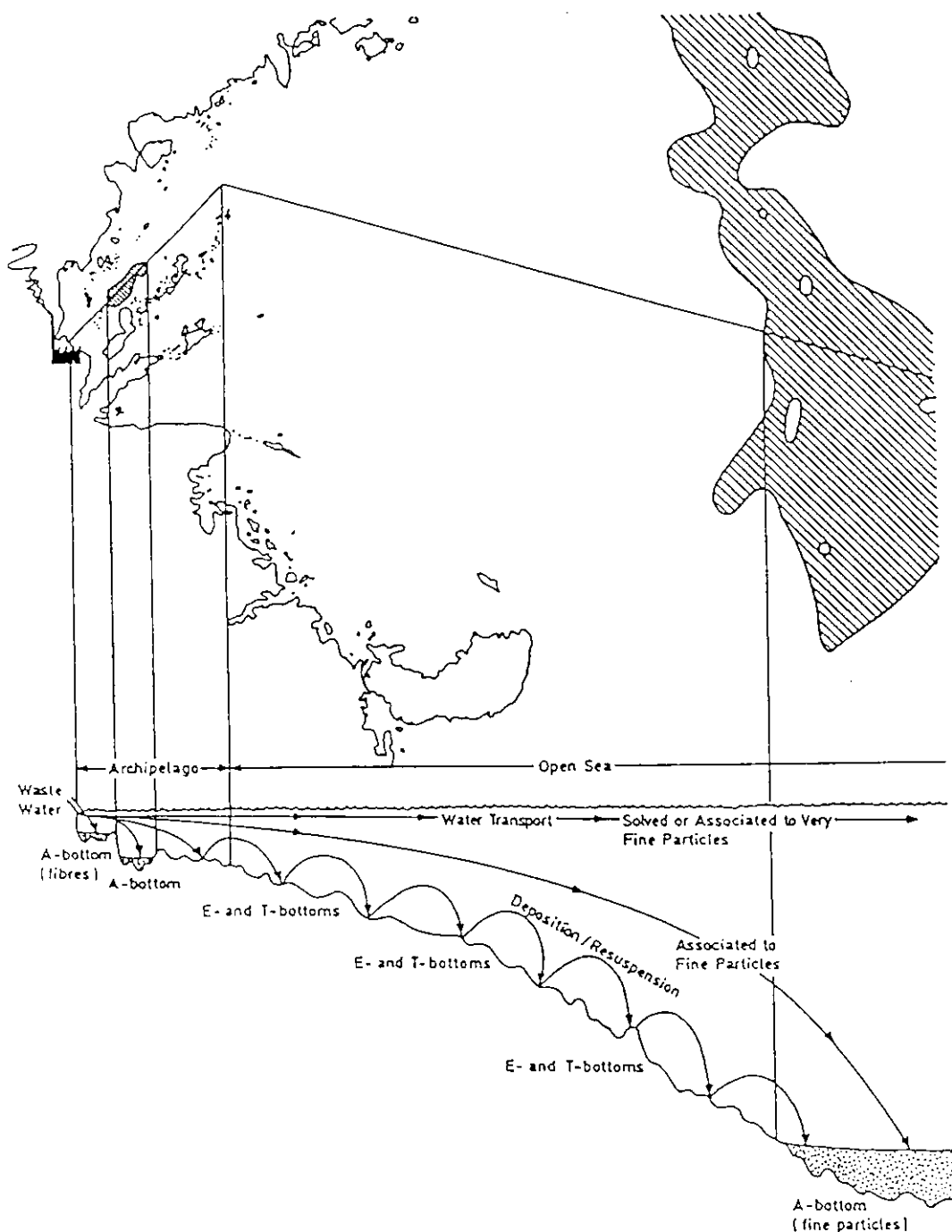
Figur 7. Norrsundetrecipienten och referensområdet Axmarfjärden med stationer för sedimentprovtagning markerade.

Norrsundetrecipienten karakteriseras som ett relativt öppet och grunt kustområde med en variabel botten-topografi. Områdets form av en vik som successivt vidgas medför att utspädningen av avloppsvatten från Norrsundets Bruk varierade från en måttlig initial utspädning i inre delen av viken (ca 150 gånger) till en mer effektiv inblandning längre ut (Jonsson, 1985).

De botten-dynamiska förhållandena undersöktes under 1980-talet. Ackumulationsbottnar, dvs. bottnar med kontinuerlig deposition av finmaterial (medium silt eller finare, partikeldiameter < 0,006 mm) förekom enbart i topografiskt skyddade djuphålur samt längst in viken där fiberbankar påträffades vid undersökningarna 1984 (Håkanson et al., 1988). Minnesbilder från personer som levde i början av 1900-talet tyder på att hårbottnar

vid den tiden dominerade även i den inre delen av viken (Olof Sandström pers. komm.) En bottendynamisk karta redovisas i **Figur 8**.

Enligt Jonsson et al. (1986) är de bottendynamiska förhållandena från land och ut till 10 km var mycket variabla. På några platser förekommer berg i dagen och bara 10 m därifrån mjukbottnar med hög organisk halt. Dessa sedimentfyllda fickor skall dock inte betraktas som ackumulationsbottnar utan som transportbottnar. Med hänsyn till områdets öppenhet är det sannolikt att alla bottnar ovanför 50-55 meters vattendjup (med undantag för topografiskt skyddade djuphålor) är erosions- eller transportbottnar (Jonsson et al., 1986).

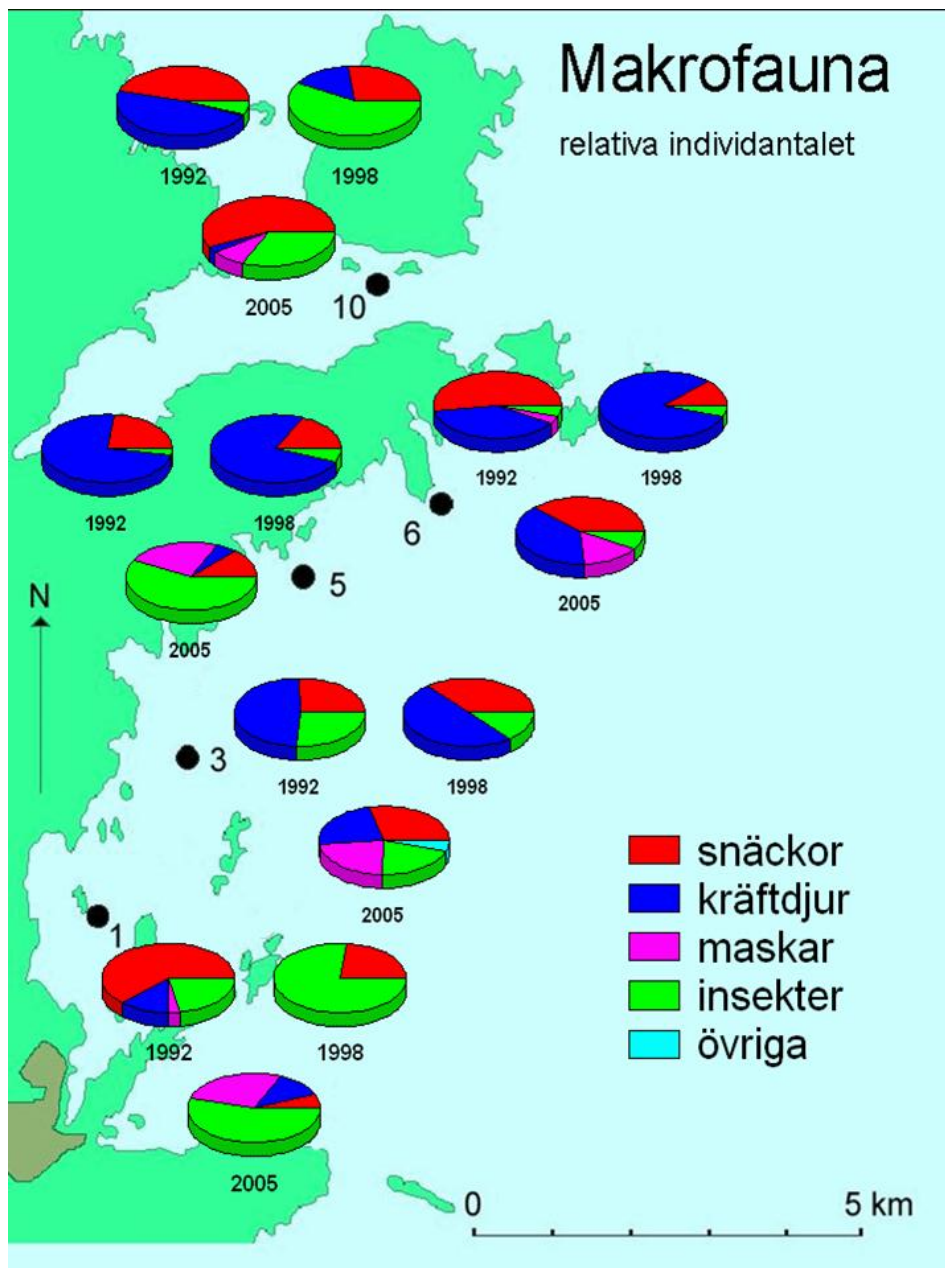


**Figur 8.** Ackumulationsbottnar i Norrsundetområdet och illustration av transportmekanismer från utsläpp via bl.a. upprepade resuspensionscykler inom T-bottnarna till A-bottnarna på vattendjup större än 50 m i öppna Bottenhavet. Från Håkanson et al. (1988).

Strandzonens växt- och djursamhällen har karterats åren 1984, 1989, 1992, 1998 och 2005 (Grahn et al., 2006a). Sedan slutet av 1980-talet har det skett en påtaglig förbättring av miljösituationen i närområdets strandzon. Detta märks tydligast genom att mängden sedimenterat organiskt material på de grunda bottnarna reducerats och att detritus-ätande



organismer som tusensnäckor *Hydrobia ulvae* och *Potamopyrgus jenkinsi* har reducerats i området (Fig. 9).



Figur 9. Relativa antalet individer av olika djurgrupper av makrofauna. Från Grahn et al. (2006a).

Abborres hälsotillstånd i recipienten har studerats genom undersökningar av fysiologiska/biokemiska parametrar vid ett flertal tillfällen sedan 1980-talet, vilka sammanfattats av Grahn et al. (2006a). En jämförelsevis god kondition och snabb tillväxt hos fisken har noterats i flertalet undersökningar i recipienten sedan 1980-talet. Mönstret av stimulerad tillväxt och kondition i kombination med hämmad fortplantning är förekommande vid vissa skogsindustrier och har noterats i flera fall i det kanadensiska

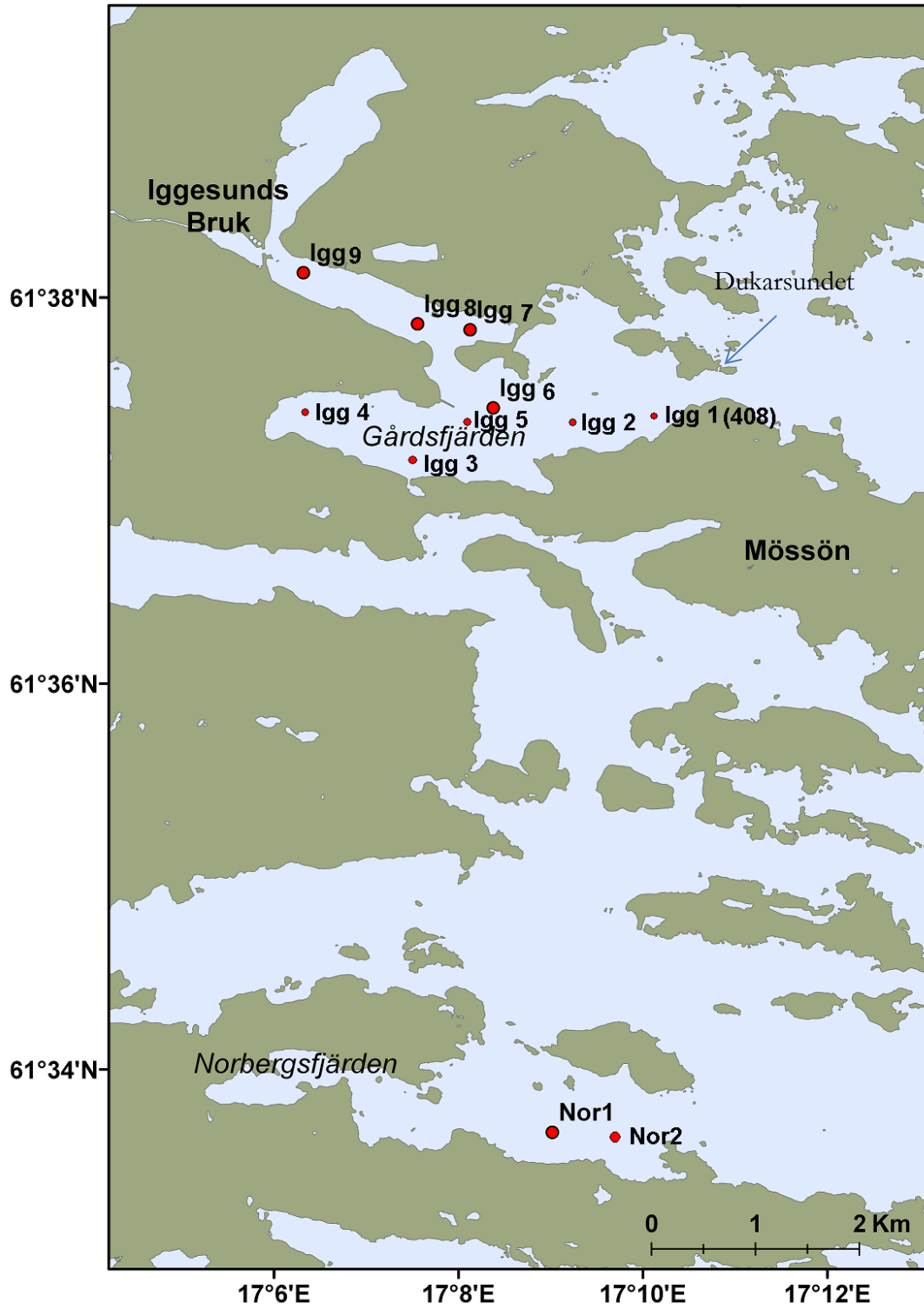
kontrollprogrammet för skogsindustrin (McMaster et al., 2012). Under 2011 genomfördes en ny undersökning som en del av efterkontrollprogrammet efter fabriksnedläggningen (Sandström, 2012), vilken visade att några av de tidigare noterade avvikelserna i biomarkörer kvarlåg.

Provfisken i syfte att kartlägga fiskpopulationens sammansättning har visat en gradvis återhämtning från ett utarmat fiskbestånd mot ett tillstånd nära det normala, dock med en hög täthet av mört indikerande ett näringsrikt system (Sandström & Neuman, 2003).

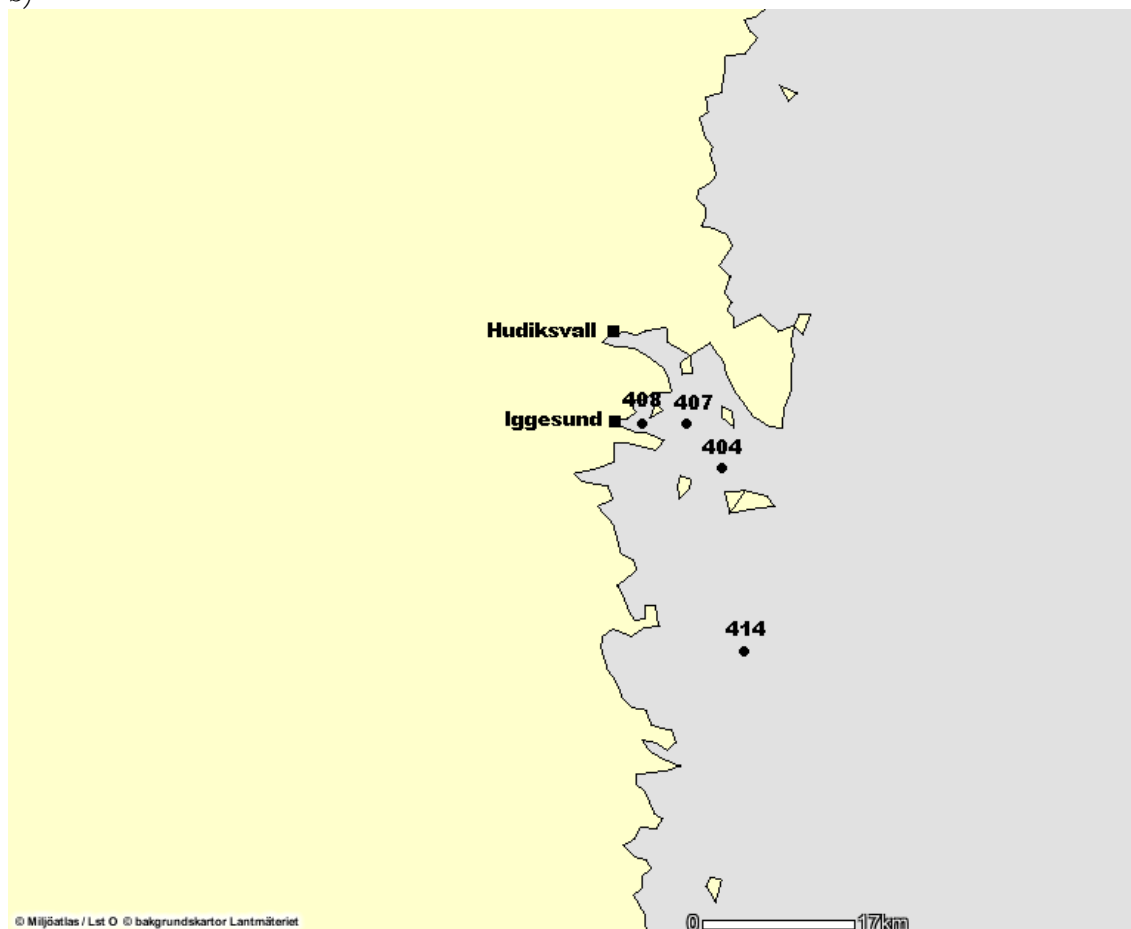
### **Iggesund och Norbergsfjärden**

Iggesunds Bruk producerar ECF-blekt sulfatmassa från barr- och lövved som huvudsakligen används för integrerad produktion av kartong. Produktionen uppgår till ca 350 000 ton massa/år. För rening av utgående avloppsvatten installerades i början av 1980-talet en luftad damm. Under 2009 har även kemisk fällning på en del av totalavloppet införts. Norbergsfjärden har under många år tjänstgjort som referensområde i samband med fiskundersökningar (Sandström, 2010) i primärrecipienten Gårdsfjärden. I **Figur 10a** visas provtagningsstationer för sediment i Gårdsfjärden och Norbergsfjärden och i **Figur 10b** visas stationer för sediment insamlade i en gradient utanför Iggesund.

a)



b)



**Figur 10.** a) Gårdsfjärden primärrecipient för utsläpp från Iggesunds Bruk och referensområdet Norbergfjärden med provtagningsstationer markerade. b) Stationer för gradientstudie i sediment utanför Iggesund.

Gårdsfjärden avgränsas mot Bottenhavet av Dukarsundet (**Fig. 10a**), som är cirka 250 m brett och har ett tröskeldjup på 9 m samt ett cirka 25 m brett och någon meter djupt sund mellan Björkskär och Furskär. Vattenkemiska data och klassificering av dessa enligt NV (1999) framgår av **Tabell 1**.

**Tabell 1.** Vattenkemiska data centrala Gårdsfjärden, medelvärde för perioden 2002-2009 (data från Nordöstra Hälsinglands vattenvårdsförbund) och klassificering av tillståndet enligt NV (1999). Från Grotell (2010).

Parameter		Klassificering enligt NV 1999
Totalfosfor ytvatten sommar ( $\mu\text{g/l}$ )	22	Medelhög halt
Totalfosfor ytvatten vinter ( $\mu\text{g/l}$ )*	16	Mycket låg halt
Totalkväve ytvatten sommar (mg/l)	0,31	Medelhög halt
Totalkväve ytvatten vinter (mg/l)*	0,40	Medelhög halt
Siktdjup augusti (m)	2,2	Mycket litet
Klorofyll ytvatten augusti ( $\mu\text{g/l}$ )	8,8**	Mycket hög halt
Syrehalt årsminimum (ml/l)	5.0	Mindre hög halt
Salinitet	4,0	

Den samlade bedömningen av de vattenkemiska parametrarna ger att recipienten är ett näringsrikt och produktivt system.

År 2002 genomfördes en kartering och undersökning av bottenarna i Gårdsfjärden (Jonsson, 2002). Syftet var kartlägga utbredningen av olika bottenarter och bedöma hur stora områden som hade ansträngda syrgasförhållanden samt studera kolfastläggningen. Sedimentprovtagning genomfördes på 5 stationer (Igg1–Igg5). Resultaten från undersökningen visade att ackumulationsbottenarna under 2002 i huvudsak var syresatta och att kolhalterna i ytsedimenten låg på en för Östersjöns kustområden normal nivå. En bit ned i sedimentkärnorna påträffades dock lamineringar och högre kolhalter indikerande att den organiska belastningen på bottenarna tidigare varit högre. För att belysa om det skett någon förändring av bottenförhållandena under de senaste åren återupprepades de sedimentkemiska analyserna av ytsediment vid undersökningen i september 2009.

I **Tabell 2** jämförs konventionella sedimentparametrar (torrsubstanshalt (Ts), totalt organiskt kol (TOC) och totalfosfor (Tot-P) för stationerna Igg1-Igg5 mellan de bägge undersökningstillfällena 2002 respektive 2009. Av tabellen framgår att det inte skett några signifikanta förändringar mellan undersökningstillfällena. Uppmätta torrsubstanshalter är typiska för ackumulationssediment i Östersjöns kustområden (Jonsson, 2003). Halten av TOC var vid undersökningen 2009 liksom vid undersökningen 2002 i medeltal 5 %, vilket är ett typiskt värde för Östersjöns kustområden (Jonsson, 2003). Halterna av totalfosfor var vid bägge undersökningar relativt höga och låg på drygt 2 g/kg Ts i medeltal. Detta är en nivå som också uppmäts i andra kustområden där det skett en övergång från anoxiska till oxiska förhållanden, och som tyder på att de översta sedimentlagren för närvarande har förmåga att kvarhålla fosfor.

**Tabell 2.** Torrsubstanshalt (Ts), organisk halt (TOC) och totalfosforhalt (Tot-P) i ytsediment från Gårdsfjärden. Jämförelse mellan undersökningar 2002 respektive 2009.

Station	Ts (%)		TOC (% Ts)		Tot-P (mg/kg Ts)	
	2002	2009	2002	2009	2002	2009
Igg1	16.4	15.4	4.7	4.9*	2940	2600
Igg2	10.9	25.5	5.2	4.1*	2610	2100
Igg3	18.7	16.3	4.5	4.8*	2760	2500
Igg4	20.9	15.4	5.2	5.0*	1520	2100
Igg5	25.7	25.9	4	3.9*	1740	1300
<b>Medel</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2314</b>	<b>2120</b>

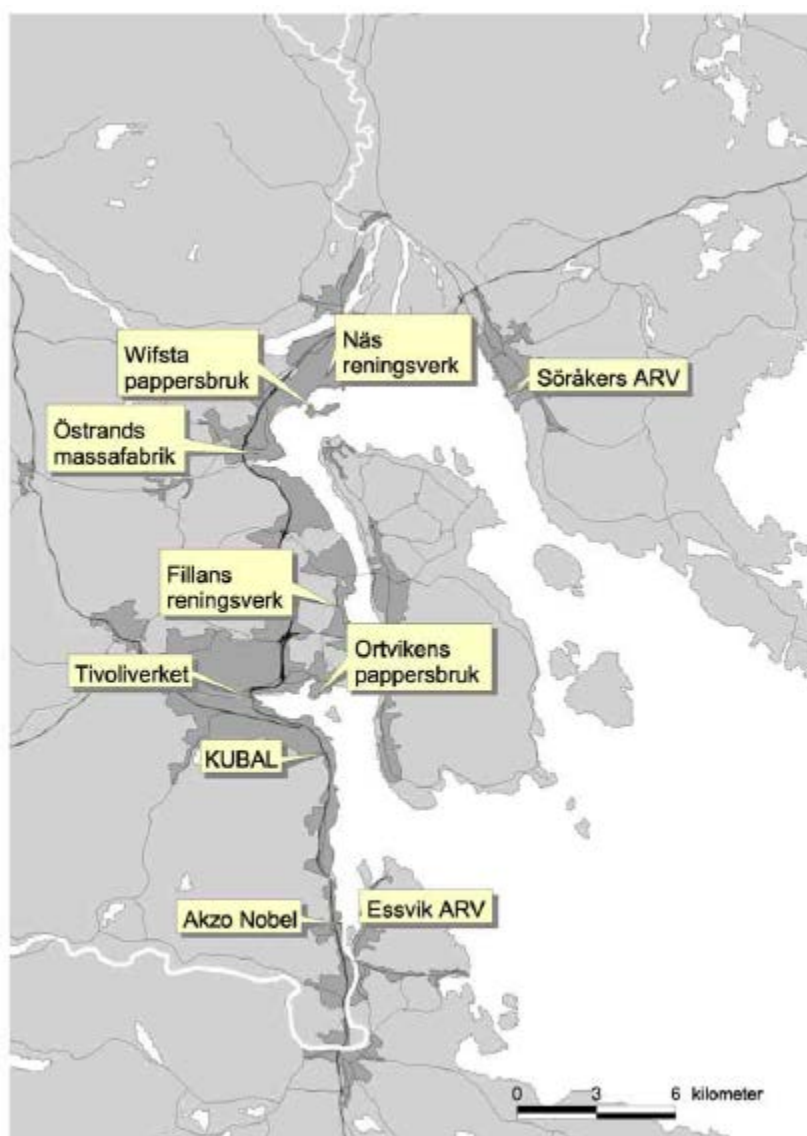
\* Beräknad från glödningsförlust enligt Jonsson et al. (2003).

Fortlöpande bottenfaunaundersökningar sammanfattade av Grotell (2010) visar att makroskopisk bottenfauna återkoloniserat stora delar av Gårdsfjärden och etablerat ett bottenfaunasamhälle typiskt för regionen om än med viss övervikt mot taxa som gynnas av hög organisk halt i sedimenten.

Fiskundersökningar har genomförts vid flera tillfällen sedan 1980-talet. Vid den senaste utförd år 2009 (Sandström, 2010) konstaterades att flertalet av de avvikelser som tidigare noterats i fysiologiska parametrar hos fisken och som misstänks ha orsakats av det skogsindustriella utsläppet nu har klingat av.

## Östrand och Ortviken

Östrands massafabrik och Ortvikens pappersbruk ligger i den inre delen av Sundsvallsbukten (**Fig. 11**). Sundsvallbukten har under lång tid varit ett av de mest industriexploaterade områdena i Sverige. I området finns skogsindustri, kemisk industri samt aluminiumsmältverk. Detta har lett till betydande utsläpp av organiskt material, näringsämnen och miljöfarliga ämnen. Efter miljöskyddslagens tillkomst 1969 har utsläppen successivt minskat.

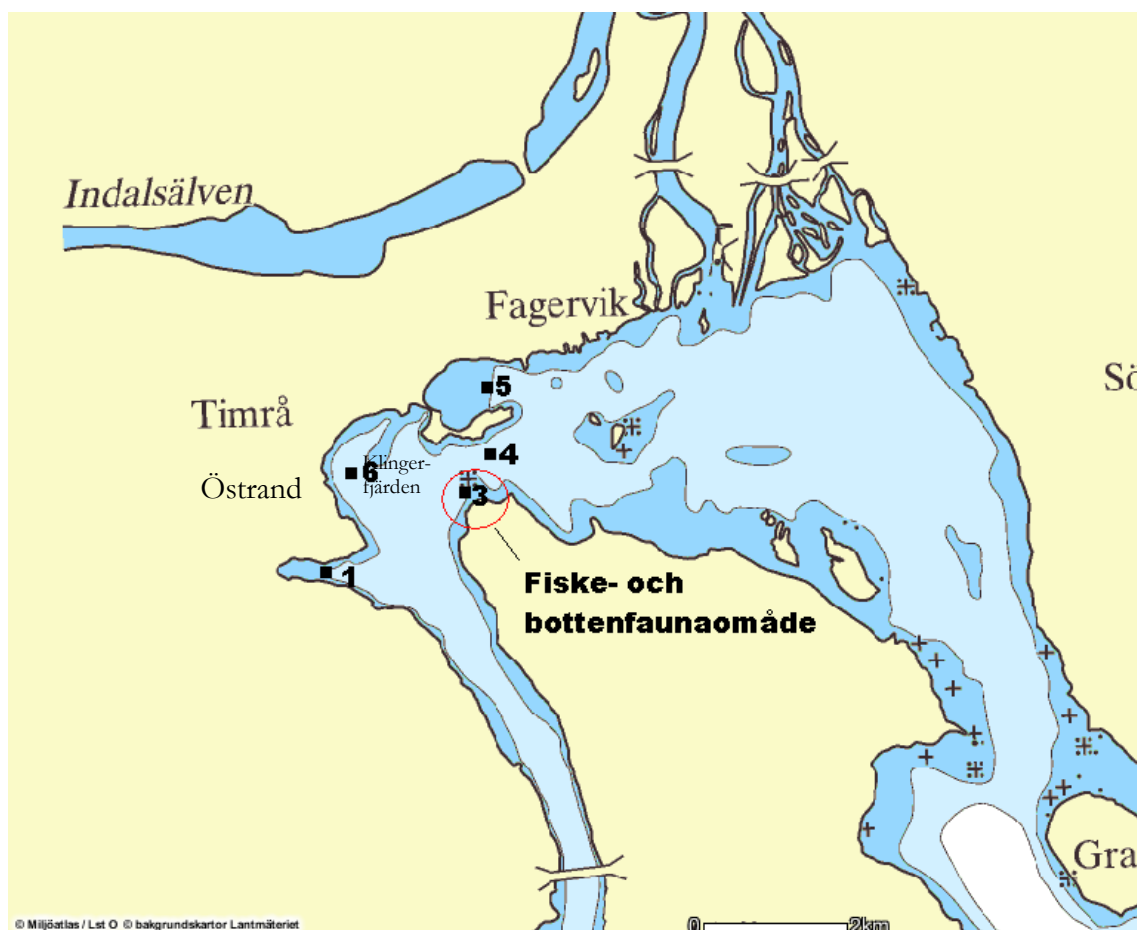


**Figur 11.** Karta över Sundsvallsbukten med dominerande punktkällor. Från Grahn et al. (2005).

Östrands massafabrik tillverkar TCF-blekt sulfatmassa samt CTMP-massa för avsalu. Produktionen uppgår till drygt 500 000 årston. Avloppsvattnet renas sedan 2004 genom en så kallad multibio-anläggning. I anslutning till Östrand låg en klor-alkalifabrik som var i

drift fram till 1983. Detta har resulterat i att Skönviken, en vik väster om fabriken, är förorenad med kvicksilver och klororganiska föreningar.

Avloppsvattnet avleds till Klingerfjärden, en förhållandevis djup fjärd (maxdjup 56 m) som avgränsas med trösklar mot intilliggande vattenområden (**Fig 12**). I Klingerfjärden mynnar även Indalsälven med en medelvattenföring på 440 m<sup>3</sup>/s.



**Figur 12.** Östrands massafabrik med recipienten Klingerfjärden. Sedimentprovtagningsstationer 1-6 samt område för insamling av fisk och bottenfauna är markerade i figuren.

Ortvikens pappersbruk producerar termomekanisk massa från granved som tillsammans med inköpt massa används i integrerad produktion av tidningspapper av storleksordningen 800 000 ton/år. Tidigare fanns en sulfittfabrik på området som lades ned 1984. Avloppsvattnet behandlas i en långtidsluftad aktiv slam-anläggning och avleds till Draget via en bottenlagd diffusor på ca 25 meters djup. Draget är i sin tur förhållandevis öppen mot utanförliggande delar av Sundsvallsbukten (**Fig. 13**).

Grahn et al. (2005) har gjort en heltäckande utvärdering av miljösituationen i Sundsvallsbukten. Kunskapsläget när det gäller halter av olika ämnen i sediment kan generellt sett anses gott då ett stort antal undersökningar genomförts under senare år. Sundsvallsbukten tillhör ett av landets mest belastade områden med avseende på PAH:er

medan halterna av klororganiska ämnen minskat avsevärt. Förhöjda kvicksilverhalter förekommer i och i anslutning till Skönviken. Beträffande halter i fisk av miljöfarliga ämnen visar de undersökningar som gjorts fram till 2004 att halterna generellt varit låga till måttligt förhöjda.

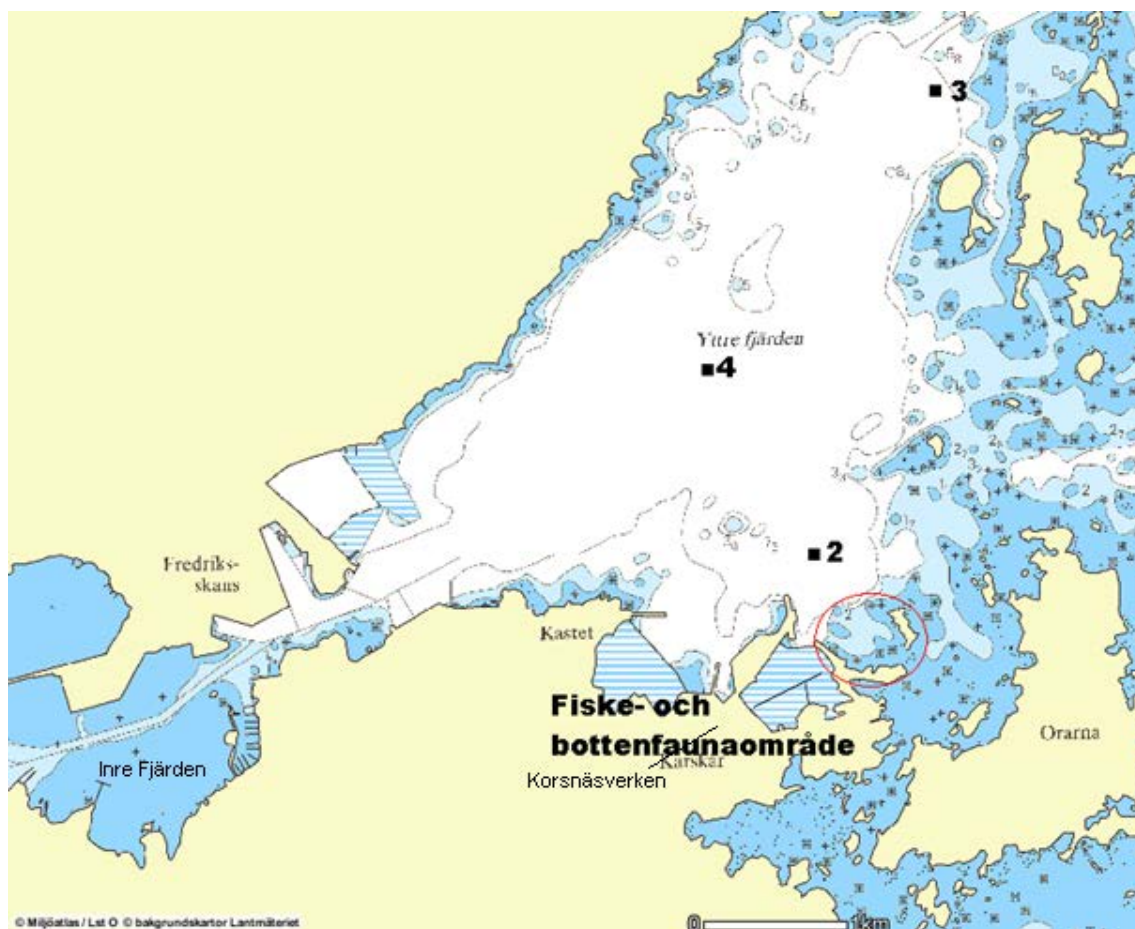


Figur 13. Ortvikens massafabrik med recipient. Sedimentprovtagningsstationer 1-6 samt område för insamling av fisk och bottenfauna är markerade i figuren.

### Korsnäs

Korsnäsverken producerar ECF-blekt och oblekt sulfatmassa för egen produktion av papper och kartong. Årsproduktion uppgår till cirka 700 000 ton/år. Avloppsvattnet renas biologiskt i en luftad damm. Primärrecipient är Yttre fjärden som är belägen i den inre delen av Gävlebukten, som i sin tur gränsar mot Bottenhavets utsjövatten (Fig. 14). I den innersta delen av fjärden mynnar vattendragen Gavleån och Testeboån som tillsammans ger en medeltillrinning på 35 m<sup>3</sup>/s (SMHI, 2003). Detta medför att området får karaktären av ett estuarium med ett delvis utsötat ytvatten.





**Figur 14.** Karta över Gävle fjärdar (Yttre respektive Inre fjärden) med provtagningspunkter för sediment (2-4) utmärkta samt område för insamling av fisk och bottenfauna.

Vattenomsättningen i Yttre fjärden har studerats vid några olika tillfällen (Martin, 1986; Engqvist 1999; Karlsson & Håkanson, 2001). Beräkningarna har samstämmigt gett att vattenutbytet är förhållandevis långsamt (storleksordningen 2-3 veckor), vilket förklaras av områdets relativt instängda läge i skydd av öar förbundna av sund med relativt små tvärsnittareor mot utanförliggande hav.

Trots att vattendjupet i Yttre fjärden är relativt litet med ett maximalt djup på 15 m så är förekomsten av ackumulationsbottnar, det vill säga bottnar där det sker en kontinuerlig deposition av finmaterial, relativt stor. Sveriges geologiska undersökning (SGU) har karterat bottenförhållandena och tagit fram en maringeologisk karta där förekommande bottentyper redovisas.

Yttre fjärden är ett näringsrikt och högproduktivt system. Förutom den tillförsel av näringsämnen som sker via Gavleån och Testeboån så tillförs även näringsämnen via industrier och reningsverk i anslutning till tätorten. Sammantaget leder detta till att produktionen av växtplankton är hög och att siktdjupet är litet.

Syreförhållandena i sedimenten i Yttre fjärden har successivt förbättrats under de senaste decennierna genom att utsläppen av syretärande organisk substans från framförallt massaproduktionen vid Korsnäsverken minskat. Under 1980-talet och tidigare förekom svarta reducerade ytsediment på stora delar av bottenarealen (Walterson & Landner, 1999). Vid våra undersökningar hösten 2011 var ytsedimenten vid samtliga undersökta stationer oxiderade.

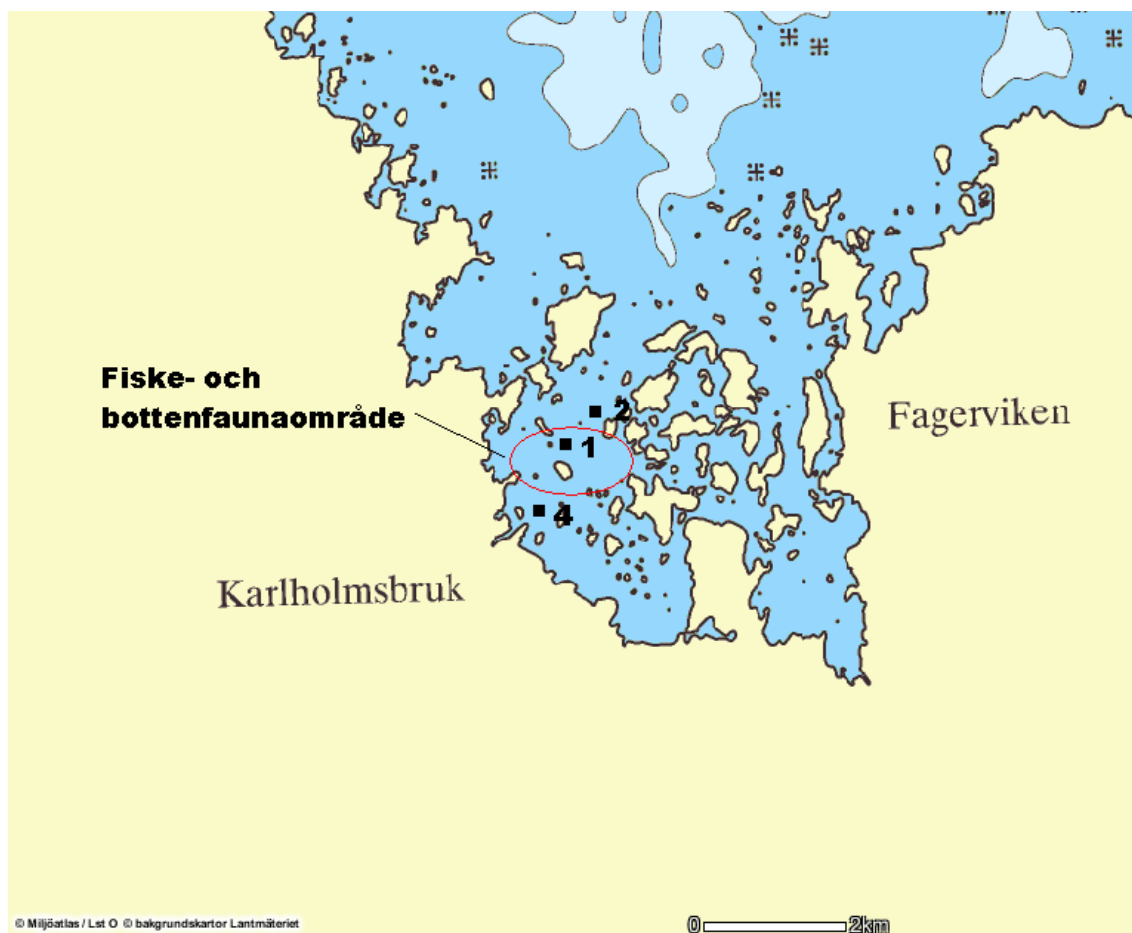
Bottenfaunan på de djupare mjukbottenarna domineras i biomassa räknat av Östersjömussla (*Macoma baltica*). Även havsbortsmask (*Marenzelleria viridis*) förekommer i höga individtätheter (Hansson, 2007). Jämfört med situationen 1998 (Hansson & Wijnblad, 1998) indikerar bottenfaunaundersökningen 2007 en förbättring av syresituation då syrekrävande arter som skorv (*Saduria entomon*), vitmärla (*Monoporeia affinis*) och slammärla (*Corophium volutator*) hittades i större omfattning vid den senare undersökningen (Hansson, 2007).

Fiskbeståndet i Yttre fjärden består av stationära varmvattenarter såsom exempelvis mört och abborre, migrerande kallvattenarter som sik och strömming samt älvvandrande arter som lax och öring (Sandström, 2011). Bestånden av varmvattenarter har undersökts i samband med tillståndsärenden för Korsnäsverken. Vid provfiske 1995 dominerade abborre, mört, björkna och braxen (Sangfors, 1995). Även gös har varit relativt vanlig fångst vid provfiskena. Öring och lax förekommer också i området. En del av dessa rekryteras från de bestånd som utnyttjar de tillrinnande vattendragen för lek men flertalet härstammar från utsättning av odlad fisk (Sandström, 2011).

Hälsotillståndet hos abborre i Yttre fjärden undersöktes 2005 (Grahm et al., 2006b). Undersökningen var en uppföljning av äldre studier som tidigare indikerat en störning av vissa biologiska funktioner kopplat till fortplantning och tillväxt. Resultaten från den senaste undersökningen visade att det inte längre förelåg några fysiologiska avvikelser i abborrpopulationen från Yttre fjärden.

## Karlholm

Karlit AB tillverkar board från vedråvara och är beläget längst in i Karlholmsfjärden i inre delen av Lövstabukten (**Fig. 15**). I Karlholmsfjärden mynnar också Tämnrån med en medelvattenföring på 10 m<sup>3</sup>/s. Tidigare undersökningar har pekat på förhöjda dioxinhalter i sedimenten i inre delen av fjärden (Kemakta, 2007). Det förekommer även träfiber och fiberrester i sedimenten och vattenförekomsten anses övergödd (Salonsaari, 2009).



**Figur 15.** Karlholmsfjärden med provtagningsstationer för sediment (1, 2 och 4) samt område för insamling av fisk och bottenfauna.

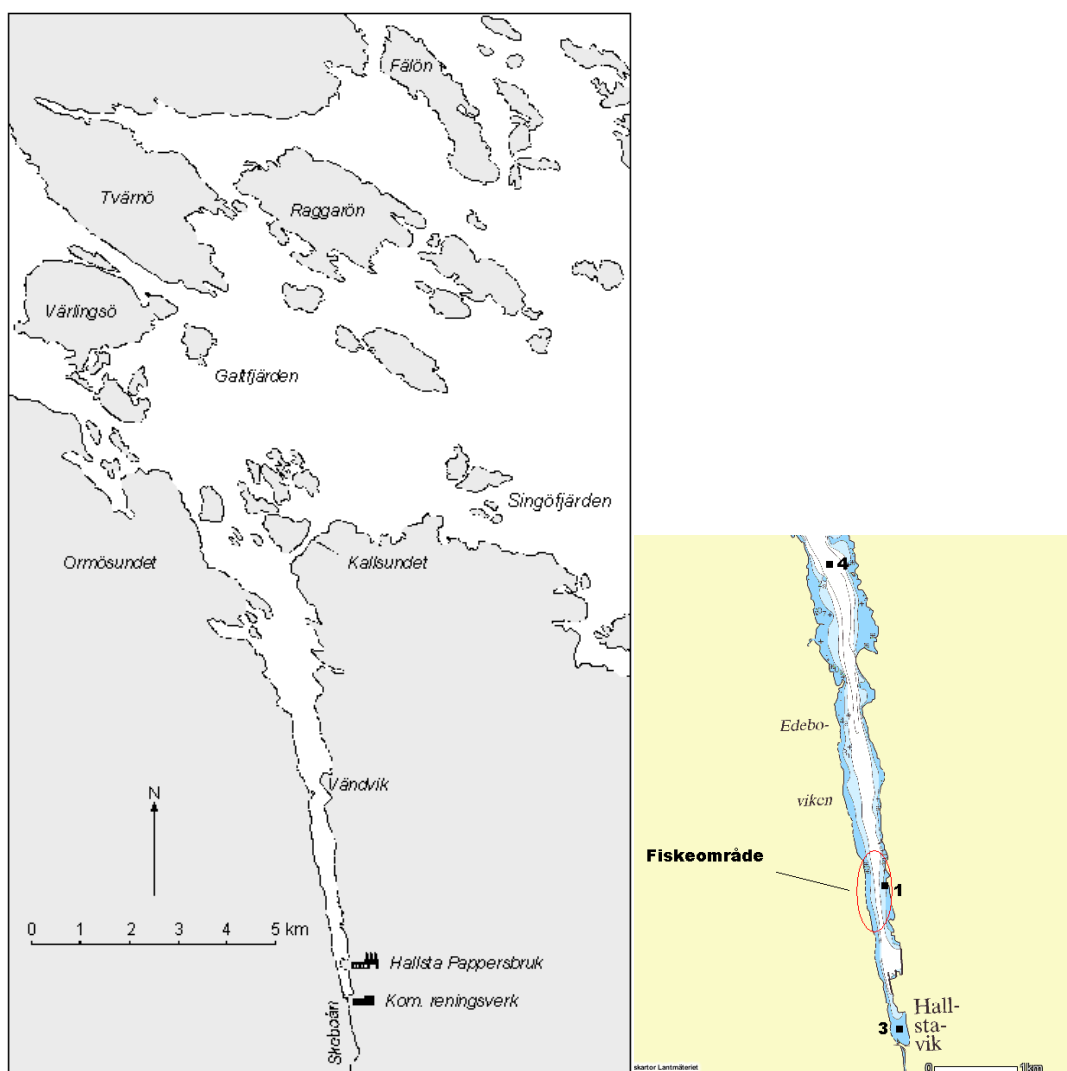
## Hallsta

Hallsta pappersbruk tillverkar termomekanisk massa och slipmassa från granved, vilket vidareförädlas till tidningspapper. Årsproduktionen uppgår till knappt 700 000 ton. Avloppsvatten renas i en aktivslamanläggning. Hallsta Pappersbruk är lokaliserat till Edebovikens inre del (**Fig.16**) i anslutning till samhället Hallstavik. Edeboviken är en långsmal vik i Östhammars skärgård som i norr avgränsas mot Galtfjärden via tre sund. I den södra änden av viken mynnar Skeboån som tillsammans med några mindre bäckar ger en medeltillrinning till Edeboviken på  $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (SMHI, 2003).

Edebovikens långsmala form med smala och relativt grunda trösklar medför att vattenutbytet är långsamt och andelen ackumulationsbottnar stor. Området är därför känsligt för påverkan. Vattenomsättningen i Edeboviken har undersökts och beräknats vid flera tillfällen. Persson et al. (1993) har med en empirisk modell beräknat ytvattnets genomsnittliga omsättningstid till i genomsnitt 17 dygn. Samma författare har med spårämnesteknik mätt djupvattnets omsättningstid till 120 dygn. Som en jämförelse har även Persson et al. (1993) beräknat djupvattnets teoretiska omsättningstid till 70 dygn. SMHI (Ambjörn & Westring, 1994) har med strömmätningar och data på

salthaltsvariationen beräknat utbytestiden för Edeboviken till 8-16 dygn baserat på ett beräknat inflöde mellan 40 och 70 m<sup>3</sup>/s. Engquist (1999) har beräknat ytvattnets och djupvattnets omsättningstid till 46 respektive 33 dygn.

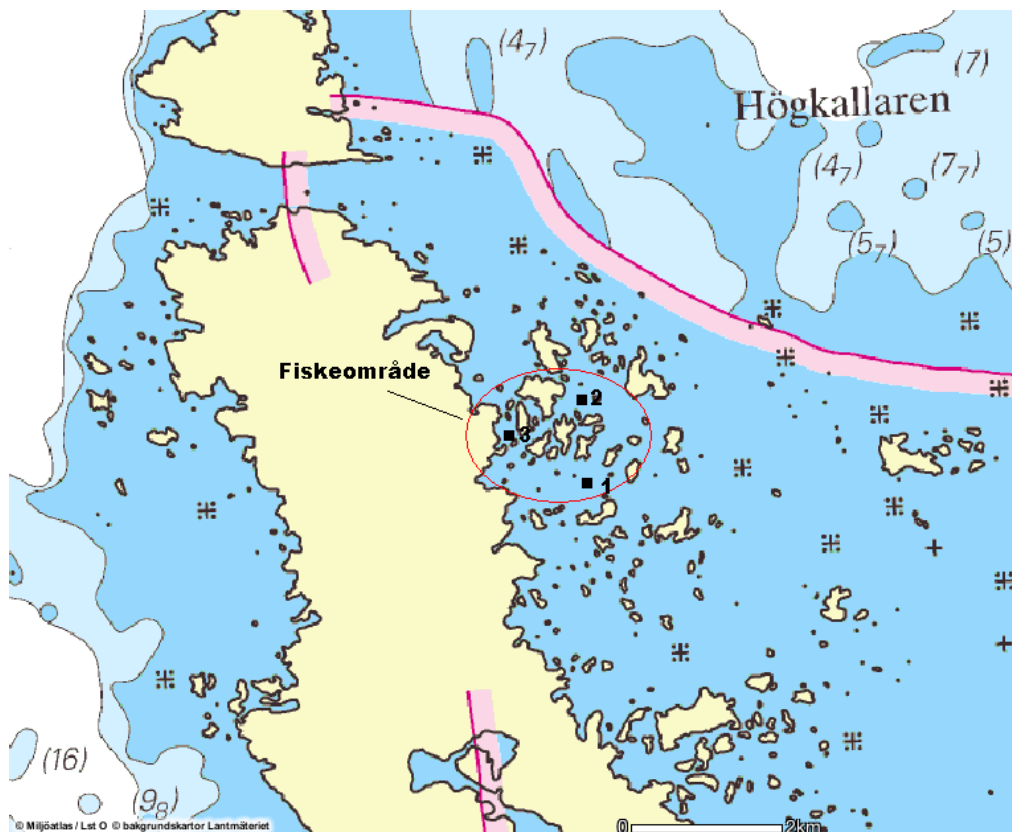
Vattenkvaliteten i Edeboviken bevakas genom ett recipientkontrollprogram med regelbunden vattenkemisk provtagning (Lindqvist, 2003). Edeboviken kan klassificeras som ett näringsrikt och produktivt system, vilket manifesteras av ett litet siktdjup (1,5 m) och höga halter av klorofyll (5,5 µg/l) under sommaren, vilket utgör ett indirekt mått på primärproduktionen av växtplankton. Halterna av näringsämnena kväve och fosfor är relativt höga (500 resp. 30 µg/l) medan syrgasmättnaden i bottenvattnet numer är relativt god (4,7 mg/l). I jämförelse med historiska nivåer har tillförseln av organiskt material till Edebovikens inre delar under senare år minskat dramatiskt genom minskade utsläpp från Hallsta samt genom att timmerlagringsverksamheten upphört, vilket resulterat i successivt förbättrade bottenförhållanden.



**Figur 16.** Edeboviken, primärrecipient för Hallsta Pappersbruk samt intilliggande kustområden i Östhammars skärgård. Infällt till höger inre delen av Edeboviken med provtagningsstationer för sediment (1,3,4) och fiskeområde markerade.

## Gräsö

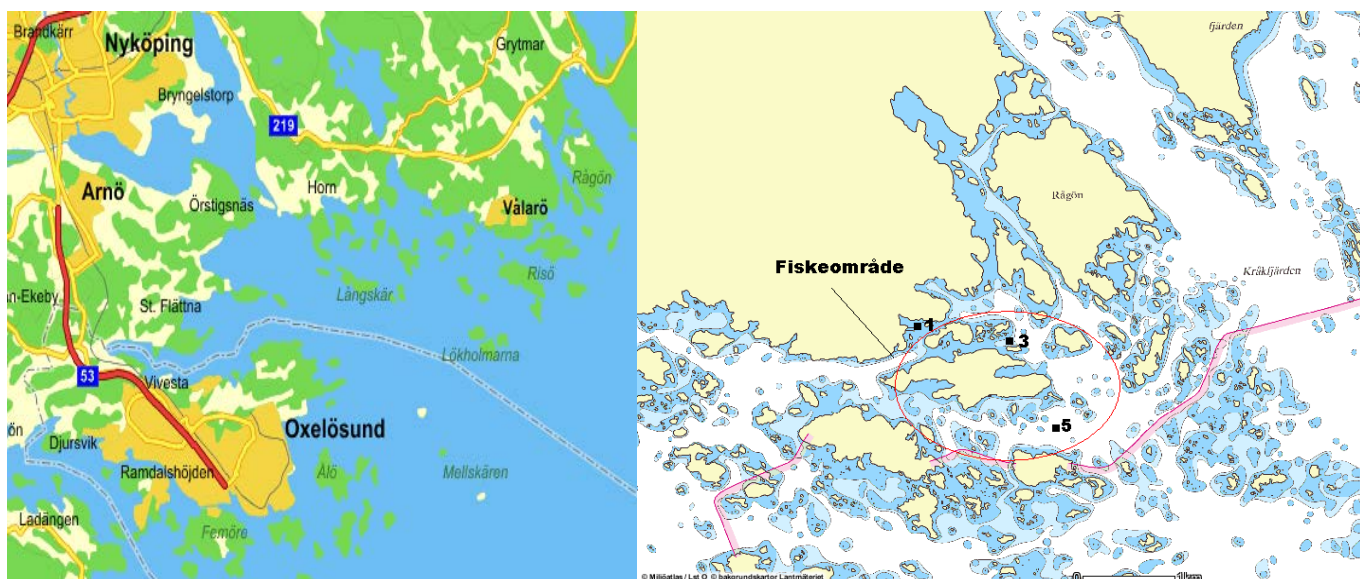
Skärgården öster om Gräsö anses vara relativt opåverkad av lokala antropogena utsläpp (Persson et al., 1993, Lst, 2012) och hyser höga naturvärden. Som referensmaterial har i denna studie sediment och fisk insamlats utanför Skoga hamn på den nordöstra delen av ön (Fig. 17).



Figur 17. Gräsö och skärgården öster därom med provpunkter för sediment (1-3) och fiske markerade.

## Vålarö

Vålaröarkipelagen i Södermanlands skärgård (Fig. 18) är relativt opåverkad av direktutsläpp från punktkällor. Avloppsvatten från Nyköpings tätort släpps ut ca 15 km väster om området. På ungefär samma avstånd i sydvästlig riktning ligger Oxelösunds järnverk. Cirka en mil nordost om Vålaröarkipelagen ligger Studsvik där det sker en behandling av radioaktivt avfall. Tidigare fanns också en forskningsreaktor för kärnkraft i drift på området och inom ett begränsat närområde till Studsvik har förhöjda halter av vissa radioisotoper påvisats i sedimenten. Vålaröarkipelagen har i denna studie fungerat som ett referensområde.



**Figur 18.** Vålaröarkipelagen i Södermanlands skärgård (© Lantmäteriverket), samt provtagningsstationer för sediment (1,3,5) och fiske utmarkerade i infälld bild t h.

## Sediment

I flertalet kustområden har enbart ytsediment insamlats, företrädesvis med ponarhämtare (figur nedan, under bottenfauna). I Iggesund- och Norrsundet-recipienterna samlades även sedimentkärnor in med Willnerhämtare respektive Geminhämtare. I fält snittades sedimentkärnorna i två-centimetertjocka varv med särskild utrustning. Dessförinnan dokumenterades sedimentkärnorna genom fotografering med digital kamera med 12 Mb-pixelupplösning. Proverna förvarades efter provtagningen i glasburkar i kyl +4°C innan de skickades till ALcontrol AB i Linköping för kemisk analys. För positionering användes GPS. Vid respektive provtagningspunkt bestämdes botten djupet med ekolod.

Gradientstudien utanför Iggesund använde samma stationer som Jonsson et al. (1993) använde i en liknande studie drygt 20 år tidigare (1985-1986). I Iggesundsrecipienten har vi dessutom kunnat nyttja ett underlag beträffande sedimenttillväxten baserat på datering med radioaktivt-cesium och varvräkning (Jonsson, 2002).



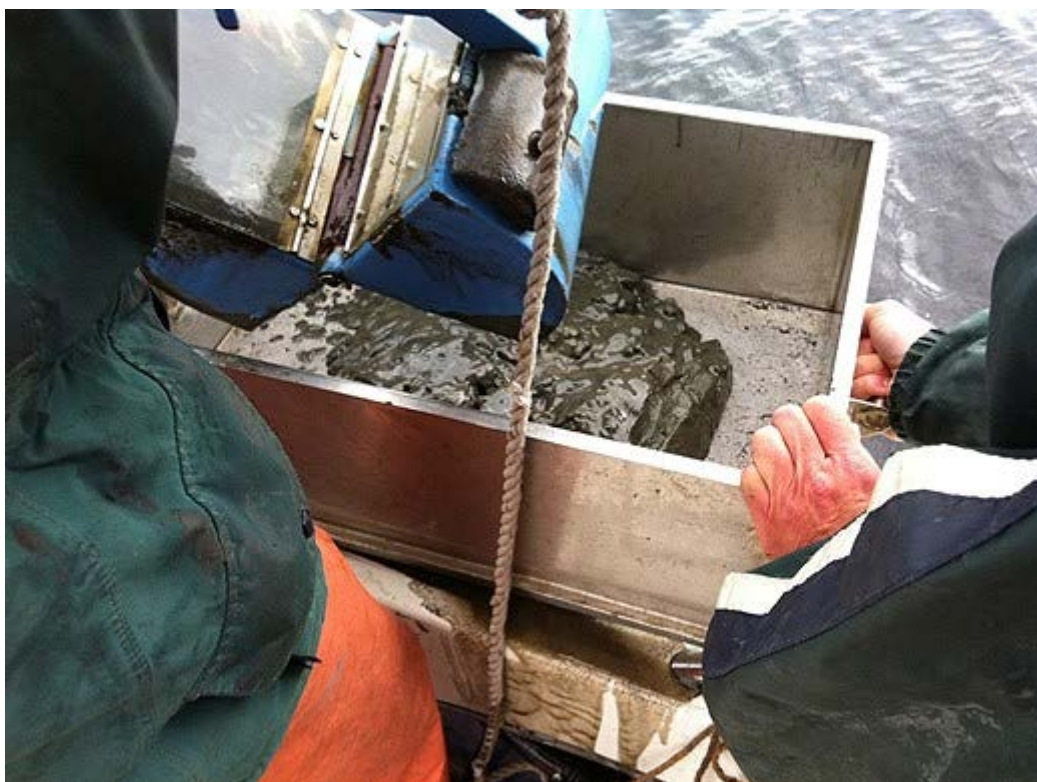
Figur 19. Daterad sedimentkärna från gårdarfjärden. Från Jonsson (2002).

## Bottenfauna

Bottenfauna insamlades genom att ytsediment silades genom ett 1 mm såll (Fig. 20-21). Ytsediment insamlades med ponarhämtare (Figur 3) eller med van Veen-hämtare. Från det kvarvarande materialet plockades djur ut och frystes in för att senare analyseras med avseende på PCDD/F-innehåll. Från vart och ett av undersökta områdena gjordes också en grov skattning av dominerande taxa/arter. Provtagning skedde på samtliga lokaler under hösten 2009 och upprepades i Norrsundets recipient vår och höst 2010.



**Figur 20.** Insamling av bottenfauna med van Veen-hämtare och säll. På bilderna syns ishavsgråsugga (*Saduria entomon*), havsborstmask (*Marenzelleria*), östersjömussla (*Macoma Baltica*) och fjädermygglarv (*Chironomus*).



**Figur 21.** Foto Mikael Sjäddell.

## Fisk

15-20 cm stora abborrar fångades i nät på respektive provlokal. Provtagning skedde 2009 i Norrsundets och Iggesunds recipienter samt referenslokaler under hösten 2009 och upprepades i Norrsundets recipient hösten 2010 samt hösten 2011. I övriga lokaler skedde fiskfångst hösten 2011. För varje analys bereddades ett samlingsprov med muskel från 5 individer som djupfrystes före extraktion och analys. Från Norrsundet 2009 bereddades ett triplikat av samlingsprover.



## Plankton

Zooplankton samlades in i september 2009 i Norrsundets och Iggesunds recipienter samt referenslokaler med hjälp av en zooplanktonhåv som bogserades i vattnet under ett par timmars tid i respektive kustområde. Den blandning av vatten och plankton som fanns kvar i håven efter trålningen samlades upp och frystes in. Proverna tinades sedan upp i laboratoriet och den fasta provmängden samlades upp i ett nylonnät. Det fasta materialet fingraskades och algrester plockades försiktigt bort. Mikroskopisk artbestämning av plankton gjordes innan kemisk extraktion och analys av PCDD/F.

## Vatten

Halter av PCDD/F i vatten har i detta projekt mätts med hjälp av passiva jämviktsprovtagare – i detta fall silikon och POM (polyoxymetylen) – som suttit ute i recipienten i ett antal månader för att uppnå jämvikt med vattenfasen. Silikonslangar sattes ut i de Norrsundets och Iggesunds recipienter och referenslokaler i slutet av maj 2009 (fyra lokaler). Två av dessa togs upp i början av september, ca 100 dygn efter utsättning, och två återfanns ej vid samma tillfälle. Därefter sattes ytterligare passiva provtagare i form av silikon (Iggesund, Norrsundet, Axmarfjärden, Norbergfjärden) och i maj 2010 sattes POM-remsor ut i Norrsundet och Axmarfjärden. I maj 2011 hämtades passiva provtagare in. De passiva provtagarna fästades på en förankrad rigg (**Fig. 22**).



**Figur 22.** Silikonslang och POM-remsa färdig för utsättning utanför Norrsundet.

Uppmätta koncentrationer i de passiva provtagarna kan enkelt jämföras mellan lokaler eller över tid för att få en relativ uppfattning om biotillgängliga koncentrationer i vattnet. Om jämviktskonstanter finns kan även absoluta koncentrationer i vattenfasen bestämmas.

## Analys

Kemiska analyser har genomgående utförts av ALcontrols laboratorier i Linköping. Ett par analyser av fisk i Norrsundet har emellertid utförts av Umeå universitet. Skälet för att också använda Umeå var att systematiska skillnader alltid förekommer mellan laboratorier, och att vi ansåg att jämförelser med tidigare studier var betydelsefulla i Norrsundets recipient.

POM-analyser genomfördes av Stockholms universitet.

För att beräkna totalekvivalenter, TEQ, har den WHO-TEF-skala som visas i **Tabell 3** använts.

**Tabell 3.** Använd skala för omräkning till WHO-TEQ.

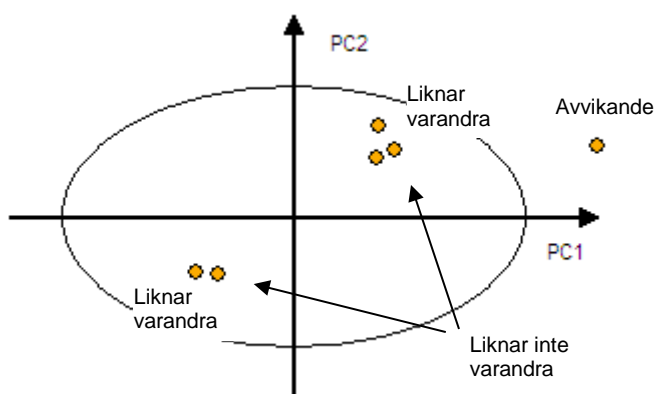
Kongen	WHO-TEF
2378-TeCDD	1
12378-PeCDD	1
123478-HxCDD	0,1
123678-HxCDD	0,1
123789-HxCDD	0,1
1234678-HpCDD	0,01
OCDD	0,0001
2378-TeCDF	0,1
12378-PeCDF	0,05
23478-PeCDF	0,5
123478-HxCDF	0,1
123678-HxCDF	0,1
123789-HxCDF	0,1
234678-HxCDF	0,1
1234678-HpCDF	0,01
1234789-HpCDF	0,01
OCDF	0,0001

## PCA

Det kan vara svårt och tidskrävande att få en bra överblick över, och relevant information om, stora dataset. En stor del av informationen handlar ofta om samvariation mellan de olika parametrarna av intresse. Ett sätt att angripa problemet är att använda sig av PCA (Principal Component Analysis). PCA är ett sätt att reducera antalet dimensioner i data genom att projicera ner data på ett fåtal s.k. principalkomponenter som beskriver så mycket som möjligt av variationen och därmed förenkla analysen. Med hjälp av PCA kan information fås om vilka variabler som är viktiga för det undersökta systemet, vilka variabler som är korrelerade, hur proverna är grupperade och vilka prover som avviker markant från övriga. Det antal principalkomponenter som behövs för att förklara den systematiska variationen i data motsvarar antalet oberoende variationskällor i data.

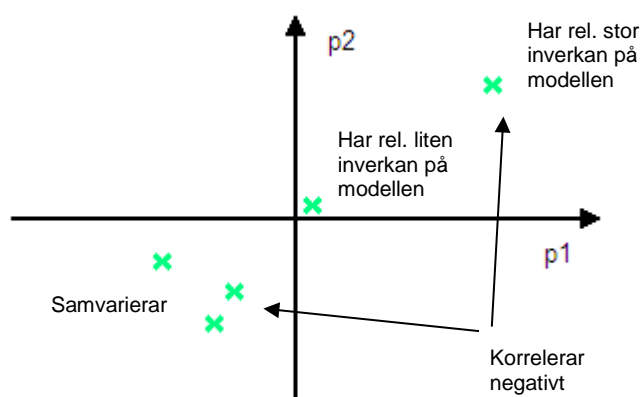
## Tolkning av modellerna

Två typer av diagram som kan användas för att extrahera information om variablerna och proverna är scorediagram och loadingdiagram. I ett scorediagram kan man se provernas positioner i det nya koordinatsystemet som principalkomponenterna bildar. Med hjälp av detta diagram kan relationen mellan proverna studeras samt identifiering av grupperingar och avvikande prover. Prover som ligger nära varandra liknar varandra medan prover som ligger långt från varandra är mer olika varandra. I **Figur 23** visas ett exempel på ett scorediagram.



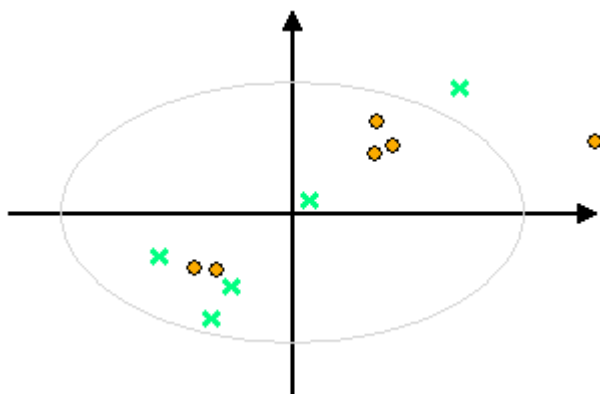
**Figur 23.** Exempel på ett scorediagram där de tre proverna som grupperar sig uppe till höger har liknande egenskaper och där de två proverna som finns i nedre vänstra hörnet också liknar varandra. Dessa två grupper av prover har motsatta egenskaper. Provet längst ut till höger kan ses som ett avvikande prov (outlier).

Loadingdiagrammet visar relationen mellan variablerna; variabler som ligger nära varandra samvarierar. Loadingdiagrammet beskriver också variablernas inverkan på de principalkomponenter som man studerar; ju längre ut på axlarna en variabel befinner sig desto större inverkan har den på modellen. I **Figur 24** visas ett exempel på ett loadingdiagram.



**Figur 24.** Exempel på ett loadingdiagram. De tre variablerna i nedre vänstra hörnet samvarierar, variabeln nära origo har liten påverkan på modellen och variabeln uppe i högra hörnet korrelerar negativt med de tre variablerna i nedre vänstra hörnet och har relativt stor påverkan på modellen.

Genom att jämföra score- och loadingdiagrammen kan information erhållas om vilka variabler som karakteriserar de respektive grupperna bland objekten. Detta illustreras i **Figur 25** nedan.



**Figur 25.** Exempel på scorediagram och loadingdiagram ovanpå varandra, en s.k. biplott. De två proverna i nedre vänstra hörnet har höga värden på de tre variablerna i dito och låga värden på variabeln i det övre högra hörnet. Motsatt förhållande gäller för de tre variablerna i det övre högra hörnet.

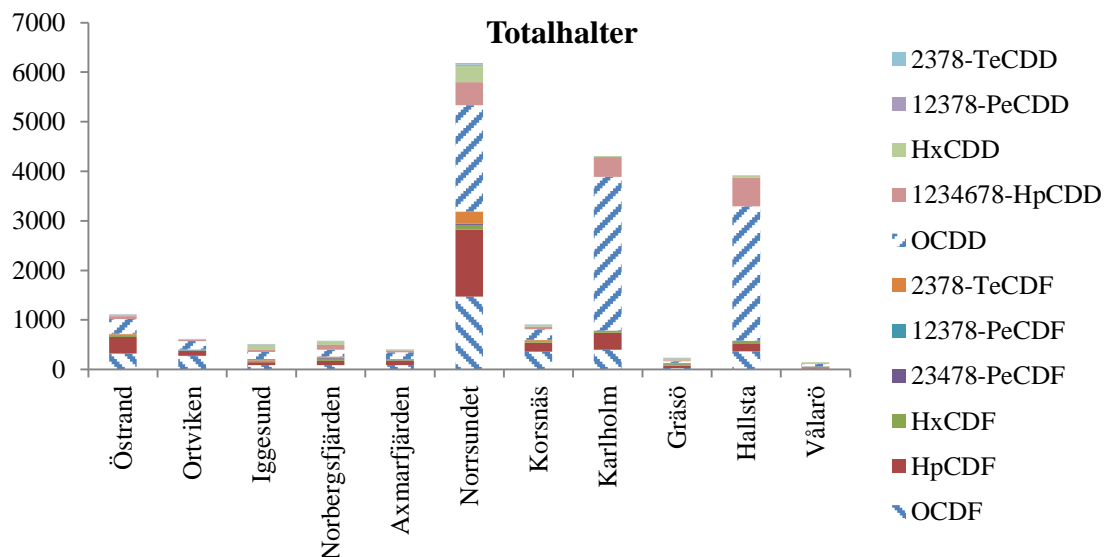
## Resultat

Tabeller med resultat från kemiska analyser redovisas i Bilaga 2.

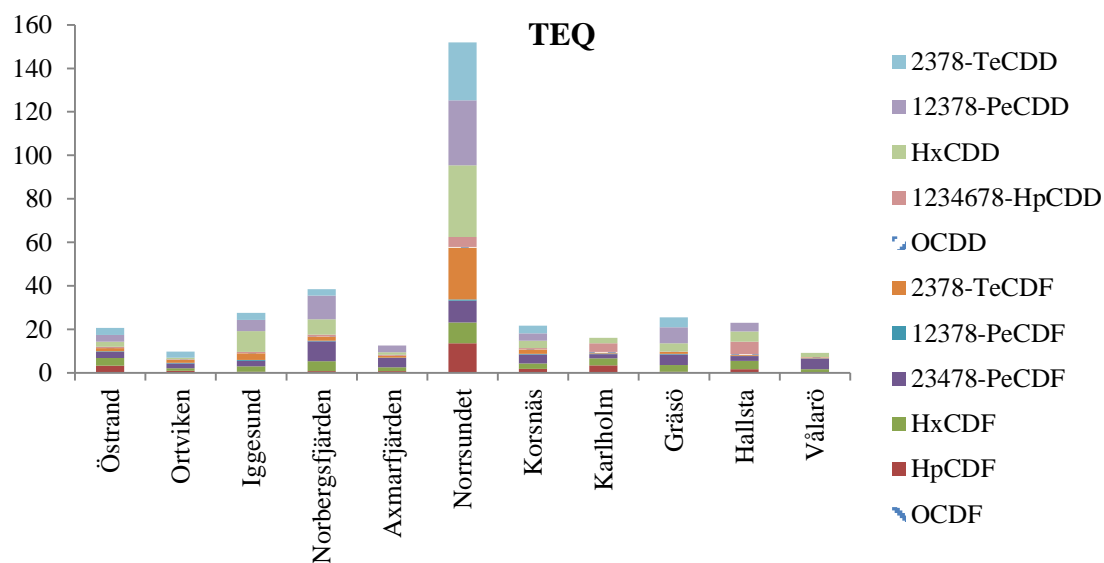
## Sediment

En jämförelse av genomsnittliga halter i ytsediment från de olika lokalerna redovisas i **Figur 26**. Två stationer utanför Wifsta respektive Skönvik i närheten av Östrands fabrik har uteslutits ur medelvärdena då de sannolikt inte är representativa för området. Inte heller har prover från gradientstudien i Iggesund inkluderats, utan enbart prover från Gårdfjärden ingår.

a)



b)



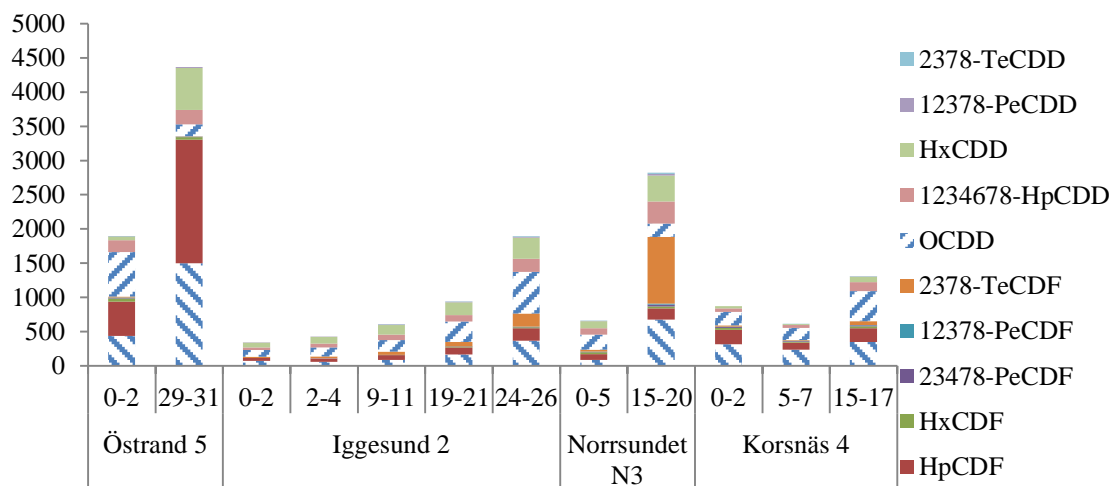
**Figur 26.** Genomsnittliga halter (pg/g ts) i sediment av PCDD/F. a) Totalhalter och b) TEQ.

För varje lokal visas summan av 2378-substituerade kongener, där hexaklorerade och heptaklorerade kongener slagits ihop för överskådligens skull. Pentaklorerade kongener har dock redovisats var för sig då de har olika betydelse för toxiciteten och för förståelsen av dioxinproblematiken i Bottenhavet (se vidare diskussionsavsnittet i slutet av rapporten).

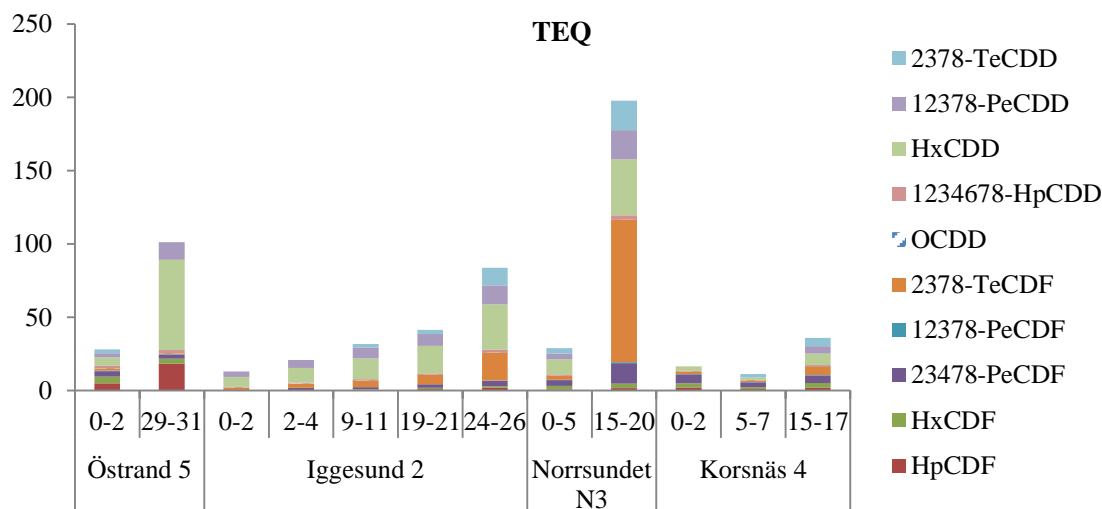
Notabelt är att Norrsundet, Karlholm och Hallsta uppvisar höga totalhalter, medan Norrsundet ensam sticker ut när toxiciteten fokuseras som TEQ-värden. Höglorerade kongener dominerar profilerna i de flesta fall, medan toxiciteten (bidrag till TEQ) främst domineras av hexa- och pentaklorerade kongener, samt i några fall 2378-TeCDF. 2378-TeCDF har klassiskt förknippats med klorgasblekning och syns tydligast utanför Norrsundet, samt antytt förhöjt vid Korsnäs och Iggesund. Kongenen förekommer även utanför Östrand och Ortviken liksom i Norbergsfjärden, lokaler med viss geografisk närhet.

I några sedimentkärnor kan vi jämföra dagens halter med historiska halter. De fall där detta kan göras visas nedan i **Figur 27**.

a)



b)

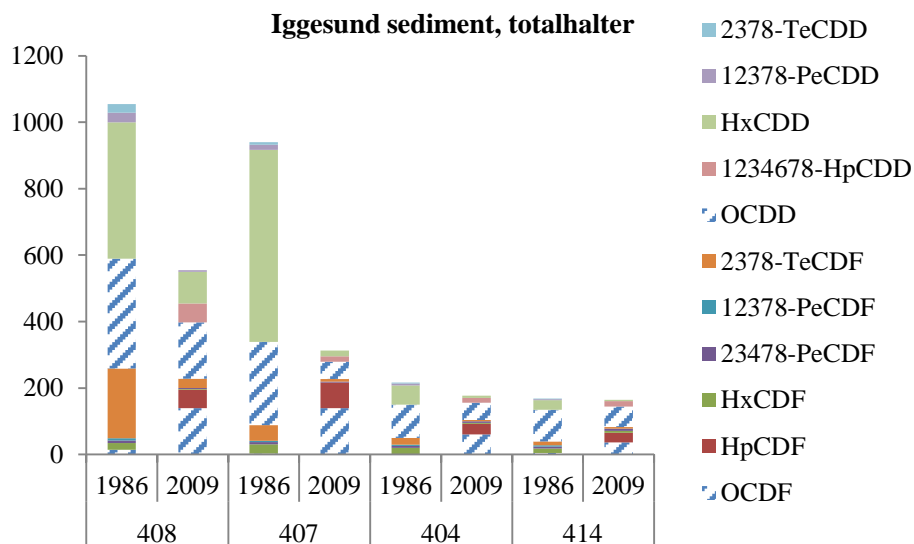


**Figur 27.** Jämförelser av PCDD/F på olika djup i ett antal kärnor. a) Totalhalter och b) TEQ.

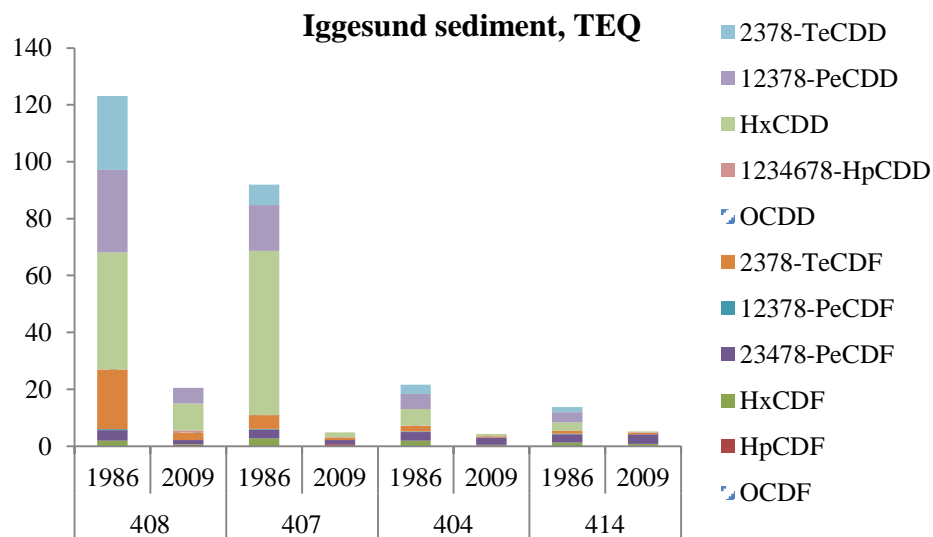
Det går inte att utan närmare kunskap om sedimentationsförhållanden avgöra hur gamla de djupare sedimentlagren i profilerna är. Det är dock entydigt att halterna är lägre vid ytan som speglar dagens förhållanden jämfört med de äldre lagren. Sedimentationen i Iggesund 2 är ca 1 cm/år vid ytan (Jonsson, 2002) vilket givet viss kompaktion en bit ned i kärnan innebär att den djupast analyserade nivån är avsatt omkring mitten på 1970-talet. Återigen utmärker sig Norrsundet gällande TEQ jämfört med övriga provpunkter. Sedimenten utanför Östrand har en avvikande kongenprofil och det bör i sammanhanget noteras att provet är taget i fiberbanken utanför Wifstavarvs pappersbruk, och alltså ej i anslutning till Östrands massafabrik.

En gradientstudie utanför Iggesund med samma stationer inkluderade som Jonsson et al. (1993) använde i en liknande studie drygt 20 år tidigare (1985-1986) visar också på minskande halter med tiden (**Fig. 28**).

a)



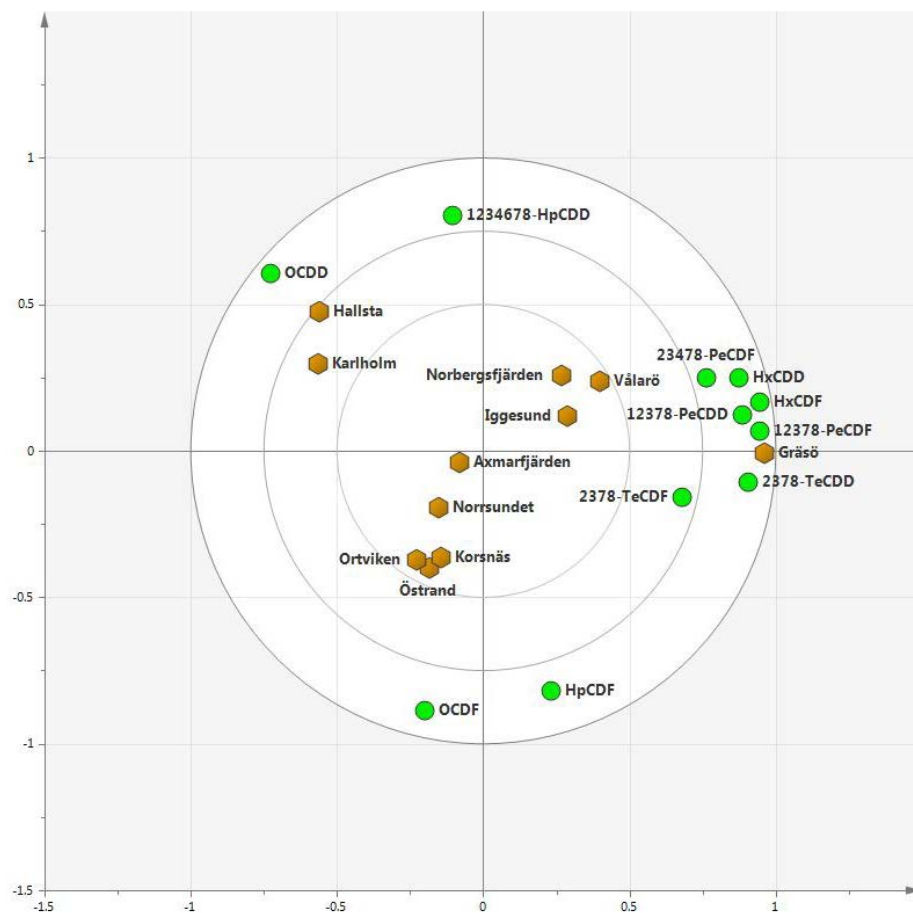
b)



**Figur 28.** Uppmätta halter av PCDD/F i en gradient utanför Iggesund 1986 (Rappe et al., 1987) respektive 2009 (från denna studie) redovisat som a) totalhalt och b) WHO-TEQ. Avståndet mellan punkterna och Iggesunds bruk är 4 km (408), 9 km (407), 16 km (404) respektive 29 km (414).

Kongenmönstret för de olika lokalerna har även analyserats med PCA för se eventuella mönster och samband i data. I denna analys har de relativa kongenhalterna i medelkoncentrationerna för sedimenten i respektive område använts. I **Figur 29** visas de olika lokalerna och kongenerna tillsammans.





Figur 29. Lokaler och kongener i en biplott från PCA.

Närliggande lokaler har i vissa fall liknande kongensammansättning och de har högre halter av de kongener de ligger nära i figuren. T.ex. har Hallsta och Karlholm högre relativa halter av OCDD jämfört med övriga lokaler. Det framgår av figuren att det är en stor spridning i kongenmönstret för de olika lokalerna och inga generella trender kan noteras. Dock har vissa lokaler (Ortviken, Östrand och Korsnäs) liknande kongensammansättningar i sedimenten.

## Bottenfauna

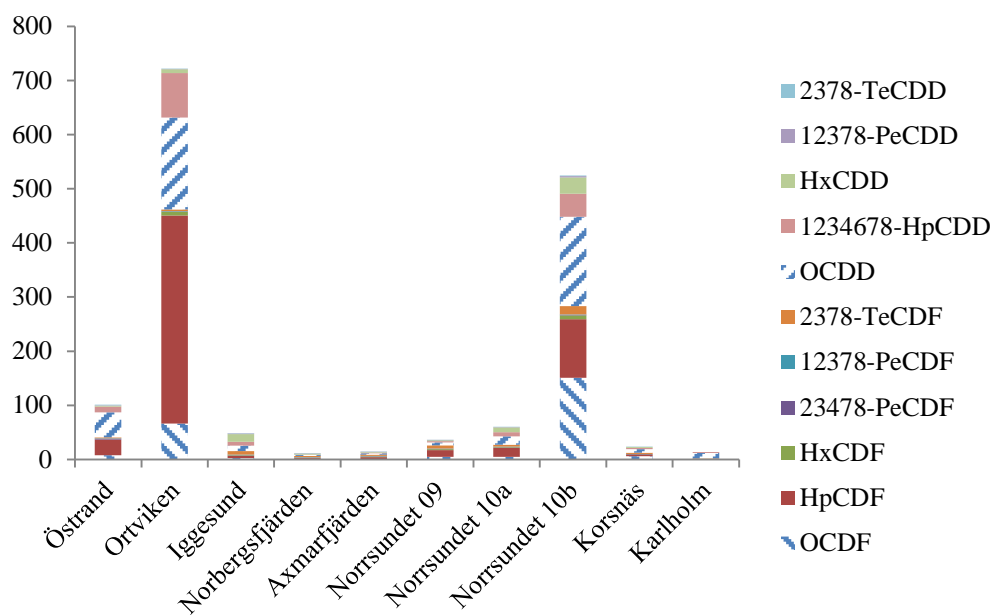
Från vart och ett av de undersökta områdena gjordes en grov skattning av dominerande taxa/arter (Tab. 4). Vid undersökningarna 2009 var sammansättningen av bottenfauna likartad i tre av undersökningsområdena medan Iggesund avvek såtillvida att havsborstmask av släktet *Marenzelleria* var förhållandevis vanlig. Denna till Östersjön invaderande art är tolerant och har ökat sin utbredning avsevärt under senare år och dominerar ofta i områden som under senare tid gått från anoxiska till oxiska förhållanden (Karlsson et al., 2010) Arten påträffades även vid flera av undersökningsområdena 2011. 2010 insamlades bottenfauna i Norrsundet vid två tillfällen. Vid undersökningarna 2011 samlades bottenfauna in vid fyra lokaler.

**Tabell 4.** Dominerande taxa av makroskopisk bottenfauna vid undersökningar 2010 och 2011.

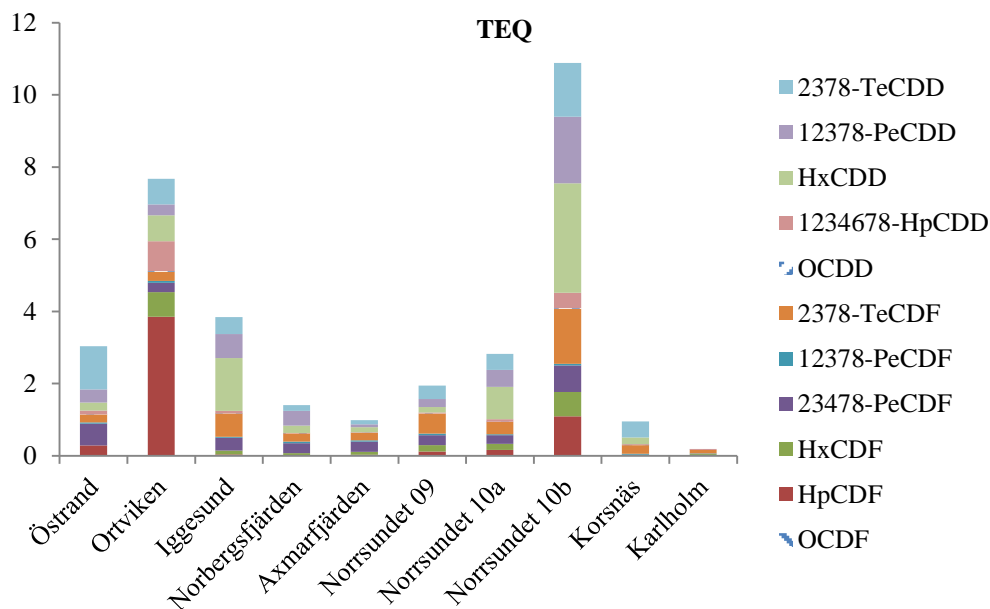
Lokal	Dominerande taxa
Iggesund 2009	<i>Marenzelleria</i> , <i>Macoma baltica</i>
Norbergsfjärden 2009	<i>Chironomus</i> , <i>Macoma baltica</i> , <i>Saduria entomon</i>
Axmarfjärden 2009	<i>Chironomus</i> , <i>Macoma baltica</i> , <i>Saduria entomon</i>
Norrsundet 2009	<i>Chironomus</i> , <i>Macoma baltica</i> , <i>Saduria entomon</i>
Norrsundet 2010a (vår)	<i>Chironomus</i>
Norrsundet 2010b (höst)	<i>Macoma baltica</i>
Ortviken 2011	<i>Macoma</i> , <i>Marenzelleria</i> , <i>Saduria entomon</i>
Östrand 2011	<i>Macoma</i> , <i>Marenzelleria</i> , <i>Saduria entomon</i> , <i>Monoporeia</i>
Karlholm 2011	Nattsländelarv samt märlkräfta ( <i>Gammarus</i> )
Korsnäs 2011	<i>Chironomus</i> , <i>Macoma</i> , <i>Marenzelleria</i>

I **Figur 30** visas halter av PCDD/F från de stationer där bottenfauna samlats in.

a)



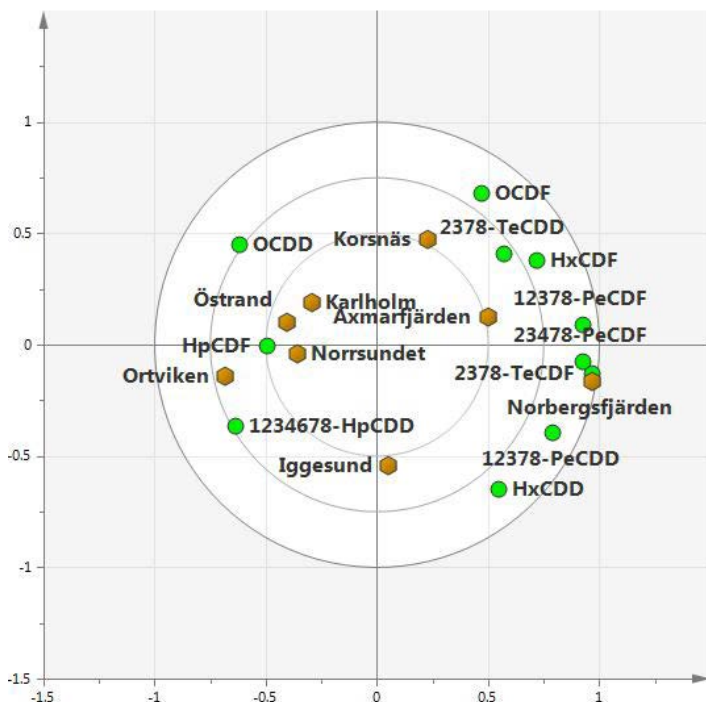
b)



**Figur 30.** Uppmätta halter (pg/g våtvikt) i bottenfauna av PCDD/F. a) Totalhalter och b) WHO-TEQ.

Det kan noteras att de prover som innehöll högsta halterna av PCDD/F innehöll *Macoma*. Detta skulle kunna vara en tillfällighet men är slående i Norrsundet där halterna i provet som innehöll denna art kraftigt överstiger övriga prover från samma lokal. Arten är en filtrerande organism som det är rimligt att tänka sig omsätter större mängder av finpartiklar än övriga arter.

För bottenfauna har även en PCA utförts liknande den för sediment. Resultatet presenteras i **Figur 31**.

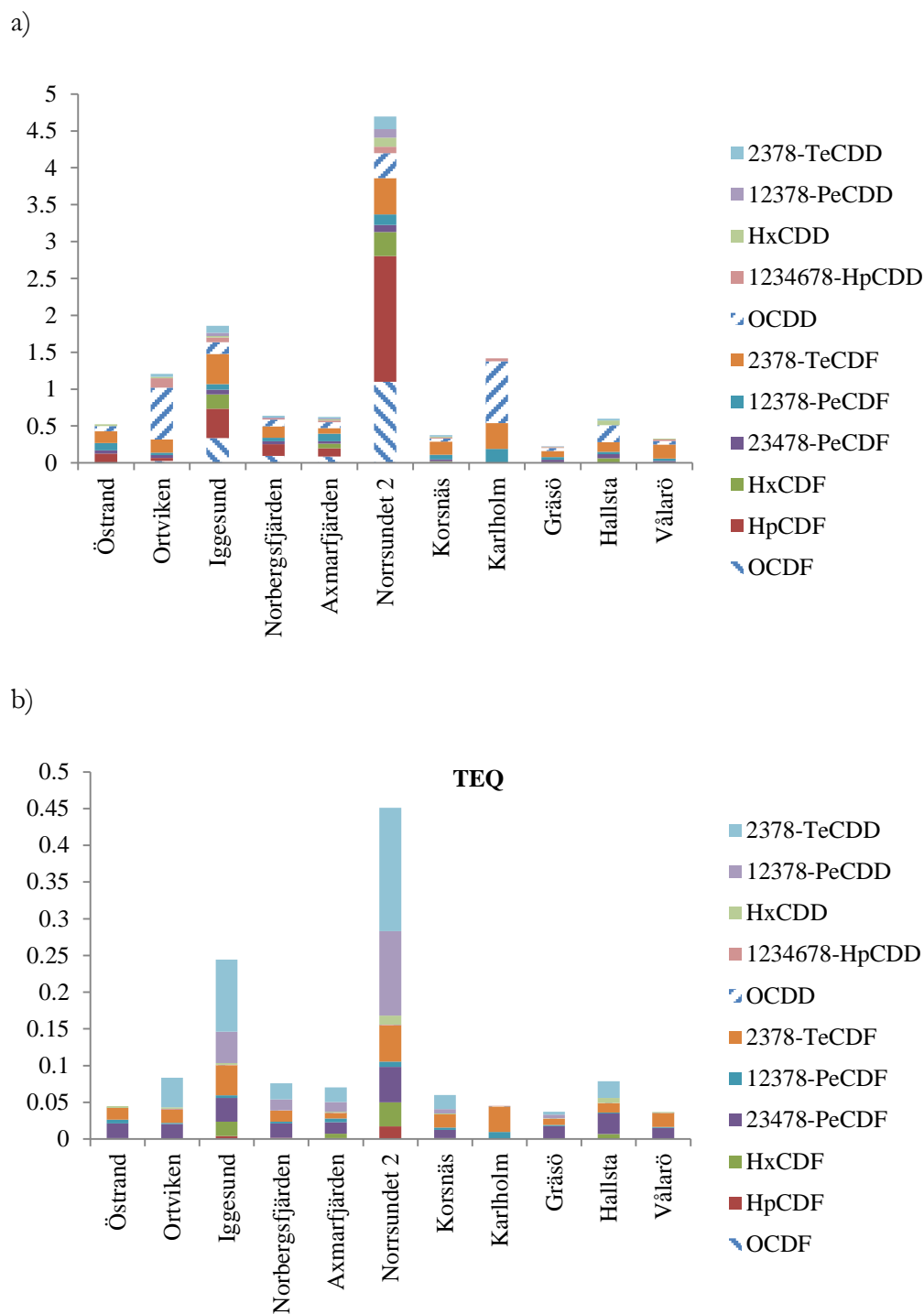


**Figur 31.** Variationen mellan kongener och bottenfauna från PCA.

Variationen mellan lokalerna är stor och de olika lokalerna är därmed spridda över hela figuren. De lokaler som ligger till vänster i figuren har högre relativa koncentrationer i av HpCDF och lägre av de kongener vilka befinner sig till höger i figuren.

## Fisk

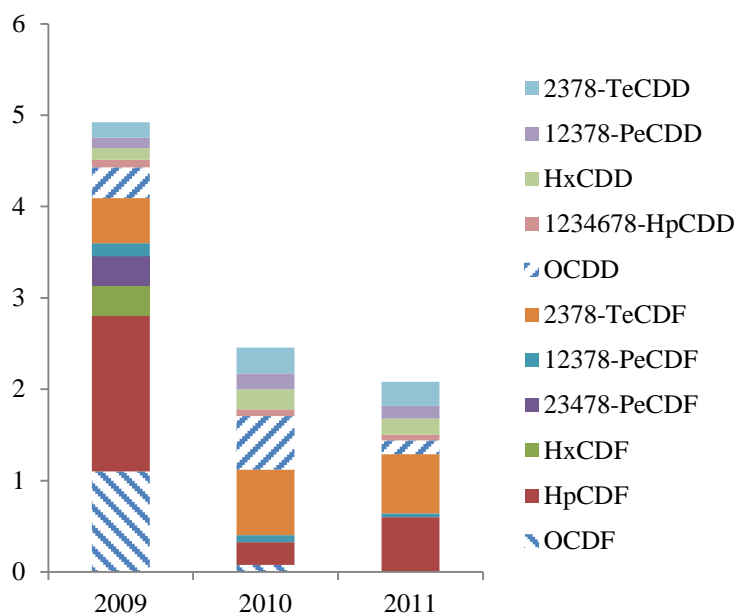
En jämförelse av uppmätta halter av PCDD/F i abborre visas nedan i **Figur 32**. För Norrsundet där ett antal fiskprover analyserats avser jämförelsen 2009. De högsta totalhalterna noterades i Norrsundet, Iggesund, Karlholm och Ortviken. Avses TEQ så uppvisar Norrsundet den avgjort högsta halten, följt av Iggesund.



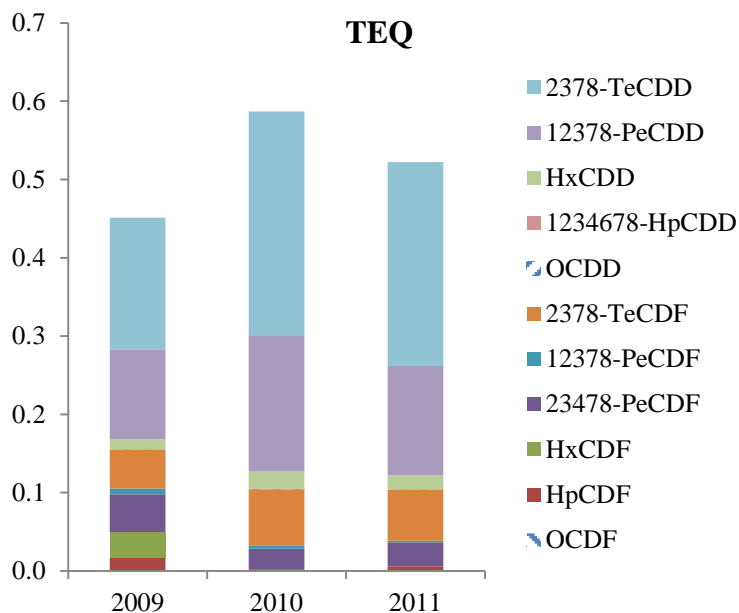
Figur 32. Uppmätta halter av PCDD/F (pg/g våtvikt) i abborre. a) Totalhalter och b) WHO-TEQ.

Tidsutvecklingen i Norrsundet under denna studie visas i **Figur 33**. Det kan konstateras att totalhalterna minskat över tid, medan de kongener som i huvudsak bidrar till toxiciteten ligger relativt stabilt vilket gör att TEQ inte minskar 2009-2011.

a)

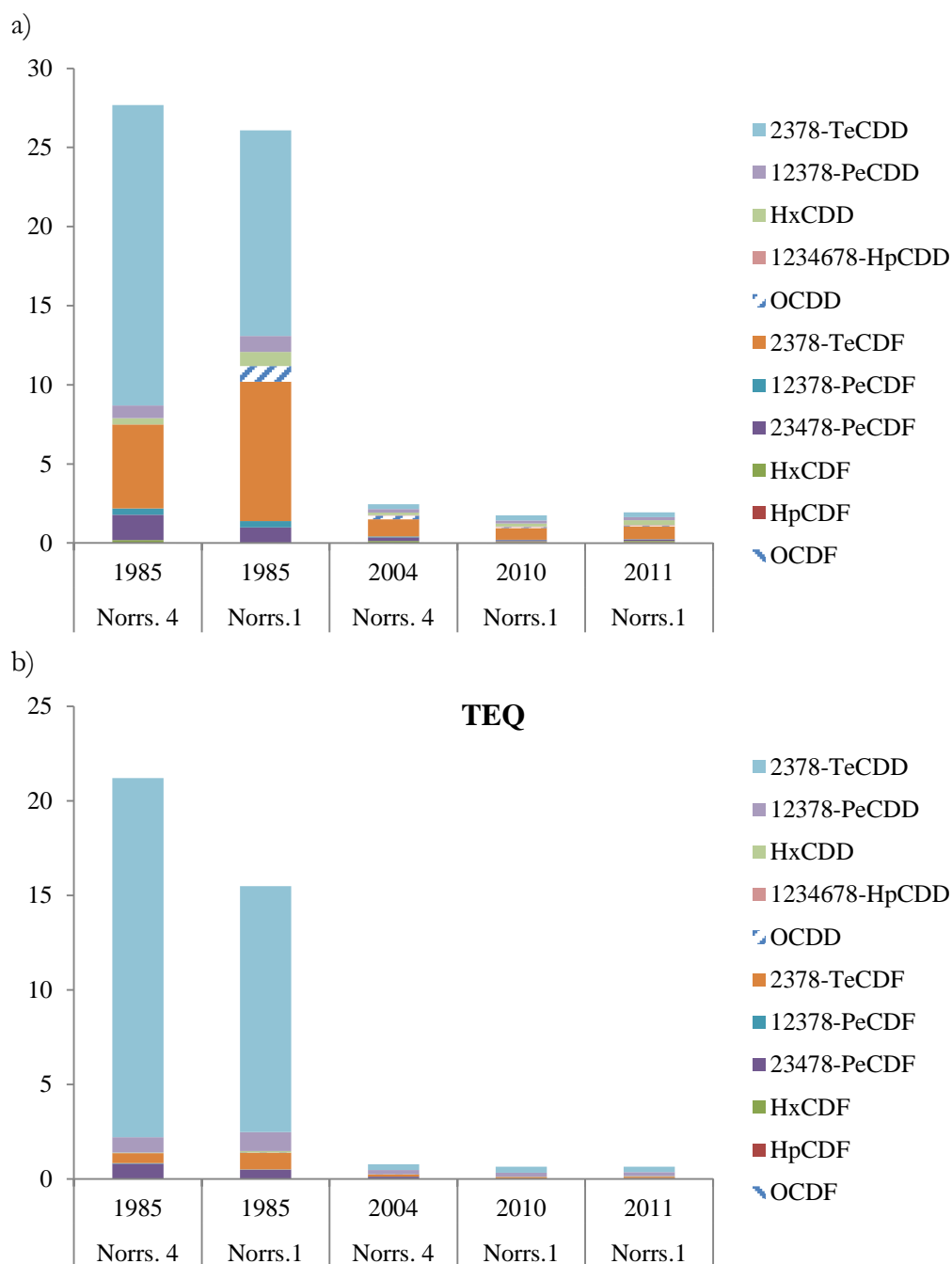


b)



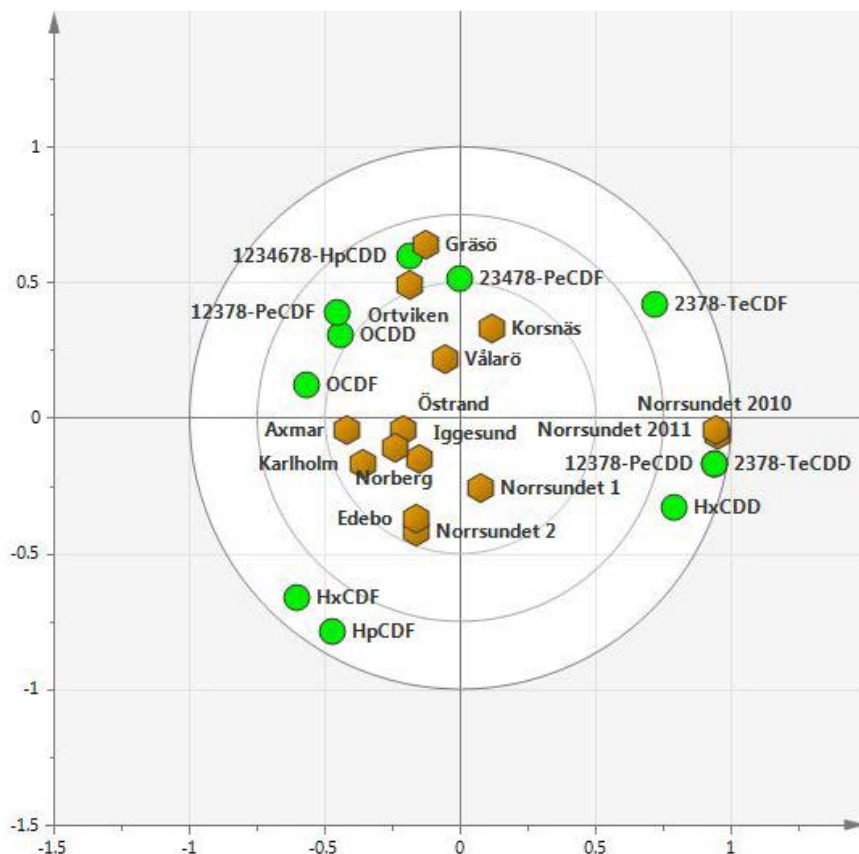
**Figur 33.** Tidsutveckling 2009-2011 av PCDD/F hos abborre (pg/g våtvikt). a) Totalhalter, b) TEQ

I **Figur 34** visas en längre tidsstudie där data från tidigare studier inkluderats. För jämförbarhetens skull använder vi analysresultat från Umeå universitets laboratorium i alla prover, då detta laboratorium använts även i tidigare undersökningar. Observera att äldre studier delvis använt en annan provpunkt ("Norr. 4") som ligger längre bort ifrån Norrunds fabrik.



**Figur 34.** Jämförelse mellan halter av PCDD/F i abborre 1985-2011. Halter 1985 från Södergren (1989). Halter 2004 från Olsson et al. (2005). a) Totalhalter, b) TEQ.

För fiskdata har en PCA utförts på relativa koncentrationer av kongenerna. I **Figur 35** visas hur de olika fångstlokalerna relaterar till de olika kongenerna.



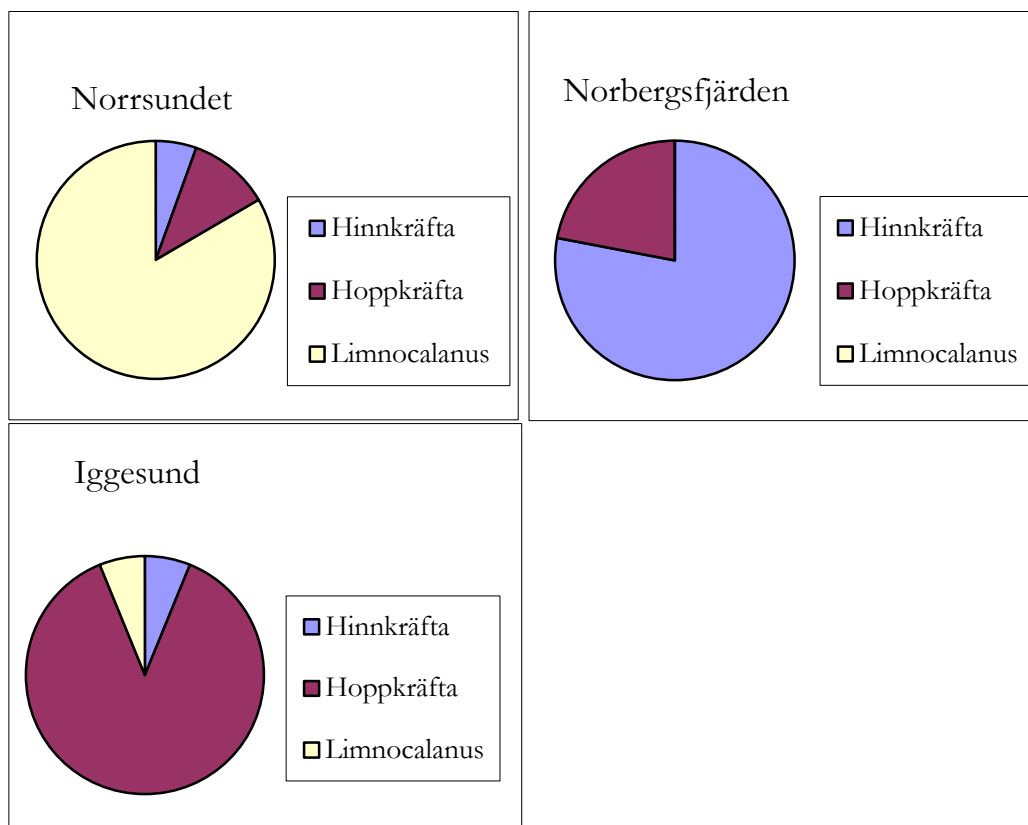
**Figur 35.** Samvariationen mellan kongener och relativa koncentrationer i fisk från PCA

I denna analys ses att proverna från Norrsundet 2010 och 2011 skiljer sig från resterande prov beroende på högre relativa halter av kongenerna 2378-TeCDD, HxCDD och 2378-TeCDF. I övrigt syns inga tydliga mönster som tycks relatera till exempelvis geografiskt läge eller närhet till punktkällor.

## Plankton

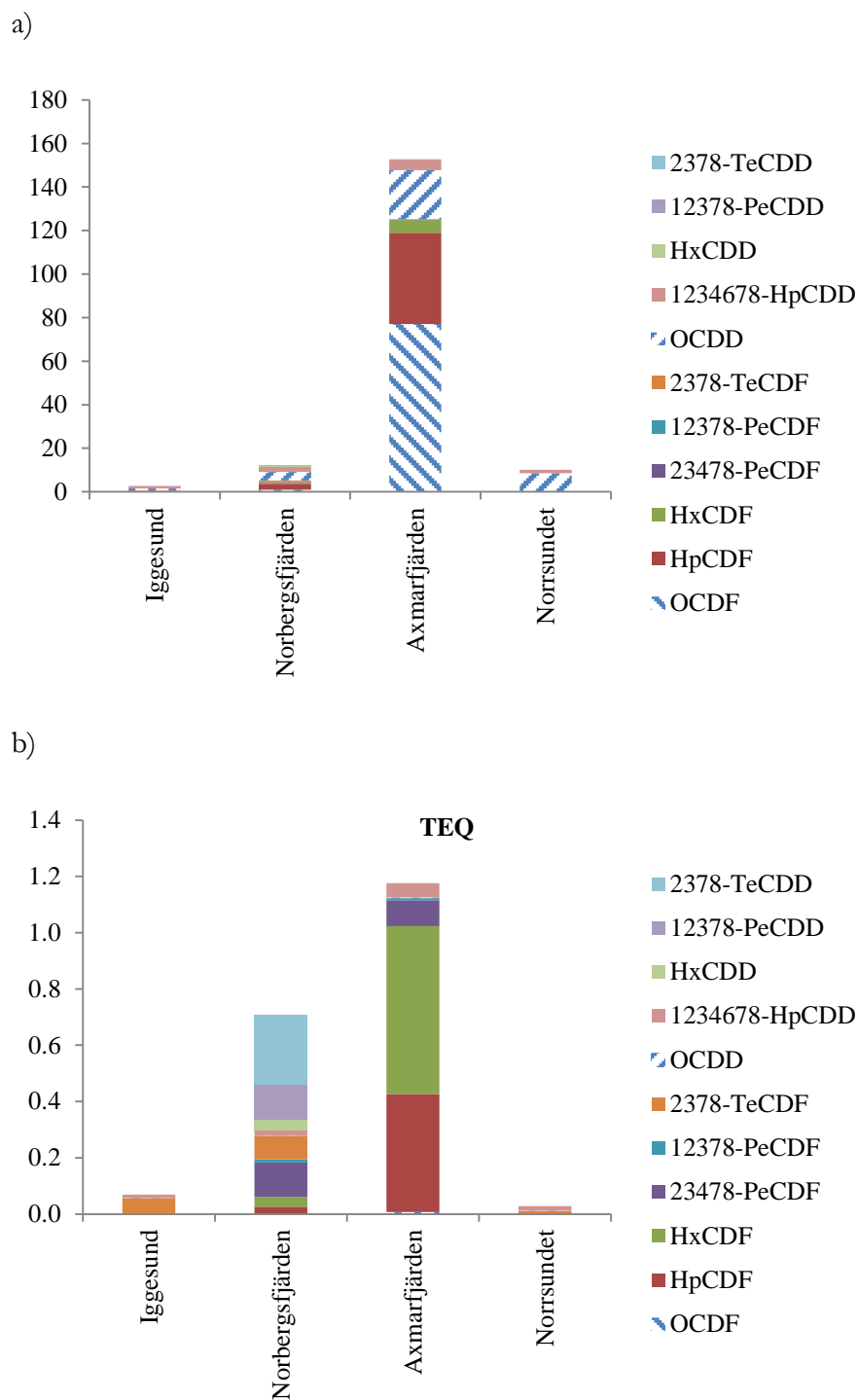
Den fasta fraktionen från Norrsundet, Norbergsfjärden och Axmarsfjärden var visuellt rena zooplanktonfraktioner. Det filtrerade materialet från Iggesund innehöll uppskattningsvis 50 % zooplankton och 50 % växtplankton. Sammansättningen av taxa framgår i **Figur 36** för respektive lokal. Artbestämning av zooplankton från Axmarsfjärden gick inte att göra då organismerna deformerades kraftigt vid infrysningen.





Figur 36. Taxonomisk sammansättning av plankton.

Analyser av PCDD/F i zooplankton visas i **Figur 37**. I figuren har blanknivåer subtraherats då dessa till skillnad från övriga matriser var jämförbara med nivåerna i proven. Data visar inte på förhöjda halter i industrirecipienterna relativt referenslokalerna.

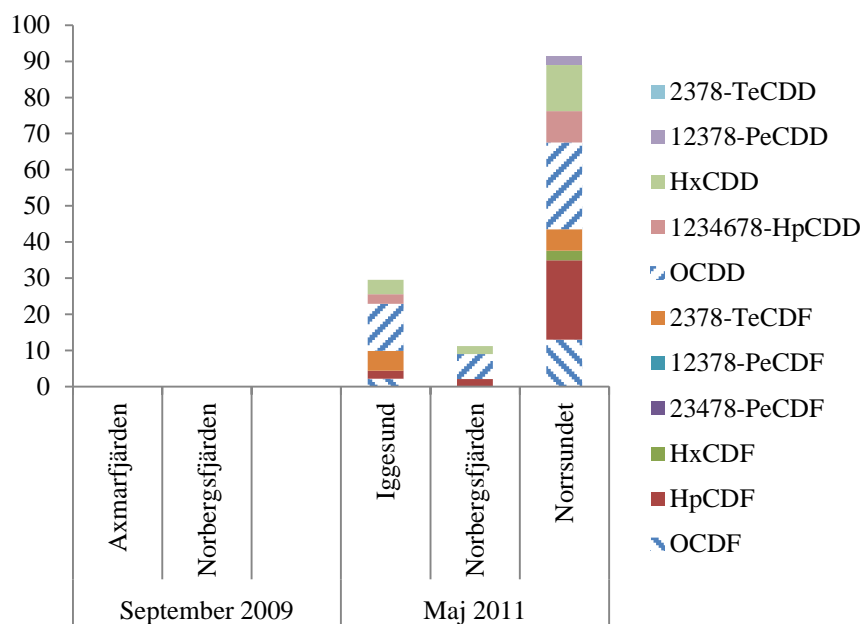


Figur 37. Halt och sammansättning av PCDD/F i zooplankton, a) totalhalter i pg/g våtvikt och b) WHO-TEQ.

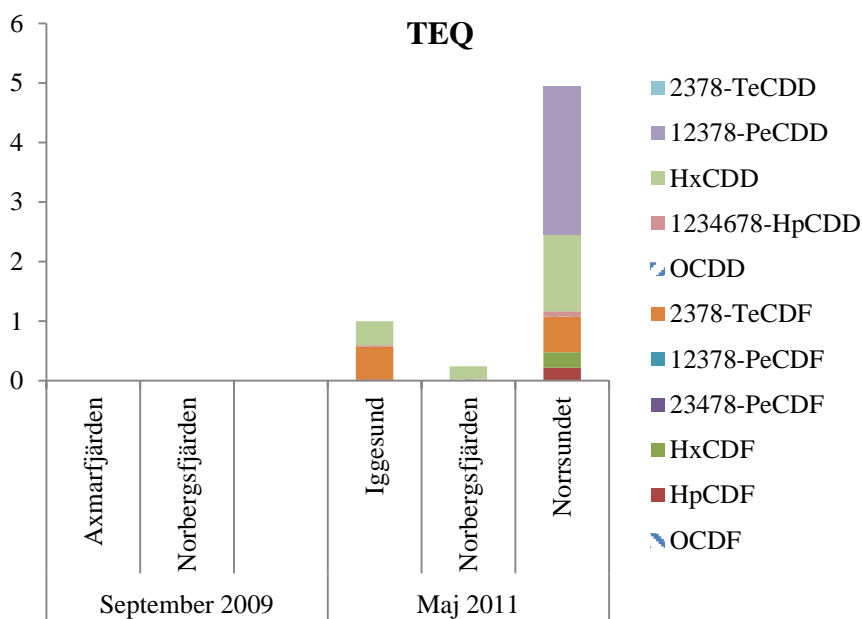
## Vatten

Totala mängder i silikon visas i **Figur 38**. Proverna hämtades in efter ca 100 dagar (september 2009) samt efter ett år (maj 2011).

a)



b)

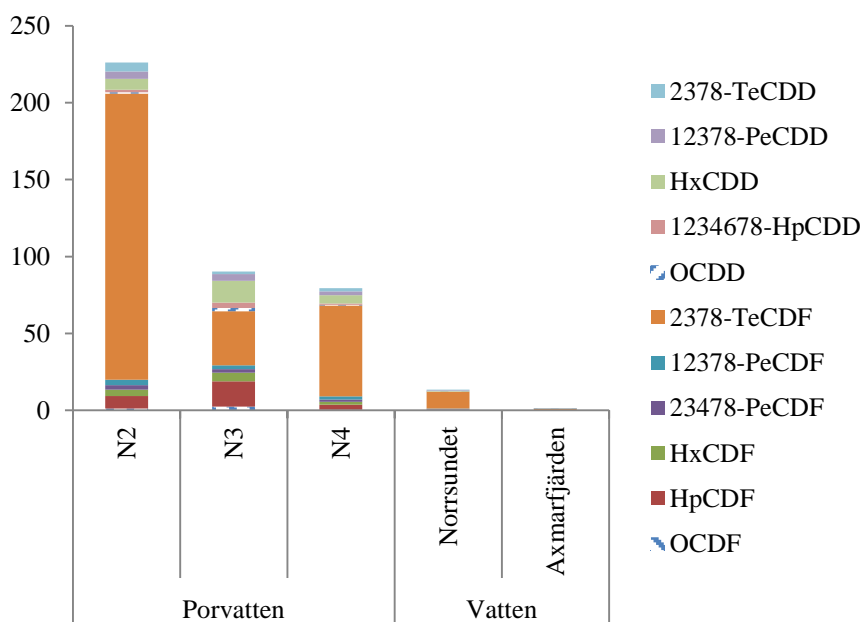


**Figur 38.** Mängder (ng total) av PCDD/F i silikon insamlade i september 2009 och maj 2011. a) Totalhalter, b) TEQ.

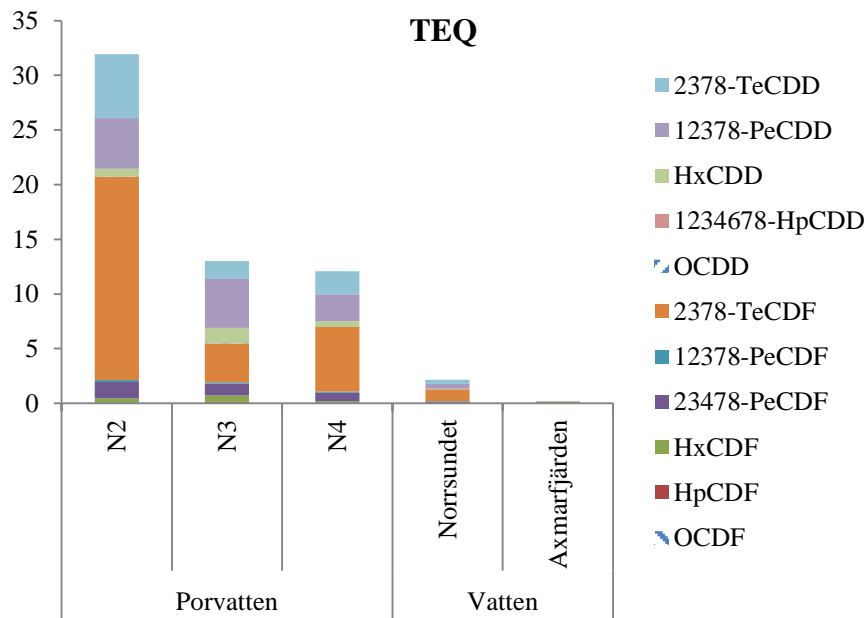
Mätningarna från 2009 visar ingen detektion vilket tyder på att provtagarna satt ute för kort tid. Halterna i vatten uppmätta i maj 2011 visar däremot på ett mönster som är konsistent med vad som uppmättes i fisk, nämligen en förhöjd halt i industrirecipienter (Norrundet och Iggesund) relativt referenslokal (Norbergfjärden), och liksom för fisken högsta halten i Norrsundet.

I **Figur 39** visas koncentrationer i sedimentens porvatten samt i vattenkolumnen beräknat utifrån halter i POM. I Figuren framgår att halterna i sedimentens porvatten är betydligt högre än i vattenpelaren, vilket talar för att sedimenten fungerar som en källa till vattnet.

a)



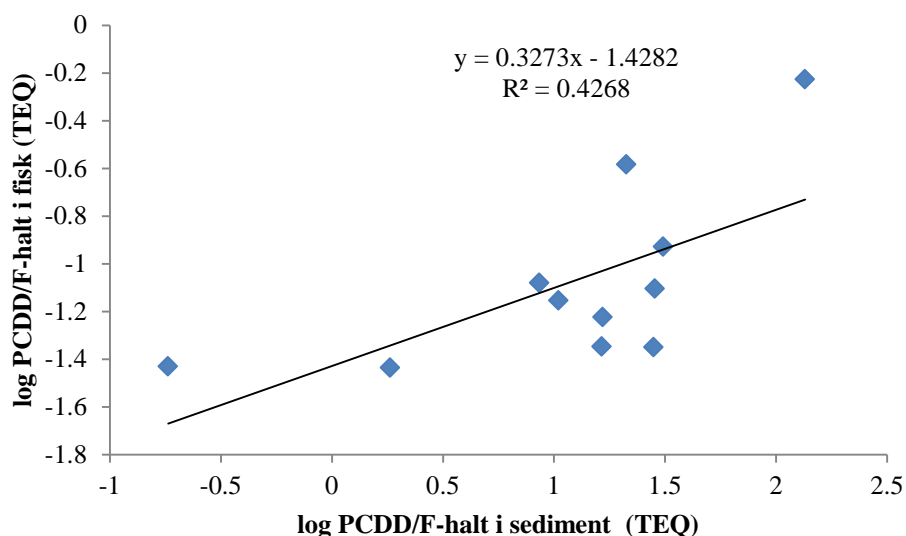
b)



**Figur 39.** Koncentrationer ( $\text{pg}/\text{m}^3$ ) i sedimentens porvatten samt i vattenpelare beräknat utifrån POM-halter. Halter beräknade med hjälp av jämviktskonstanter (Sobek et al., 2012) a) Totalhalter samt b) TEQ.

## Jämförelser sediment, bottenfauna och fisk

En tydlig indikation på att de PCDD/F-halter som uppmäts i sediment speglar de PCDD/F-halter som ekosystemet exponeras för och sedermera uppmäts i fisk framgår av **Figur 40** där logaritmerade halter i sediment plottats mot halter i fisk från samtliga undersökta områden. Ett ännu starkare samband erhålls om icke-logaritmerade halter plottas mot varandra ( $r^2 = 0,85$ ) men denna regression är starkt beroende värdena från en lokal (Norrundet) varför den mer robusta log-log regressionen valts att presenteras.



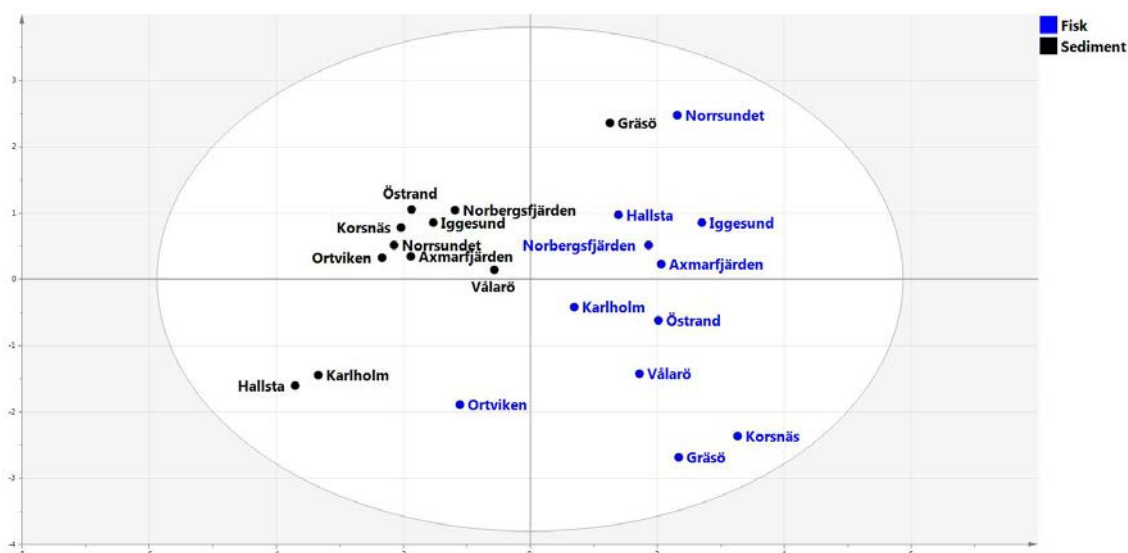
**Figur 40.** Logaritmerade PCDD/F- halter i sediment plottade mot korresponderade logaritmerade halter i fisk, n=11.

I **Tabell 5** framgår att korrelationer mellan enskilda kongener varierar i styrka mellan matriserna. Tydligast korrelationer generellt föreligger för 12378-PeCDD och 2378-TCDF vilka båda sannolikt härrör från lokal påverkan. Kongener som normalt förknippas med atmosfärisk deposition såsom OCDD och 23478-PeCDF uppvisar otydliga eller rentav negativa samband mellan sediment, bottenfauna och fisk. Det är viktigt att betrakta mängden ingående data i korrelationerna, vilken anges inom parentes i tabellen.

**Tabell 5.** Korrelationer mellan enskilda kongener i olika matriser (Sediment, BF=bottenfauna, fisk). Antal ingående data inom parentes.

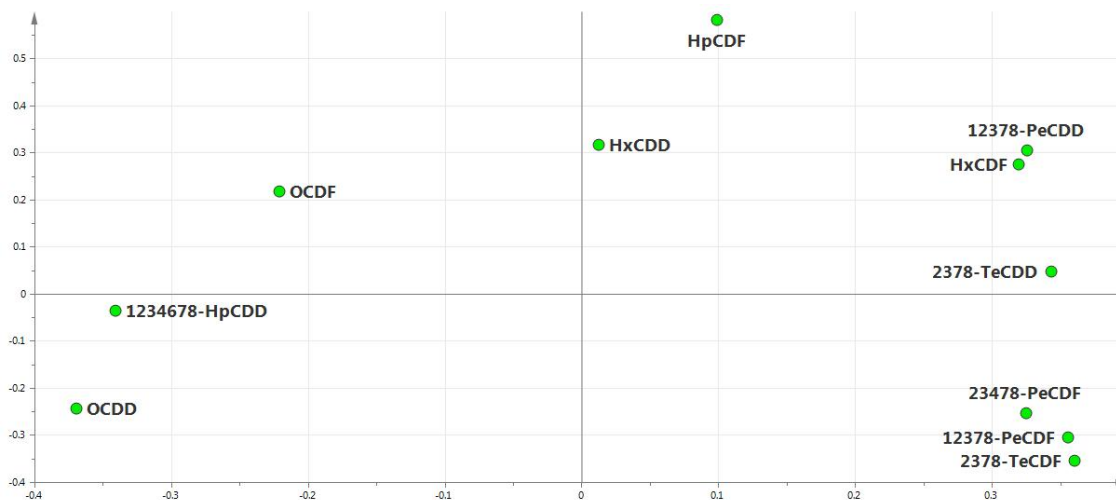
	Sed-BF	Sed-Fisk	BF-Fisk
2378-TCDD	0,20(7)	0,83(7)	0,67(7)
12378-PeCDD	0,73(6)	0,90(6)	0,84(6)
123478-HxCDD	-0,47(4)		
123678-HxCDD	0,72(7)	0,81(9)	0,63(7)
123789-HxCDD	0,55(7)		
1234678-HpCDD	-0,17(8)	0,26(9)	0,88(8)
OCDD	-0,07(8)	0,59(11)	0,51(8)
2378-TCDF	0,82(8)	0,70(11)	0,77(8)
12378-PeCDF	-0,20(8)	0,37(11)	-0,59(8)
23478-PeCDF	-0,11(6)	0,39(10)	0,24(6)
123478-HxCDF	-0,10(6)	0,77(5)	0,92(5)
123678-HxCDF	-0,07(5)	0,75(3)	0,82(3)
123789-HxCDF			
234678-HxCDF	0,23(5)		
1234678-HpCDF	-0,09(7)	0,95(7)	-0,14(7)
1234789-HpCDF			
OCDF	0,59(7)	0,94(6)	0,36(6)

Med hjälp av PCA har ett scorediagram tagits fram för att studera relationen mellan kongenmönstret i fisk och sediment (**Fig. 41**). De ingående värdena för sediment är de beräknade medelvärdena för varje lokal.

**Figur 41.** Scorediagram av relativa kongenhalter för fisk och sediment. Blå cirklar representerar fisk, de svarta sediment.

Inget tydligt samband mellan sediment och fisk erhöles utan det syns att de grupper sig i två stycken avskilda grupper. Sedimenten ligger ganska väl samlade i den första kvadranten. Några sedimentobservationer sticker ut från denna grupp och det är Hallsta och Karlholm vilka återfinns i nedre vänstra hörnet samt Gräsö som ligger i den översta högre delen av figuren.

För att även se hur de olika kongenerna förhåller sig visas i **Figur 42** ett loadingdiagram.



**Figur 42.** De ingående kongenerna och deras samvariation.

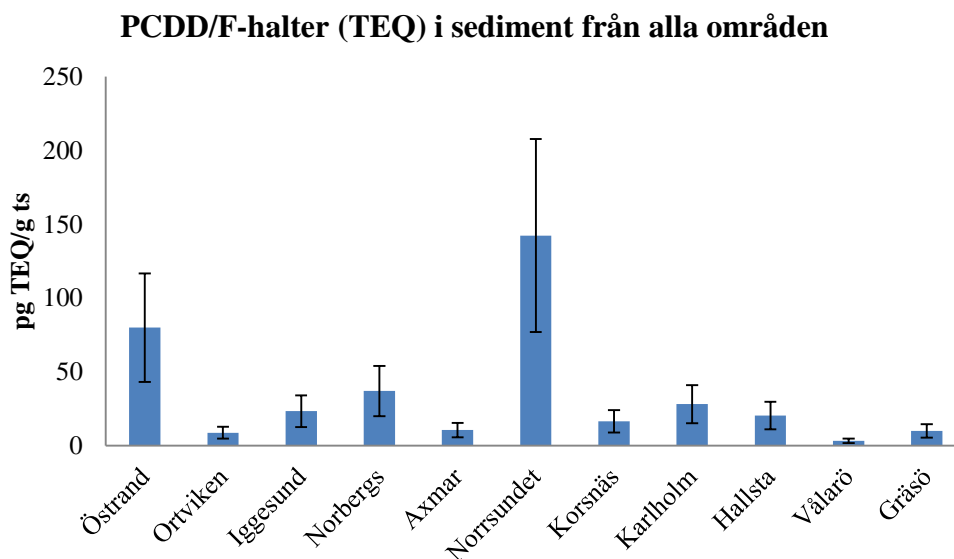
De högst klorerade PCDD/F återfinns till vänster i figuren vilket i detta fall är sedimentproverna. Gällande de lågklorerade PCDD/F ligger de till höger i figuren.

## Variabilitet

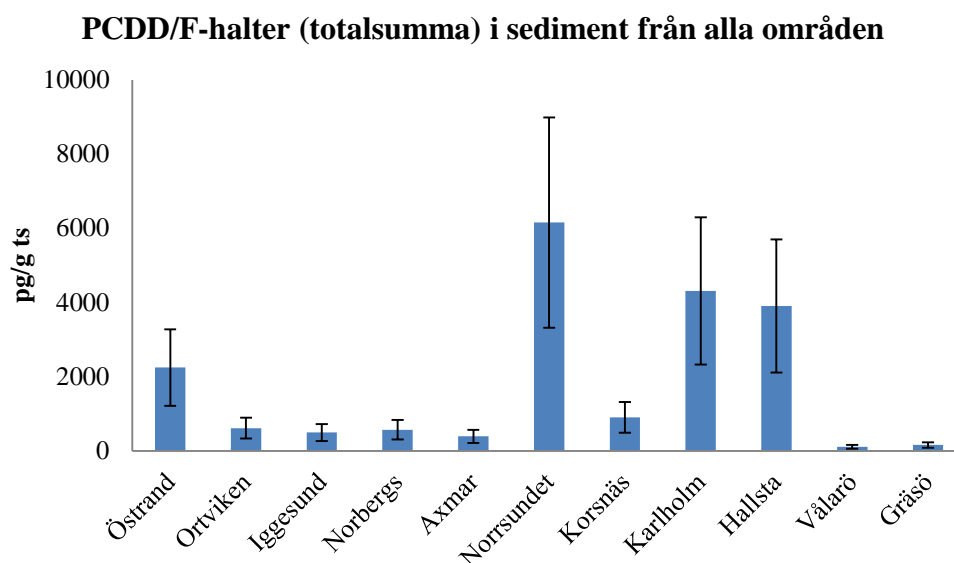
Hur områdesrepresentativa de resultat är som ovan redovisats är givetvis av fundamentalt intresse. I och med att PCDD/F-analyser är kostsamma är man av nöd tvungen att förhålla sig till att datamaterialet är begränsat. Ett sätt att skatta osäkerheten i det insamlade materialet är att studera den relativa standardavvikelsen det så kallade CV-värdet som omger medelvärdet i den redovisade halten i olika matriser från de undersökta områdena. I denna studie har vi haft tillräckligt med mätvärden för att möjliggöra en analys av CV-värden för matriserna sediment och fisk. I sediment var CV-värdet för PCDD/F-halten mätt som TEQ som ett genomsnitt för alla undersökta områden 0,80 respektive 0,62 mätt som totalhalt. Detta är för att vara sedimentparametrar från ackumulationsbottnar relativt höga värden (Håkanson, 1999). Förklaringen är att det inom flera av de undersökta områdena förekom mer eller mindre uttalade gradienter från utsläppskällorna samt att en del av proven insamlades från erosions- och transportbottnar där sedimentationsförhållandena per definition är variabla. I **Figur 43** redovisas uppmätta halter i sediment med osäkerhetsmått baserade på genomsnittliga CV-värden inlagda. I och med att det från vart och ett av områdena finns minst tre ( $n=3$ ) mätvärdena har CV-värdet reducerats med en faktor motsvarande kvadratroten ur  $n$  (Håkanson, 1999).



a)



b)

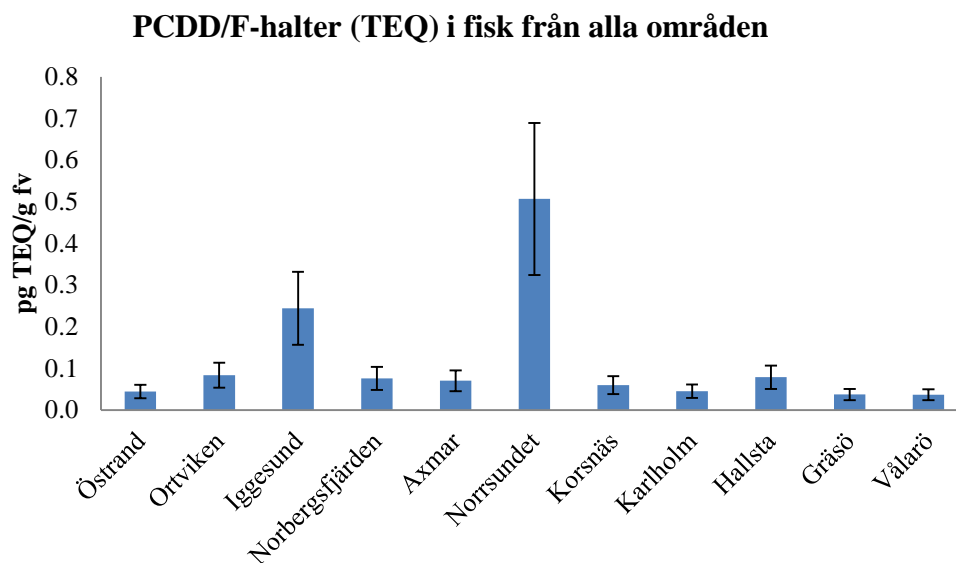


**Figur 43.** Uppmätta halter i sediment från alla områden mätt som a) TEQ och b) totalhalt. Felstaplar baserat på genomsnittliga CV-värden.

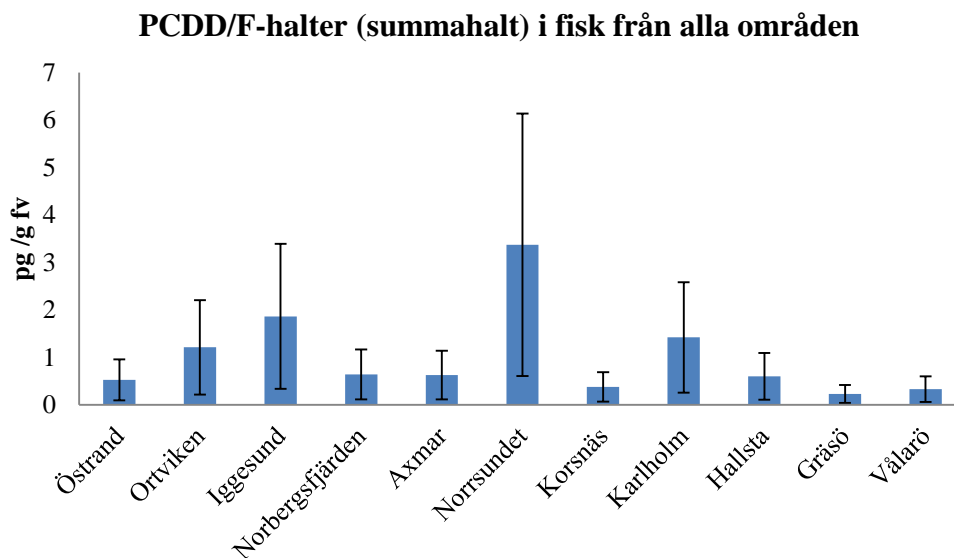
Om man betraktar samtliga insamlade fiskprover från Norrsundet 2009-2011 som en population av stickprov från samma fördelning kan motsvarande CV-värde för PCDD/F-halten i fisk mätt som TEQ beräknas till 0,36. Det är rimligt att fisken som är en integrator över utvecklingen i både tid och rum har ett lägre CV-värde jämfört med sedimenten. Det uppmätta CV-värdet innebär likväl att åtminstone 5 samlingsprov per område behöver insamlas för erhålla ett representativt medelvärde med mindre än 20 % felmarginal om den

så kallade samplingsformeln (Håkanson, 1984) tillämpas. I föreliggande studier har vi totalt sju analyser av fiskprov från Norrsundet att falla tillbaka på. Däremot var CV-värdet för totalhalter i fisken extremt högt (0,82). Mycket av detta kan kopplas till oförklarligt höga halter av högklorerade furaner i det triplikat som analyserades 2009, vilka i sig inte bidrar särskilt mycket till TEQ-värdet. En vanlig orsak till höga halter av högklorerade kongener är att kolonnen i analyslaboratoriet kontaminerats av tidigare sedimentanalyser (Mats Olsson, pers. komm.). Vid de analyser som genomfördes 2010 respektive 2011 och som interkalibrerades genom att prov skickades till både Krakow och Umeå universitets laboratorier var kongenprofilerna mer normala och det var ingen nämnvärd skillnad i de uppmätta halter som respektive laboratorium redovisade. I **Figur 44** redovisas uppmätta halter i fisk med osäkerhetsmått baserade på genomsnittliga CV-värden från Norrsundets samtliga fiskanalyser. I och med att det från vart och ett av områdena i regel bara fanns ett prov analyserade (Norrsundet undantaget) har inte CV-värdet som legat till grund för felstaplarna reducerats. Detta innebär att osäkerhetsintervallet för halterna i fisk från Norrsundet är överskattade i **Figur 44**.

a)



b)



**Figur 44.** Uppmätta halter i fisk från alla områden mätt som a) TEQ respektive b) totalhalt. Felstaplar baserade på CV-värden i samtliga fiskanalyser från Norrsundet.

## Diskussion

De provtagningar som genomförts inom ramen för detta projekt har gett ny information om halter och kongenmönster av PCDD/F i kustnära lokaler i Södra Bottenhavet. Denna information kan förhoppningsvis bidra till en ökad förståelse för dioxinproblematiken i området och specifikt den lokala belastningens påverkan på vattenmiljön. Gällande sediment och fisk så var provtagning och analys generellt lätt att genomföra och flertalet toxiska kongener kunde analyseras. Bottenfauna var något svårare att samla in i tillräckliga mängder varför analyser saknas från ett flertal lokaler. Analys av PCDD/F i vattenpelaren och i sedimentens porvatten med hjälp av passiva provtagare gav resultat med POM och även med silikon när provtagarna suttit ute tillräckligt länge. Den första omgångens silikonprovtagare gav dock ingen detektion så vi kunde dessvärre inte studera hur halterna i vatten förändrades över tid efter att fabriken stängdes ner i Norrsundet. Abborre är därmed den matris som kunnat följas upp under flera säsonger i Norrsundets recipient efter nedläggningen. De analyser av zooplankton som genomfördes uppvisade låga halter, och dessa halter var svårtolkade och överensstämde inte kongenmässigt med övriga matriser.

Halterna av PCDD/F varierar en hel del mellan olika lokaler. I synnerhet Norrsundet uppvisar högre halter än övriga lokaler i flertalet matriser. Gällande fisk är även halterna i Iggesund tämligen höga jämfört med genomsnittet.

En slående trend som kunnat studeras i kombination med andra studier är minskande halter över tid, såväl i sediment som i fisk. De djupprofiler i sediment som funnits att tillgå har visat på betydligt högre halter en bit ner i sedimentet som reflekterar den historiska

belastningen. Detta syns särskilt väl i den kärna som analyserades från Iggesund, men även i prover tagna på 2-3 djup i Östrand, Norrsundet och Korsnäs. I fisk noteras tydligt sjunkande halter av PCDD/F över tid ifrån Norrsundet i ett längre perspektiv. Däremot syns ingen signifikant minskning i fisk efter att Norrsundets fabrik stängdes efter 2008 utan halterna ligger alltjämt högre än övriga provtagningslokaler. Sjunkande halter över tid utanför pappersmassafabriker är för övrigt känt i ett flertal andra studier, av vilka några refererats inledningsvis i denna rapport.

Även i vattnet avviker Norrsundet uppåt jämfört med övriga lokaler registrerat med hjälp av passiva provtagare (silikon och POM). De högsta halterna i bottenfauna noterades också i ett prov från Norrsundet (bestående främst av östersjömussla *Macoma baltica*), men variationen mellan prover, sannolikt delvis beroende på art, var stor och övriga prover i Norrsundet var inte särskilt mycket högre än prover från exempelvis Östrand och Ortviken.

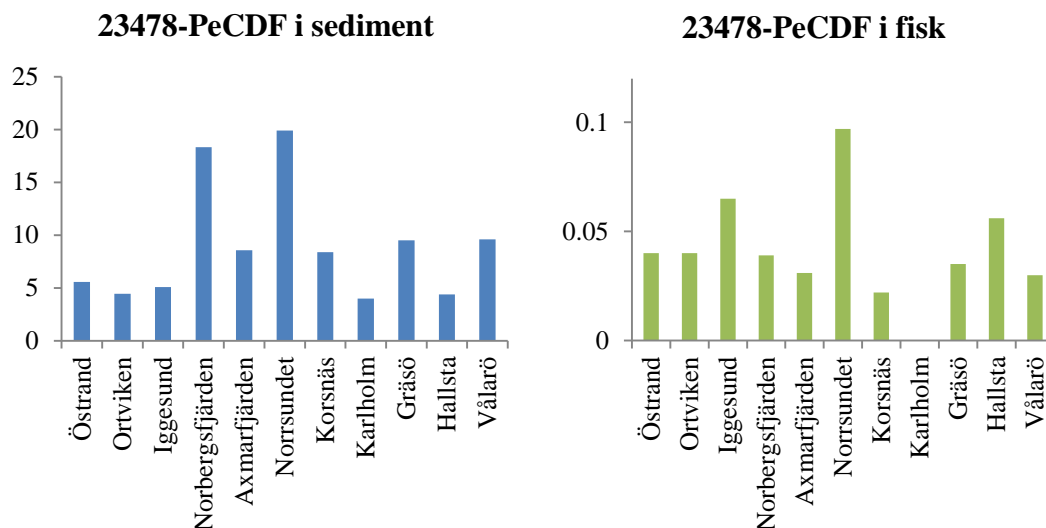
Dioxinhalterna i bottenfauna var generellt betydligt högre än halterna i fisk, upp till 10 pg/g TEQ våtvikt, vilket är åtminstone en faktor tio högre än i fisk. Gränsvärdet för konsumtion av livsmedel är 4 pg/g TEQ och för foderfisk 2 pg/g TEQ våtvikt. Ett föreslaget men ej antaget gränsvärde för miljö kvalitetsnorm enligt vattendirektivet är 0,23 pg/g TEQ. Det sistnämnda värdet överskreds i Iggesund och Norrsundet.

Totalhalter av PCDD/F i sediment och fisk är även förhållande vis höga i Karlholm i Lövsstabukten (för sediment gäller detta även Hallsta). Detta beror huvudsakligen på förhållandevis höga halter av OCDD som i sig bidrar minimalt till toxiciteten enligt TEQ-systemet. I en parallell studie (Sobek et al., 2012) pekas också Lövsstabukten ut som en hotspot för PCDD/F. I den utsträckning som åtgärder för att minska toxiciteten i havet övervägs är det dock rimligt att sedimentens toxicitet väger tyngre än totala halter. Samma reservation kan göras när det gäller resultat baserade på källfördelningsanalys där en stor mängd icke-toxiska kongener utan 2378-substitution ingår i analysen. Det är givetvis av stort intresse att kunna kartlägga spridningsmönster med hjälp av olika metoder, men det är för den skull inte likgiltigt *vad* som sprids. Specifik information om förekomst och spridning av de mest toxiska kongenerna bör därför eftersträvas.

Även kongenmönster skiljer sig en hel del, såväl inom som mellan matriser. Vi finner likt Gustavsson & Danielsson (2010) att TeCDD varierar en hel del geografiskt i abborre. En kongen som sticker ut i några sediment (främst Norrsundet men även Iggesund, Korsnäs m fl) är TeCDF, som traditionellt brukar förknippas med klorgasblekning tillsammans med 2,3,7,8-TeCDD och 1,2,3,7,8-PeCDF (t.ex. Kuehl, 1987; Swanson, 1988; Jonsson et al., 1993; Kim Oanh et al., 1999). Samvariationen mellan matriser i sediment, bottenfauna och fisk är störst för kongener med troligt lokalt ursprung såsom exempelvis 2378- TeCDF, medan kongener knutna till atmosfärisk deposition (t ex 23478-PeCDF och OCDD) korrelerar dåligt mellan matriser. Det finns dessutom ett skönjbart samband mellan TEQ i sediment och fisk.

Beträffande den kongen som bidrar mest till toxiciteten i fet fisk i Östersjön, 23478-PeCDF (Kiviranta et al., 2003) så är det intressant att notera att lokalt opåverkade kustområden

som Norbergssfjärden, Gräsö och Vålarö har lika höga halter (särskilt i sediment) som industrirecipienterna (Fig. 45). Recipienten till Norrsundet utmärker sig dock även avseende denna kongen. I gradientstudien utanför Iggesund (Fig. 28) ökar halten 23478-PeCDF med avståndet till industrin.



Figur 45. Genomsnittlig halt av 23478-PeCDF i sediment (pg/g ts) och fisk (pg/g vv).

PCA visar generellt en åtskillnad mellan kongenprofiler i sediment och bottenfauna jämfört med fisk. Däremot visar metoden inte på någon typisk ”skogsindustriprofil”, varken i sediment eller i övriga matriser, utan bland de 2378-substituerade kongenerna så är variationen mellan lokalerna oförklarad. Det går att hitta samband mellan kongenmönster i sediment och bottenfauna vilket antingen kan bero på att organismerna får i sig dioxiner från sedimenten via föda eller vatten, eller att sedimenten och bottenfaunan belastas i likartad grad av externa källor. Vi har däremot inte med PCA-metodiken kunnat påvisa några statistiska samband mellan kongenprofiler i sediment och fisk.

Finns det då belägg för att bottensedimenten bidrar med PCDD/F till Bottenhavet, och mer specifikt till ekosystemet? Sambandet mellan halter i sediment och fisk är en indikation men inte mer. Däremot talar mätningarna med passiva provtagare i porvatten och ovanliggande vatten för att det pågår ett diffusivt flöde från sediment till bottenvatten. Sobek et al. (2012) visar att detta gäller också i andra kustområden. Intressant att notera är att aktivitetskvoten mellan sediment och bottenvatten i Norrsundet är lägre än i de övriga kustområdena i Sobek et al. (2012), vilket skulle indikera att i den mån sedimenten orsakar förhöjda halter i biota så är inte diffusion den enda förklaringen. I ovan refererade studie var emellertid provtagarna utplacerade på stationer med större och vattendjup, där bottenvattnet sannolikt omsätts långsammare än i den grunda Norrsundet-recipienten. Däremot var halterna i passiva provtagare av silikon högre i Norrsundet än i Norbergssfjärden och Iggesund.

Ytterligare en faktor som talar för att sedimenten spelar en roll för dioxinsituationen i Norrsundet är att halterna i fisk inte sjunkit signifikant under de tre år som fabriken varit stängd. De fiskar som samlats in (15-20 cm) har en ålder någonstans mellan 3 och 4 år och

bör med tiden i minskande grad ha påverkats av den punktkälla som teoretiskt skulle kunna förklara de påfallande höga halterna i fisk fångad utanför Norrsundet jämfört med fisk infångad på andra platser. Såvitt känt är finns inga andra punktkällor vilket starkt talar för att sedimenten bidrar till belastningen. I närheten av massabruket finns förvisso ett nedlagt sågverk men det finns inga indikationer på att det sker ett utläckage av PCDD/Fs från denna tidigare verksamhet. Det finns för övrigt inga belägg för att Norrsundet som fabrik släppt ut mer PCDD/F än andra massafabriker. Mer troligt är att de geomorfologiska förhållandena i recipienten förklarar skillnaden gentemot andra platser – antingen genom att mer miljögifter ackumuleras eller att sedimenten av någon anledning i högre grad påverkar faunan.

Redan under Miljö- och Cellulosaprojektet påtalades risken för att historiska utsläpp av klorerat organiskt material som avsatts i närheten av industrier med tiden skulle kunna komma i omlopp i ekosystemen till följd av att landhöjningen successivt lyfter upp botten som kan påverkas av vågerosion (Jonsson et al., 1986). I Norrsundetrecipientens innersta grunda delar förefaller denna process vara synnerligen påtaglig, till skillnad från exempelvis Iggesund-, Korsnäs- och Östrandsrecipienterna där det sker en kontinuerlig begravning på djupare liggande botten. Samtidigt bör det framhållas att den erosion och borttransport av material som sker i Norrsundetrecipienten på sikt leder till en förbättring av miljöförhållandena i området, vilket också konstateras i samband med uppföljande undersökningar av växt- och djursamhällenas utbredning (Grahm et al., 2006a). Arealen av nedslammade botten har successivt minskat i jämförsele mot situationen vid början av 1980-talet, vilket lett till en återkolonisation av arter typiska för regionen. När det gäller hälsotillståndet för stationär fisk har det emellertid visat sig att delar av de störningar som tidigare konstaterats fortfarande består (Sandström, 2012). Detta pekar mot att det finns biologiskt aktiva ämnen i sedimenten. Däremot är det mindre sannolikt att det specifikt är förekomsten av PCDD/Fs som påverkar fiskens hälsotillstånd (Munkitrick, 1991)

Hurivida fisken i Norrsundet och på andra platser påverkas av sedimenten indirekt genom att sedimenten bidrar till PCDD/F i vattenfasen, eller mer direkt genom att konsumera bottenfauna som påverkas av sedimenten är inte möjligt att fastslå. Halterna i bottenfaunan generellt är åtminstone en faktor tio högre än i fisken. 3-årig abborre bör huvudsakligen livnära sig på mindre fisk men äter även periodvis bottenfauna, vilket också dess bytesfisk gör.

Sammantaget så är det sannolikt att sedimenten i någon utsträckning bidrar till halter av PCDD/F i Bottenhavets ekosystem, men magnituden av denna påverkan är högst oklar. Tidigare studier (Wiberg et al., 2009) talar för att huvuddelen av dioxintillförseln till ekosystemen sker via atmosfären, men att sedimenten i någon utsträckning skulle kunna ha betydelse i grunda och kustnära områden. För detta talar även det faktum att 23478-PeCDF inte verkar vara förhöjd i sediment i närheten av punktkällor och att denna kongen bidrar mest till den storskaliga toxiciteten.

Denna studie har bidragit till att förbättra kunskapsläget när det gäller förekomsten av PCDD/Fs i kustnära ekosystem och vilka spridningsvägar som förefaller vara möjliga mellan utsläpp-sediment-vatten och organismer. Vi anser att det är angeläget att framöver

fortsätta att studera tillfriskningsförloppet i tidigare belastade industrirecipienter och vilka konsekvenser, såväl positiva såväl som negativa, som detta ger för vattenmiljön samt att ytterligare söka klarlägga i vilken mån historiska utsläpp lagrade i sediment påverkar levnadsbetingelserna för organismer. I detta sammanhang är det relevantt att också studera om det finns förutsättningar att manipulera ett tillfriskningsförlopp genom olika åtgärder, exempelvis dosering av biokol (Cornelissen et al., 2010) eller utfiskning (Mackenzie et al., 2004). Åtskilligt av samhällets samlade miljöresurser läggs i dagsläget på att åtgärda förorenade markområden bland annat i syfte att minska föroreningsspridningen till vatten. Det är dock sällan som dessa projekt följs upp med en vederhäftig analys av vilka miljöförbättringar som detta i praktiken ger för vattenmiljön. En nyckelfråga även i detta sammanhang, som det i allt väsentligt saknas kunskap om, är i vilken mån och på vilket sätt sedimentbundna föroreningar faktiskt påverkar miljöförhållandena i vattenmassan.

## Slutsatser

- Den långsiktiga trenden för PCDD/F i Bottenhavet och specifikt i de kustområden som undersökts i denna studie synes vara minskande halter i såväl sediment som i fisk.
- Sedan fabriken i Norrsundet stängdes vid årsskiftet 2008/9 syns ingen minskande trend i stationär fisk i recipienten, utan halterna av PCDD/F är fortfarande exceptionellt höga jämfört med fisk från övriga undersökta områden. Detta talar för att halterna påverkas av fler faktorer än direkta utsläpp ifrån fabriken – sannolikt historiska utsläpp.
- Utöver Norrsundet så avviker halterna av PCDD/F uppåt på ytterligare ett antal platser där möjliga punktkällor i form av fabriker finns.
- Halterna av den i fet fisk dominerande kongenen 23478-PeCDF förefaller inte förhöjd utanför punktkällorna. Kongenen ser rentav ut att öka med avståndet till fabriken vid Iggesund.
- I de fall förhöjda PCDD/F-halter påvisats i fisk finns det givetvis en bakomliggande historisk belastning som grundförutsättning men det synes som att de geomorfologiska förhållandena i recipienten i hög grad påverkar i vilken mån det sker ett bioupptag.

## Referenser

- Ambjörn, C. & Westring, G., 1994. Vattenutbytet i Edeboviken. SMHI Miljö, Norrköping.
- Armitage J.M., McLachlan M.S., Wiberg K. & Jonsson P., 2009. A model assessment of polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran sources and fate in the Baltic Sea. *Science of the Total Environment* 407: 3784-3792.
- Arnér M., 2002. Bottenfaunaundersökningar samt föroreningsinnehåll i fisk och sediment i Bengtsbrohöljen. Rapport nr EKA 2002:16 Bengtsfors kommun, 2003-10-06, WSP.
- Cornelissen G., Kruså M.E., Breedveld G.D., Eek E., Oen A.M., Arp H.P., Raymond C., Samuelsson G., Hedman J.E., Stokland Ø. & Gunnarsson J.S., 2010. Remediation of contaminated marine sediment using thin-layer capping with activated carbon-a field experiment in Trondheim harbor, Norway. *Environmental Science and Technology* 45:6110-6116.
- Engqvist A., 1999. Environmental quality criteria Coast and Seas background report. Swedish Environmental Protection Agency, Report 4910, (46s)
- Grahn O., Sandström O., Härdig J., Notini M. & Sangfors, O., 2006a. Undersökningar av strandzonens växt- och djursamhällen samt tillväxt och fortplantning hos fisk i recipienten till Norrsundets bruk 2005. SKUTAB & NordMiljö AB 2006-05-09.
- Grahn O., Sandström J. Härdig M. Notini & O. Sangfors 2006b. Undersökningar av fastsittande vegetation samt fortplantning hos fisk i recipienten till Korsnäsverken Gävle 2005.
- Grahn O., Sandström O. & Sangfors O. 2005. Kritisk granskning och sammanfattning av undersökningar 1990-2003. Rapport för Sundsvalls vattenvårdsförening, 2005-01-28.
- Grotell C., 2010. Recipientutvärdering av förhållandena i Gårdsfjärden, recipient till Iggesund Bruk. ÅF-rapport, 2010-01-12, 65 sid.
- Gustavsson N. & Danielsson S., 2010. Miljögifter i abborre längs norra Sveriges kust. Projekt X-151. Naturhistoriska Riksmuseet Rapport nr 9:2010.
- Hansson P., 2007. Bottenfaunan i Yttre fjärden – Oktober 2007. Kustfilm Nord AB rapport för Sjöfartsverket, 12 sid.
- Hansson P & Wijnblad, 1998. Bottenfaunan i Yttre fjärden – Oktober 1998. Hillevik Marina Fältstation.
- Hatfield, 2007. Crofton environmental effects monitoring (EEM) cycle four interpretive report. Hatfield Consultants, Vancouver, Canada, March 2007.
- Håkanson L., 1984. Sediment sampling in different aquatic environments: statistical aspects. *Water Resources Research* 20:41-46.
- Håkanson L., Jonsson, B., Jonsson, P. & Martinsen, K., 1988. Påverkansområden för klorerat organiskt material från massalekerier. Naturvårdsverket rapport 3522.
- Jonsson, B., 1985. Utbytestider för Norrsundet. GERUM, Rapport Umeå univ., 14 sid.



- Jonsson, P., 2002. Bottenundersökningar i Gårdsfjärden 2002. JP Sedimentkonsult HB, 22 sid.
- Jonsson, P., Jonsson, B., Håkanson, L., & Martinsen, K., 1986. Spridning av klorerat organiskt material från skogsindustrier. Naturvårdsverket rapport 3228.
- Jonsson P., Rappe C., Kjeller L.-O., Kierkegaard A., Håkanson L. and Jonsson B., 1993. Pulp-mill related polychlorinated organic compounds in Baltic Sea sediments. *Ambio* 22, 37-43.
- Jonsson, P. (red.), 2003. Skärgårdens bottnar. Naturvårdsverket rapport 5212.
- Karlsson, M. och Håkanson, L., 2001. Miljökonsekvensanalys av Korsnäsverkens fosforutsläpp till Gävle Yttre fjärd. Uppsala universitet, Institutionen för geovetenskaper. 37 sid.
- Kemakta AR. 2007. Översiktliga undersökningar/utredningar av sediment i Lövestabukten 2007-04. Länsstyrelsen Uppsala län, Dnr 577-8573-06.
- Kim Oanh N.T., Bengtsson B.-E., Baetz Reutergårdh L., Hoa D.T., Bergqvist P.-A., Broman D. and Zebühr Y., 1999. Persistent organochlorines in the effluents from a chlorine-bleached kraft integrated pulp and paper mill in Southeast Asia. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 37, 303-309.
- Kiviranta H., Vartiainen T., Parmanne R., Hallikainen A. & Koistinen J., 2003. PCDD/Fs and PCBs in Baltic herring during the 1990s. *Chemosphere* 50, 1201-1216.
- Kuehl D.W., Cook P.M., Batterman A.R., Lothenbach D. and Butterworth B.C., 1987. Bioavailability of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from contaminated Wisconsin River sediment to carp. *Chemosphere* 16, 667-679.
- Lindqvist, U. 2003. Recipientundersökningar i Edeboviken, Galtfjärden och Singöfjärden 2002. Naturvatten i Roslagen AB, Rapport 2003:3.
- Lst, 2012. Skötselplan för naturreservatet Gräsö östra skärgård Östhammars kommun. Länsstyrelsen i Uppsala län Dnr 511-3014-10, 67 sid.
- Mackenzie B., Almesjö L. & Hansson S., 2004. Fish, fishing, and pollutant reduction in the Baltic Sea. *Environmental Science and Technology* 38: 1970-1976.
- Martin, A.-L., 1986. Transport och spridning av föroreningar i vattenmiljön. IVL rapport B832.
- McMaster M., 2012. Investigating the cause of mill effluent effects on fish reproduction in Canada: lessons learned. Abstract in: Barra, R. & Vidal, G. (eds) Proceedings of the 8th International Conference on the Fate and Effects of Pulp and Paper Mill Effluents. Concepción, Chile, January 8-11, 2012. [www.forestwater.cl](http://www.forestwater.cl)
- Munkittrick, K.R., 1991. In: Swedish Environmental Protection Agency Report 4031, Environmental Fate and Effects of Bleached Pulp Mill Effluents, Proceedings of a SEPA Conference held at Grand Hotel Saltsjöbaden, Stockholm, Sweden, Nov. 19-21, 1991.

- Nyberg, E., Bignert, A. & Danielsson, S., 2011. Miljögifter i biota i: Lewander, M., Karlsson, M. & Lundberg, K. (redr), 2011. Havet 2011. Om Miljötilståndet i svenska havsområden. Havsmiljöinstitutet, ISSN 1654-6741, sid 69-73.
- NV, 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Kust och hav. Naturvårdsverket rapport nr 4914.
- Olsson, M., Asplund, L., Bignert, A., deWit, C., Eriksson, U. & Haglund, P., 2005. Dioxiner i kustlevande fisk från södra Bottenhavet en studie av presumtiva föroreningskällor. Stencil, 14 sid.
- Parmanne R., Hallikainen A., Isosarri P., Kiviranta H., Koistinen J., Laine, O., Rantakokko P., Vourinen P.J. & Vartiainen T., 2006. The dependence of organohalogen compound concentrations on herring and size in the Bothnian Sea, northern Baltic. Marine pollution Bulletin, 52 (2): 149-161.
- Persson J., Wallin M. & Wallström K., 1993. Kustvatten i Uppsala län 1993. Upplandsstiftelsen rapport nr 2, 1993.
- Pryke, D. C. & Barden, M., T., 2006. Environmental Performance of Maine's Bleached Kraft Pulp and Paper Mills. Technical Paper at Sixth International Conference on Fate and Effects of Pulp and Paper Mill Effluents, Vitória, Brasil.
- Pryke D.C., Swanson S.M., Bouree G.R., Owens J.W, & Kloepper-Sams P.J. 1995. Environmental improvements at Grande Prairie and ecosystem response. Pulp and Paper Canada. 96(11): T377-385.
- Rappe C., Kjeller L-O., Jonsson P., Jonsson B. & Håkanson L., 1987. Klorerade dibensodioxiner och dibensofuraner samt extraherbart organiskt bundet klor. Studier av havssediment utanför en skogsindustri delrapport. Statens naturvårdsverk intern rapport, 1987-03-10.
- Salonsaari J., 2009. Övergödda havsvikar och kustnära sjöar i Norra Östersjöns vattendistrikt. Länsstyrelsen i Västmanlands län Diarienummer 537-13926-2008.
- Sandström O., 2010. Tillväxt, kondition och fortplantningsförmåga hos abborre utanför Iggesunds Bruk 2009. SKUTAB rapport 2010-05-07, 18 sid.
- Sandström O., 2011. Uppgradering av farled till Gävle hamn. Konsekvenser för fisk och fiske. Skärgårdsutveckling SKUTAB AB rapport för Sjöfartsverket 2011-05-03, 17 sid.
- Sandström O., 2012. Uppföljande undersökning av tillväxt och fortplantning hos abborre i recipienten till Norrsundets Bruk 2011. Skärgårdsutveckling SKUTAB AB rapport 2012-01-10, 15 sid.
- Sandström O. & Neuman E., 2003. Long-term development in a Baltic fish community exposed to bleached pulp mill effluent. Aquatic Ecology 37:267-276.
- Sangfors O., 1995. Provfiske i Gävlebukten 1995. Rapport från MiljöForskarGruppen, F95/57:3.
- SMHI, 2003. Djupdata för havsområden 2003. Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Oceanographical report no 73, 69 pp. ISSN 0283-7714.

- Sobek A., Wiberg K., Sundqvist K., Cornelissen G. & Jonsson P. (kommande) Dioxiner i Bottenhavet och Bottenviken - Pågående utsläpp eller historiska synder? Ett samarbetsprojekt mellan Länsstyrelserna i Gävleborg, Västernorrland, Västerbotten och Norrbotten. Slutrapport.
- Sundqvist K.L., Tysklind M., Geladi P., Cato I. & Wiberg K., 2009. Congener fingerprints of tetra- through octa-chlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in Baltic surface sediments and their relations to potential sources. *Chemosphere* 77:612-620.
- Swanson S.E., 1988. Dioxins in the bleached plant: a study of occurrence and formation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins in the chlorine bleaching of wood pulp. PhD thesis, Institute of Environmental Chemistry, University of Umeå, Sweden, 401 p.
- Södergren A., (Ed.), 1989. Biological effects of Bleached Pulp Mill Effluents. Naturvårdsverket rapport 3558.
- Södergren A., (Ed.), 1993. Bleached Pulp Mill Effluents. Composition, fate and effects in the Baltic Sea. Naturvårdsverket rapport 4047.
- Walterson, E. & Landner, L., 1999. Beskrivning av nuvarande tillstånd i vattenrecipienten – Gävle yttre fjärd samt bedömning av konsekvenser av olika åtgärder för avloppsvattenrening. MiljöForskarGruppen, Stockholm 1999-11-28.
- Wiberg K., McLachlan M., Jonsson P. & Jonsson N., 2009. Sources, transport, reservoirs and fate of dioxins, PCBs and HCB in the Baltic Sea environment. Naturvårdsverket Rapport 5912.

## Bilaga 1 Fysiologiska data fisk

Provtagning Abborre från Gästrike-Hälsingekusten 2009										
Lokal	Kön	längd (cm)	vikt (g)	somatisk vikt (g)	CF	ålder (år)	levervikt (g)	LSI	Gonadvikt (g)	GSI
Norrsundet	m	15	43.2	40.3	1.19	2	0.54	1.34	0.04	0.10
Norrsundet	m	16.5	52.4	48.1	1.07	3	0.89	1.85	0.28	0.59
Norrsundet	m	18	70.9	65	1.11	3	0.74	1.14	0.47	0.72
Norrsundet	f	20	105.8	99.3	1.24	4	1.91	1.92	1.81	1.82
Norrsundet	m	20	127.7	118.3	1.48	6	1.45	1.23	2.22	1.87
Norrsundet	f	17.5	72.3	66.7	1.24	5	1.08	1.63	0.30	0.45
Norrsundet	f	15.5	50.1	46.8	1.26	4	0.69	1.47	0.11	0.24
Norrsundet	f	15	38.5	35.8	1.06	3	0.53	1.48	0.16	0.45
Norrsundet	f	15.5	53.8	49.1	1.32	4	0.85	1.73	0.16	0.32
Norrsundet	f	17	61.6	57.6	1.17	5	0.65	1.13	0.34	0.59
Norrsundet	m	15.5	55.6	51	1.37	4	0.57	1.12	0.12	0.23
Norrsundet	m	15	42.8	41.8	1.24	4	0.44	1.05	0.08	0.19
Norrsundet	f	17.5	70.6	63.5	1.18	4	0.88	1.39	0.40	0.63
Norrsundet	f	15.5	43.9	41.5	1.11	3	0.37	0.89	0.25	0.61
Norrsundet	m	15.5	43.6	38.9	1.04	3	0.45	1.14	1.89	4.86
Norrsundet	m	16.5	47.4	43.6	0.97	3	0.46	1.06	0.74	1.70
Norrsundet	f	16	43.3	40.2	0.98	3	0.54	1.33	0.14	0.34
Norrsundet	m	20	83.4	77.2	0.97	6	0.96	1.25	0.22	0.29
Norrsundet	m	17.5	59	54.6	1.02	4	0.75	1.37	0.35	0.64
Norrsundet	f	17	62.6	57.7	1.17	4	1.01	1.74	0.33	0.58
Norrsundet	f	16	48.7	44.9	1.10	3	0.57	1.26	0.16	0.35
Norrsundet	f	15.5	45.5	42.3	1.14	3	0.48	1.14	0.11	0.26
Norrsundet	f	15	39.8	37.1	1.10	3	0.42	1.13	0.12	0.32
Norrsundet	f	15	46.3	43.4	1.29	3	0.47	1.08	0.15	0.33
Norrsundet	?	16	48.5	45.5	1.11	3	0.48	1.05		0.00
Norrsundet	f	15	42.2	39.5	1.17	3	0.43	1.08	0.15	0.37
Norrsundet	m	15	38.5	35.5	1.05	4	0.52	1.46	0.52	1.48
medel		16.43	56.96	52.79	1.15	3.67	0.71	1.31	0.45	0.75
SD		1.58	20.97	19.41	0.12	0.96	0.35	0.27	0.59	0.97
95% KI		0.60	7.91	7.32	0.05	0.36	0.13	0.10	0.22	0.37
Axmarsfjärden	f	16.5	46.1	42.8	0.95	2	0.69	1.60	0.20	0.46
Axmarsfjärden	m	16	53.5	48.4	1.18	3	0.38	0.79	1.04	2.14
Axmarsfjärden	m	16	49.9	43.6	1.06	3	0.49	1.12	2.15	4.93
Axmarsfjärden	m	19.5	89.4	78.8	1.06	4	1.10	1.40	3.94	4.99
Axmarsfjärden	f	15.5	40.1	37.1	1.00	2	0.48	1.28	0.15	0.39
Axmarsfjärden	f	15.5	43.3	38.8	1.04	2	0.68	1.75	0.23	0.59
Axmarsfjärden	m	17	49.7	46	0.94	3	0.68	1.47	0.31	0.67
Axmarsfjärden	m	18.5	72.8	63	1.00	4	0.99	1.57	1.74	2.76
Axmarsfjärden	m	17.5	57.2	52.2	0.97	3	0.59	1.13	0.37	0.72
Axmarsfjärden	f	20.5	132.1	120.4	1.40	5	1.60	1.32	0.54	0.45
Axmarsfjärden	f	15.5	39.7	36.9	0.99	3	0.40	1.09	0.20	0.55

Axmarsfjärden	f	17.5	61.2	53.2	0.99	4	1.11	2.08	1.13	2.12
Axmarsfjärden	f	17.5	55.3	51.2	0.96	3	0.63	1.23	0.36	0.71
Axmarsfjärden	f	15	33.1	30.2	0.89	3	0.44	1.44	0.13	0.42
Axmarsfjärden	f	16.5	50	45.3	1.01	4	0.50	1.10	0.36	0.80
Axmarsfjärden	m	16	35.9	33.3	0.81	3	0.33	0.98	0.25	0.75
Axmarsfjärden	m	15	32.9	29.2	0.87	3	0.43	1.49	0.16	0.53
Axmarsfjärden	f	17	50.1	45.1	0.92	4	0.71	1.58	0.22	0.48
Axmarsfjärden	m	15	32	29.7	0.88	3	0.46	1.54	0.14	0.48
Axmarsfjärden	m	15.5	41.3	36.3	0.97	4	0.80	2.19	0.19	0.53
medel	10m/ 10f	16.7	53.3	48.1	1.0	3.3	0.7	1.4	0.7	1.3
SD		1.5	23.2	20.8	0.1	0.8	0.3	0.3	0.9	1.4
95% KI		0.7	10.2	9.1	0.1	0.3	0.1	0.2	0.4	0.6
Gårdsfjärden	f	19.5	102	94.2	1.27	4	1.01	1.07	1.68	1.79
Gårdsfjärden	f	17	53.4	50.3	1.02	3	0.46	0.91	0.25	0.50
Gårdsfjärden	f	15	39.3	36.9	1.09	3	0.40	1.08	0.21	0.57
Gårdsfjärden	f	19.5	97.7	91	1.23	4	1.17	1.28	0.51	0.56
Gårdsfjärden	m	18.5	78.6	69.9	1.10	4	1.05	1.50	0.96	1.38
Gårdsfjärden	f	17.5	57.6	53.6	1.00	3	0.72	1.34	0.96	1.80
Gårdsfjärden	f	20	87.5	80.9	1.01	5	0.93	1.15	1.22	1.51
Gårdsfjärden	m	15	39.3	36.4	1.08	4	0.40	1.10	0.26	0.71
Gårdsfjärden	f	18.5	70.1	65.2	1.03	3	0.82	1.26	0.79	1.21
Gårdsfjärden	f	20	91.2	83.4	1.04	4	1.14	1.37	0.42	0.51
Gårdsfjärden	f	18	74.9	69.2	1.19	3	1.02	1.48	0.37	0.53
Gårdsfjärden	f	19	71.9	66.8	0.97	3	0.66	0.99	0.39	0.58
Gårdsfjärden	m	19.5	96.1	89.7	1.21	3	0.88	0.98	1.21	1.35
Gårdsfjärden	m	18	67.5	63.8	1.09	4	0.54	0.84	0.52	0.82
Gårdsfjärden	f	18.5	77.5	72	1.14	3	1.02	1.42	0.31	0.43
Gårdsfjärden	m	17.5	57.5	53.9	1.01	3	0.64	1.18	0.76	1.41
Gårdsfjärden	m	17	65.7	59.8	1.22	3	0.86	1.44	0.43	0.72
Gårdsfjärden	f	19	73	68.6	1.00	4	0.47	0.69	0.86	1.25
Gårdsfjärden	m	16	50.3	47.3	1.15	3	0.53	1.11	0.14	0.29
Gårdsfjärden	m	16.5	47.6	44.3	0.99	3	0.51	1.15	0.46	1.03
medel	8m/ 12f	17.98	69.94	64.86	1.09	3.45	0.76	1.17	0.64	0.95
SD		1.53	18.89	17.30	0.09	0.60	0.26	0.22	0.41	0.48
95% KI		0.67	8.28	7.58	0.04	0.27	0.11	0.10	0.18	0.21
Norbergfjärden	f	16	41.6	39.2	0.96	3	0.36	0.92	0.24	0.62
Norbergfjärden	m	16.5	48.2	44	0.98	3	0.49	1.11	0.66	1.51
Norbergfjärden	m	17	69	59.4	1.21	4	1.30	2.18	0.91	1.53
Norbergfjärden	m	15.5	54.4	49.2	1.32	4	0.84	1.70	1.43	2.91
Norbergfjärden	m	15.5	45.2	40.3	1.08	3	0.46	1.13	1.94	4.82
Norbergfjärden	m	15	44.2	39.7	1.18	3	0.45	1.14	1.12	2.81
Norbergfjärden	m	16	47.5	43.8	1.07	4	0.48	1.09	0.38	0.86

Norbergsfjärden	m	19	74.8	68.3	1.00	4	0.79	1.15	1.07	1.57
Norbergsfjärden	m	16.5	61.2	56.7	1.26	4	0.59	1.05	0.68	1.19
Norbergsfjärden	m	20	97.7	89.6	1.12	6	1.01	1.12	0.87	0.97
Norbergsfjärden	f	15.5	39.7	36.2	0.97	3	0.45	1.23	0.26	0.73
Norbergsfjärden	m	16.5	58.3	52.8	1.18	4	0.89	1.68	0.87	1.65
Norbergsfjärden	m	17	55.2	49.6	1.01	3	0.61	1.22	1.62	3.26
Norbergsfjärden	m	16	44.9	42.6	1.04	3	0.44	1.03	0.39	0.93
Norbergsfjärden	f	19	82.1	73.3	1.07	4	1.20	1.64	1.87	2.55
Norbergsfjärden	m	17.5	61.2	55.9	1.04	3	0.69	1.23	0.50	0.89
Norbergsfjärden	m	16	45.2	41	1.00	3	0.52	1.26	0.75	1.83
Norbergsfjärden	m	16	48.3	43.8	1.07	3	0.53	1.20	1.38	3.14
Norbergsfjärden	m	16	46.6	42.3	1.03	3	0.53	1.24	0.61	1.45
Norbergsfjärden	m	18	73.5	66.7	1.14	4	0.90	1.34	1.02	1.54
Norbergsfjärden	m	16.5	54.3	49.7	1.11	3	0.49	0.99	0.68	1.37
Norbergsfjärden	m	15	40.4	36.8	1.09	3	0.48	1.29	0.45	1.21
medel	19m/ 3f	16.64	56.07	50.95	1.09	3.50	0.66	1.27	0.90	1.79
SD		1.33	15.13	13.58	0.10	0.74	0.26	0.29	0.49	1.04
95% KI		0.56	6.32	1.49	0.04	0.31	0.11	0.12	0.21	0.44

Norrundet abborre 2010										
	kön	Längd (cm)	Vikt (g)	Ålder (år)	Somatisk vikt (g)	CF	Levervikt (g)	LSI	Gonadvikt (g)	GSI
1	f	20	104.7	4	93.18	1.16	1.56	1.67	0.33	0.36
2	f	19	87.7	3	80.25	1.17	1.52	1.90	0.41	0.51
3	m	17	65	4	60.4	1.23	0.87	1.45	0.15	0.25
4	f	15.5	48.4	3	44.3	1.19	0.59	1.34	0.12	0.26
5	f	20	100.9	5	91.6	1.15	1.63	1.78	0.34	0.37
6	f	18.5	98.8	4	91.6	1.45	1.20	1.31	0.35	0.39
7	m	15	42	3	38.8	1.15	0.63	1.62	0.09	0.23
8	m	15.5	49.2	3	45.6	1.22	0.88	1.93	0.10	0.22
9	m	15	34.8	3	32.7	0.97	0.40	1.21	0.09	0.29
10	f	14.5	36.7	3	33.2	1.09	0.34	1.03	0.18	0.53
11	f	16	50.2	3	46.3	1.13	0.79	1.71	0.07	0.15
12	f	17	63.8	4	59.5	1.21	1.11	1.87	0.27	0.45
13	f	18	94.1	4	85.54	1.47	1.58	1.85	0.28	0.33
14	f	20	125.1	4	114.25	1.43	2.22	1.94	0.44	0.38
15	m	14.5	33.9	3	29.95	0.98	0.59	1.98	0.06	0.21
16	m	15	59	4	50.03	1.48	0.80	1.60	5.19	10.38
17	f	16	47.2	3	43.28	1.06	0.56	1.30	0.14	0.33
18	?	15	37.6	3	35.13	1.04	0.34	0.97	0.00	0.00
19	f	18	69.37	3	62.56	1.07	1.01	1.62	0.22	0.35
20	f	19	82.87	4	77.25	1.13	1.61	2.09	0.33	0.43
medel		16.93	66.57	3.50	60.77	1.19	1.01	1.61	0.46	0.75
SD		1.98	27.46	0.61	24.97	0.15	0.52	0.33	1.12	2.25
95% KI		1.42	12.04	0.27	10.95	0.07	0.23	0.14	0.49	0.99

Abborre från Östersjökusten 2011										
Lokal	Kön	längd (cm)	vikt (g)	somatisk vikt (g)	CF	ålder (år)	levervikt (g)	LSI	gonadvikt (g)	GSI
Hallsta	f	15.00	39.90	36.81	1.09	3	0.37	1.02	0.17	0.46
	m	15.00	37.67	33.45	0.99	4	0.48	1.44	2.27	6.78
	f	14.00	29.80	27.00	0.98	4	0.23	0.85	0.16	0.59
	f	17.00	56.33	50.17	1.02	4	0.67	1.33	0.36	0.73
	f	19.00	108.90	88.87	1.30	5	1.24	1.40	2.06	2.32
	f	25.00	234.55	205.37	1.31	8	4.33	2.11	10.29	5.01
medel		17.50	84.53	73.61	1.12	4.67	1.22	1.36	2.55	2.65
SD		4.09	78.84	68.24	0.15	1.75	1.56	0.43	3.91	2.67
95% KI		3.27	63.08	54.60	0.12	1.40	1.25	0.35	3.13	2.13
Ortviken	m	16.00	51.06	45.73	1.12	4	0.54	1.18	0.31	0.67
	m	16.00	48.03	44.71	1.09	4	0.76	1.69	0.04	0.08
	m	16.50	56.43	51.61	1.15	4	0.73	1.41	0.12	0.22
	m	19.00	80.72	75.09	1.09	5	0.60	0.80	1.74	2.31
	f	17.50	58.04	53.70	1.00	4	0.88	1.64	0.17	0.32
	f	18.00	63.18	58.23	1.00	5	0.44	0.75	0.21	0.36
	f	17.00	55.04	50.36	1.03	3	0.71	1.40	0.29	0.57
1)	m	16.00	58.16	52.69	1.29	5	0.72	1.37	1.82	3.45
	m	17.00	55.22	47.65	0.97	4	0.42	0.89	3.31	6.95
	m	16.00	65.18	48.88	1.19	4	0.48	0.98	2.75	5.62
	m	17.00	57.60	53.97	1.10	5	0.62	1.15	0.05	0.10
	m	16.50	58.15	53.29	1.19	4	0.65	1.22	0.18	0.33
	f	15.00	50.88	46.18	1.37	3	0.67	1.44	0.18	0.39
2)	f	16.00	47.16	42.82	1.05	4	0.64	1.49	0.11	0.26
	f	17.50	68.25	62.97	1.17	4	0.82	1.30	0.23	0.36
medel		16.73	58.21	52.53	1.12	4.13	0.64	1.25	0.77	1.47
SD		1.00	8.59	8.19	0.11	0.64	0.13	0.29	1.08	2.18
95 % KI		0.50	4.35	4.14	0.06	0.32	0.07	0.15	0.55	1.10
1) Erosionsskador på stjärtfenan				2) Blek lever						
Karlholm	f	16.00	49.80	45.90	1.12	3	0.43	0.95	0.30	0.66
	m	16.50	57.48	48.43	1.08	3	0.46	0.96	6.57	13.56

	m	19.00	85.56	73.95	1.08	4	0.93	1.26	7.14	9.65	
	m	17.00	61.48	52.48	1.07	3	0.69	1.31	5.82	11.09	
1)	f	16.00	54.64	50.87	1.24	3	0.64	1.26	0.29	0.57	
	m	20.00	106.64	94.89	1.19	5	0.88	0.93	6.54	6.89	
	f	17.00	52.26	48.50	0.99	3	0.45	0.93	0.20	0.41	
	f	16.00	50.05	46.54	1.14	3	0.63	1.34	0.23	0.49	
2)	f	17.00	69.16	60.45	1.23	3	2.41	3.98	2.08	3.44	
	m	15.00	52.05	45.79	1.36	3	0.52	1.14	3.66	8.00	
3)	f	18.00	60.18	55.95	0.96	4	0.56	1.00	0.26	0.47	
	f	16.00	49.66	46.48	1.13	3	0.54	1.16	0.23	0.48	
4)	m	18.00	63.83	55.42	0.95	5	0.67	1.21	4.14	7.46	
	m	19.00	74.20	63.84	0.93	4	0.62	0.98	6.25	9.79	
	m	17.00	62.85	55.52	1.13	4	0.54	0.98	4.51	8.13	
	m	15.50	49.93	42.72	1.15	4	0.73	1.72	4.16	9.74	
	f	19.00	81.43	73.66	1.07	4	1.18	1.60	3.17	4.31	
	m	17.00	59.34	53.25	1.08	4	0.59	1.11	3.11	5.84	
	m	17.00	64.40	56.05	1.14	4	0.72	1.28	4.43	7.91	
	f	19.00	92.09	86.34	1.26	4	1.12	1.29	0.47	0.55	
	med el	17.25	64.85	57.85	1.11	3.65	0.77	1.32	3.18	5.47	
	SD	1.38	15.81	14.15	0.11	0.67	0.44	0.66	2.52	4.32	
	95 % KI	0.61	6.93	6.20	0.05	0.29	0.19	0.29	1.10	1.89	
1) Blek lever		2) Enormt stor lever fotad något blek					3) Erosionsskador på stjärtfenan 4) Erosionsskador på analfena				
Östrand	f	17.00	59.76	55.93	1.14	3	0.60	1.08	0.29	0.52	
	f	15.00	44.91	41.79	1.24	3	0.25	0.61	0.15	0.35	
	m	19.00	102.39	88.08	1.28	5	1.00	1.13	6.51	7.40	
	m	16.00	60.34	53.24	1.30	4	0.45	0.84	3.47	6.52	
	m	19.00	92.66	83.24	1.21	5	1.58	1.90	3.30	3.97	
	f	17.50	74.70	69.97	1.31	3	0.68	0.97	0.24	0.35	
	f	19.00	92.66	85.93	1.25	4	1.04	1.21	0.43	0.50	
	f	18.00	71.40	64.16	1.10	4	0.78	1.21	0.19	0.29	
	f	16.00	60.10	55.42	1.35	4	0.75	1.35	0.18	0.33	
1)	f	15.00	42.44	39.17	1.16	3	0.49	1.24	0.09	0.23	
	m	18.00	84.10	75.72	1.30	5	1.16	1.54	3.61	4.77	
2)	f	17.00	70.92	65.42	1.33	4	0.91	1.40	0.19	0.30	
	f	17.00	52.90	48.35	0.98	3	0.46	0.96	0.22	0.45	
	f	18.50	85.46	79.53	1.26	5	0.90	1.13	0.27	0.34	



	f	15.00	43.64	40.42	1.20	3	0.45	1.12	0.09	0.22
2)	m	20.00	93.38	84.46	1.06	6	1.58	1.87	2.21	2.61
	f	18.00	70.85	66.12	1.13	4	0.63	0.95	0.21	0.32
	m	19.50	81.51	75.19	1.01	5	0.85	1.13	1.24	1.64
3)	f	17.00	58.15	52.70	1.07	3	0.57	1.08	0.22	0.41
3)	m	16.50	53.25	47.20	1.05	4	0.47	0.99	1.75	3.71
medel		17.40	69.78	63.60	1.19	4	0.78	1.19	1.24	1.76
SD		1.52	18.23	16.17	0.11	0.92	0.36	0.31	1.74	2.28
95% KI		0.67	7.99	7.09	0.05	0.40	0.16	0.14	0.76	1.00
1) ett glosöga										
2) eroderad stjärtfena										
3) blek lever										
Norrsundet	m	17.50	64.54	60.32	1.13	4	0.67	1.11	0.09	0.15
	f	18.00	72.70	67.73	1.16	4	0.62	0.92	0.19	0.28
	m	17.00	70.37	64.41	1.31	5	0.83	1.29	0.58	0.90
	m	17.00	54.75	51.95	1.06	4	0.50	0.96	0.16	0.31
1)	f	18.00	70.56	65.18	1.12	4	0.91	1.39	0.51	0.78
	m	17.00	57.41	53.38	1.09	4	0.77	1.45	0.27	0.51
	m	17.00	61.16	57.10	1.16	5	0.68	1.18	0.11	0.19
	f	16.00	50.70	46.56	1.14	4	0.60	1.29	0.24	0.51
	f	16.00	56.32	52.98	1.29	4	0.53	0.99	0.18	0.33
	f	17.50	68.46	63.96	1.19	5	0.79	1.24	0.23	0.36
	f	17.00	58.20	54.22	1.10	4	0.81	1.49	0.24	0.45
	m	15.50	51.18	48.49	1.30	3	0.52	1.07	0.13	0.26
	f	16.00	66.16	62.07	1.52	3	0.80	1.28	0.23	0.37
	f	15.00	38.78	36.34	1.08	3	0.42	1.16	0.16	0.44
	f	15.00	38.75	36.04	1.07	3	0.48	1.33	0.15	0.41
	m	17.00	55.65	51.34	1.04	4	0.68	1.33	0.36	0.70
	m	17.00	58.71	52.58	1.07	5	0.57	1.09	0.07	0.14
medel		16.68	58.49	54.39	1.17	4	0.66	1.21	0.23	0.42
SD		0.93	10.03	9.25	0.12	0.71	0.14	0.17	0.14	0.21
95% KI		0.46	4.92	4.53	0.06	0.35	0.07	0.08	0.07	0.10
1) eroderad stjärtfena										
Korsnäs	f	20.00	118.53	105.98	1.32	4	1.95	1.84	3.88	3.66
	f	19.00	75.14	68.92	1.00	4	0.77	1.12	0.34	0.49
	m	15.00	49.40	42.68	1.26	4	0.43	1.02	3.91	9.16
	m	16.00	55.80	51.30	1.25	4	0.74	1.45	5.35	10.43
	m	17.00	54.80	48.87	0.99	3	0.54	1.10	3.48	7.12

	f	18.00	98.29	54.42	0.93	4	0.47	0.86	0.38	0.70
	f	18.00	74.31	68.53	1.18	3	0.90	1.32	0.22	0.32
	f	20.00	96.30	91.27	1.14	4	1.02	1.11	0.35	0.38
	f	20.00	90.09	84.31	1.05	4	1.10	1.30	0.41	0.49
	f	17.00	53.65	48.82	0.99	3	0.65	1.32	1.42	2.91
	m	15.00	43.90	36.84	1.09	3	0.53	1.44	3.44	9.34
	f	16.00	53.70	49.16	1.20	3	0.50	1.02	0.20	0.41
1)	m	17.00	59.21	51.42	1.05	3	0.74	1.43	2.66	5.17
	f	16.00	55.80	52.06	1.27	3	0.54	1.03	0.31	0.59
	m	15.00	40.02	35.52	1.05	3	0.39	1.10	3.50	9.84
	m	17.00	54.32	46.02	0.94	3	0.57	1.23	4.83	10.50
	f	16.00	51.80	47.90	1.17	3	0.52	1.08	0.24	0.51
	m	15.00	43.91	37.03	1.10	3	0.52	1.40	3.60	9.71
	m	16.00	46.30	39.51	0.96	3	0.54	1.36	3.17	8.03
	f	16.50	58.35	52.40	1.17	4	0.88	1.67	1.69	3.22
medel		16.98	63.68	55.65	1.11	3.40	0.71	1.26	2.17	4.65
SD		1.69	21.45	18.99	0.12	0.50	0.35	0.24	1.78	4.14
95 % KI		0.74	9.40	8.32	0.05	0.22	0.15	0.11	0.78	1.81
1) blek lever										
Vålarö	f	16.00	56.20	52.10	1.27	4	0.57	1.10	0.25	0.49
1)	f	16.50	57.72	53.88	1.20	3	0.62	1.14	0.36	0.67
	f	17.00	71.89	65.15	1.33	3	0.79	1.22	0.42	0.64
	m	16.50	57.81	52.88	1.18	3	0.84	1.60	0.70	1.33
	m	17.00	57.43	53.59	1.09	4	0.81	1.50	0.32	0.60
	m	16.50	58.10	54.22	1.21	3	0.73	1.35	0.16	0.29
	m	16.00	62.80	58.59	1.43	4	1.00	1.70	0.11	0.18
	f	15.00	49.50	45.65	1.35	3	0.54	1.18	0.23	0.50
	f	19.00	101.00	92.65	1.35	5	0.89	0.96	0.61	0.65
2)	m	19.00	96.75	87.60	1.28	5	1.48	1.69	0.45	0.51
	m	17.00	65.34	61.50	1.25	3	0.51	0.83	0.12	0.20
2)	f	19.00	82.34	75.71	1.10	4	1.29	1.71	0.78	1.03
	m	16.00	58.47	53.33	1.30	3	0.91	1.70	0.05	0.10
2)	m	19.00	87.32	80.30	1.17	5	1.25	1.55	0.88	1.10
	m	17.00	66.58	60.65	1.23	4	1.01	1.66	0.33	0.55
	m	15.00	39.37	36.57	1.08	3	0.66	1.81	0.13	0.34
1)	m	15.00	52.45	48.40	1.43	3	0.98	2.03	0.29	0.60
2)	m	18.00	71.77	64.55	1.11	4	1.30	2.02	0.30	0.46

	m	15.00	48.50	44.40	1.32	3	0.62	1.39	0.24	0.55	
	m	16.00	71.24	65.24	1.59	4	0.88	1.35	0.23	0.36	
medel		16.78	65.63	60.35	1.26	3.65	0.88	1.47	0.35	0.56	
SD		1.39	16.04	14.45	0.13	0.75	0.28	0.33	0.23	0.31	
95% KI		0.61	7.03	6.33	0.06	0.33	0.12	0.15	0.10	0.14	
1) 2 dynt		2) Stor lever OK!			Grov fin abborre						
Gräsö	f	19.00	75.10	69.98	1.02	4	1.25	1.79	0.06	0.09	
1)	f	17.50	58.68	62.68	1.17	4	1.17	1.86	0.12	0.19	
1)	f	16.50	50.11	44.64	0.99	5	0.99	2.22	0.22	0.50	
	f	17.50	59.80	54.75	1.02	3	0.83	1.52	0.26	0.48	
	f	18.00	75.40	68.39	1.17	5	0.90	1.32	0.04	0.06	
2)	f	15.00	39.71	36.84	1.09	3	0.42	1.14	0.07	0.20	
	f	18.00	68.25	62.80	1.08	3	1.09	1.74	0.31	0.50	
	m	17.00	69.38	64.98	1.32	4	0.88	1.35	0.18	0.28	
	f	20.00	93.84	87.28	1.09	6	1.18	1.35	0.52	0.59	
	m	15.00	42.26	38.63	1.14	3	0.49	1.27	0.44	1.13	
	f	15.00	33.03	30.62	0.91	3	0.44	1.45	0.11	0.36	
	f	16.50	49.51	45.86	1.02	3	0.85	1.86	0.22	0.49	
	f	20.00	87.58	81.60	1.02	5	1.23	1.50	0.51	0.63	
	m	15.50	50.77	46.42	1.25	3	0.73	1.57	0.44	0.94	
	m	16.50	54.33	50.15	1.12	3	0.84	1.67	0.10	0.20	
	m	15.00	45.30	42.15	1.25	3	0.54	1.28	0.08	0.18	
	f	15.00	49.76	45.78	1.36	3	0.68	1.48	0.24	0.52	
	m	16.00	43.66	39.46	0.96	3	0.51	1.30	0.80	2.04	
	f	15.00	40.26	36.43	1.08	3	0.64	1.75	0.24	0.67	
3)	f	15.00	44.76	40.56	1.20	4	0.65	1.61	0.63	1.56	
medel		16.65	56.57	52.50	1.11	3.65	0.82	1.55	0.28	0.58	
SD		1.69	16.67	15.85	0.12	0.93	0.27	0.26	0.21	0.50	
95 % KI		0.74	7.31	6.95	0.05	0.41	0.12	0.12	0.09	0.22	
1) 2 dynt		2) eroderad stjärtfena			3) blek lever						

## Bilaga 2 Kemiska analyser

### Sediment Enhet: pg/g ts

	Östrand					
	Öst 1	Öst 3	Öst 4	Öst 5 0-2	Öst 5 30	Öst 6
Torrsubstans (%)	32.3	36.5	30.6	22.1	26.3	46.4
Glödförlust (% ts)	13	17.1	7.6	10.5	22.8	3.4
2378-TCDD	15	4.3	2.2	2.7		
12378-PeCDD	2.4	3		2.9	12	
123478-HxCDD	2.5	2.3			17	
123678-HxCDD	20	26	8.4	40	430	3.7
123789-HxCDD	9	11	5.7	16	170	
1234678-HpCDD	56	71	86	170	210	21
OCDD	250	370	420	650	170	110
2378-TCDF	470	36	4	15	7.2	3.3
12378-PeCDF	300	11	4.3	7.7	3	
23478-PeCDF	120	7.4	3.7	7.4	5.4	
123478-HxCDF	510	30	8.5	20	11	
123678-HxCDF	130	11	2.5	11	8.7	
123789-HxCDF	130	3.6	2.3	5.9	2.1	
234678-HxCDF	41	6.9	4.8	8.8	15	
1234678-HpCDF	2400	290	550	490	1800	130
1234789-HpCDF	130	14	5.4	11	6.7	
OCDF	1500	310	560	440	1500	110

	Ortviken		
	Ort 1	Ort 2	Ort 3
Torrsubstans (%)	20.4	15	34.9
Glödförlust (% ts)	10.6	21.4	6.9
2378-TCDD		2.4	3.1
12378-PeCDD			
123478-HxCDD			
123678-HxCDD	4.7	5.6	4.9
123789-HxCDD	2.8	3.9	2.1
1234678-HpCDD	27	32	33
OCDD	130	160	220
2378-TCDF	7.1	17	16
12378-PeCDF	5	4.1	2.9
23478-PeCDF	5.3	5.5	2.5
123478-HxCDF	4.6	5.5	3.5
123678-HxCDF		6.1	2.7
123789-HxCDF			
234678-HxCDF	3	3.2	
1234678-HpCDF	43	160	78
1234789-HpCDF	2.4	3.4	2.3
OCDF	52	670	110

	Iggesund	Ytsediment:						
	Igg6	Igg7	Igg 2 0-2	Igg8	Igg 3 0-2	Igg9	Igg 4 0-2	Igg 5 0-2
Torrsubstans (%)	22.2	13.4	25.5	17.4	16.3	14.7	15.4	25.9
Glödförlust (% ts)	9.4	13.8	10.7	13.7	12.4	20.6	13	10.2
2378-TCDD				3.9	2.2	3.9	2.5	
12378-PeCDD	2.3	3	3.8	8.4	6.7	7.3	7.1	2.6
123478-HxCDD			2.1		4.4	3.3	2.3	
123678-HxCDD	22	41	47	69	100	130	97	36
123789-HxCDD	11	20	18	29	36	46	37	13
1234678-HpCDD	24	44	37	61	72	96	75	28
OCDD	57	110	100	140	190	240	210	75
2378-TCDF	13	25	18	37	39	59	41	13
12378-PeCDF		11		2.9		9.8		
23478-PeCDF	2.4	5.7		4	3	12	3.3	
123478-HxCDF		26		2.9	2.2	9.6	2.4	
123678-HxCDF		11		2.4		5.3		
123789-HxCDF		5.9				6		
234678-HxCDF	2.2	6.1		3.6	2	7	2.3	
1234678-HpCDF	18	60	41	36	65	82	56	22
1234789-HpCDF	2.1	17				5.4		
OCDF	40	230	77	59	95	120	83	30

	Iggesund	Gradient utanför			
	408 0-2	407 0-2	404 0-2	414 0-2	414 36-38
Torrsubstans (%)	15.4	27.8	20.7	17.1	36
Glödförlust (% ts)	12.7	6.2	8.7	9.3	5.8
2378-TCDD					
12378-PeCDD	5.5				
123478-HxCDD					
123678-HxCDD	67	12	4.4	3.2	
123789-HxCDD	28	5.3	2.2		
1234678-HpCDD	57	16	14	17	2.1
OCDD	170	52	52	61	6.3
2378-TCDF	27	8.2	4.3	4.9	
12378-PeCDF					
23478-PeCDF	2.9	2.8	5.2	6.7	
123478-HxCDF	2.2		2.2	3.3	
123678-HxCDF					
123789-HxCDF					
234678-HxCDF				2.5	
1234678-HpCDF	56	77	32	29	5.5
1234789-HpCDF					
OCDF	140	140	61	37	9.6

	Iggesund	Djupprofil:			Igg 2 19- 21	Igg 2 24- 26
	Igg 2 0-2	Igg2 2-4	Igg 2 9-11			
Torrsubstans (%)	25.5	25.4	26.6	26.9	23.1	
Glödförlust (% ts)	10.7	9.3	8.8	8	13.6	
2378-TCDD			2.4	2.7	12	
12378-PeCDD	3.8	5.5	7.3	8.1	13	
123478-HxCDD	2.1		2.9	5.9	11	
123678-HxCDD	47	73	100	130	210	
123789-HxCDD	18	27	40	52	88	
1234678-HpCDD	37	55	76	93	190	
OCDD	100	130	170	300	610	
2378-TCDF	18	30	46	64	190	
12378-PeCDF				3.5	4	
23478-PeCDF		2.8	2.6	4.7	7.3	
123478-HxCDF			2.2	4	4.8	
123678-HxCDF				2.1	3.3	
123789-HxCDF						
234678-HxCDF			2.1	2.8	4.5	
1234678-HpCDF	41	46	68	100	180	
1234789-HpCDF					2.4	
OCDF	77	63	90	170	370	

	Norbergssfjärden			Axmarfjärden	
	Nor 2	Nor 1	Nor 2011	A1	A2
Torrsubstans (%)	18.7	17.5	15.7	14.2	9.24
Glödförlust (% ts)	11.4	11.9	12.5	15.2	15.2
2378-TCDD		2.6	3.2		
12378-PeCDD	5.3	18	9.5	3.2	
123478-HxCDD		13	2.4		
123678-HxCDD	26	48	45	8.3	6.1
123789-HxCDD	13	22	33	5.6	3.5
1234678-HpCDD	32	190	54	54	28
OCDD	86	220	110	160	110
2378-TCDF	15	22	19	8.4	
12378-PeCDF	2.4	8.7	5	4.2	2.9
23478-PeCDF	5.6	41	8.4	10	7.1
123478-HxCDF	3.1	20	6	5.8	3.5
123678-HxCDF	2.1	22	6	6.1	2.3
123789-HxCDF		8.7	4.2	2.8	
234678-HxCDF	2.9	45	8.4	8.4	3.8
1234678-HpCDF	51	98	75	59	84
1234789-HpCDF		17	9.5	7.6	
OCDF	77	76	120	90	100

	Norrsundet					
	N1	N2	N3 0-5	N3 15-20	N4	N5
Torrsubstans (%)	9.5	3.84	16.8	9.28	6.88	40.9
Glödförlust (% ts)	26.8	29.8	28.8	61	36.1	4.2
2378-TCDD	24	41	3.7	20	38	
12378-PeCDD	30	68	4	20	45	2.7
123478-HxCDD	12	32		16	11	
123678-HxCDD	150	590	67	270	320	12
123789-HxCDD	56	210	34	95	110	4
1234678-HpCDD	310	1200	94	320	690	28
OCDD	1200	6300	220	200	2800	210
2378-TCDF	300	560	29	970	280	25
12378-PeCDF	11	10	3.6	15	24	
23478-PeCDF	24	24	7.6	28	24	
123478-HxCDF	15	35	5.3	9	36	
123678-HxCDF	14	42	5.7	6.6	29	7.4
123789-HxCDF	7.1	7.5	3.7	3.6	14	
234678-HxCDF	28	72	9.7	11	70	
1234678-HpCDF	680	4200	84	150	1600	85
1234789-HpCDF	14	29	2	9.6	44	
OCDF	880	4400	89	680	1900	96

	Gävle Yttre Fjärd				Karlholmsviken			
	Gav 2	Gav 3	Gav 4 0-2	Gav 4 5-7	Gav 4 15-17	Kar 1	Kar 2	Kar 4
Torrsubstans (%)	15.5	19.5	13.7	17.2	19.9	13.8	14.6	31.7
Glödförlust (% ts)	17.2	10.8	14.9	13.5	14.6	19.9	16.4	20.8
2378-TCDD	3.6			2.3	5.8			
12378-PeCDD	3.4				4.9			
123478-HxCDD	2.8		3.6	2.1	3.2	2.4		
123678-HxCDD	30	12	14	8.8	46	11	17	20
123789-HxCDD	17	4.2	13	5.5	30	7.1	6.2	5.4
1234678-HpCDD	77	34	51	39	130	460	290	440
OCDD	290	140	200	180	440	3700	2200	3400
2378-TCDF	32	13	17	9.6	54	2.1	7.5	
12378-PeCDF	8.5	3.2	4.6	5.2	8.4	4.3	7.7	2.6
23478-PeCDF	8.3	4.8	12	6.5	10	3.4	5.4	3.2
123478-HxCDF	14	5.9	13	5.3	11	6.9	18	8.7
123678-HxCDF	5.7	3.5	5.1	4	8	8.8	7.5	5.7
123789-HxCDF	2.8		4.1		5	3.7	6.4	3.4
234678-HxCDF	6.5	3.3	7.1	4.4	7.9	8	8	11
1234678-HpCDF	200	130	200	100	190	400	340	260
1234789-HpCDF	5.4	2.1	9.1	3	9.7	8.2	9.2	11
OCDF	450	320	320	240	350	570	340	300

	Gräsö			Edeboviken		
	Gräs 1	Gräs 2	Gräs 3	Ede 1	Ede 3	Ede 4
Torrsubstans (%)	58.6	42.8	18.4	13.4	19.5	14.4
Glödförlust (% ts)	2.3	3.7	10.8	21.6	17.4	15.7
2378-TCDD			4.6			
12378-PeCDD			7.3	3.4		4.4
123478-HxCDD			6.8	7.3		6.8
123678-HxCDD		8.8	13	44	2.2	41
123789-HxCDD		3.8	38	17	2.4	16
1234678-HpCDD	3.2	8.4	33	830	110	780
OCDD	11	19	75	4100	550	3500
2378-TCDF			8.7			3.3
12378-PeCDF			7	3.3		6.8
23478-PeCDF			9.5	4.4	2.2	6.5
123478-HxCDF			9.5	27	4.1	15
123678-HxCDF			7.7	8.6		7.7
123789-HxCDF			6.2	5.2		2.9
234678-HxCDF			8.5	14		8.5
1234678-HpCDF	3.7	48	31	200	31	190
1234789-HpCDF			21	28	4.6	28
OCDF	4.8	43	45	580	75	450

	Vålarö		
	Vål 1	Vål 3	Vål 5
Torrsubstans (%)	31	23.4	17.4
Glödförlust (% ts)	7.1	12.2	13.8
2378-TCDD			
12378-PeCDD			
123478-HxCDD			2.5
123678-HxCDD			5.6
123789-HxCDD			11
1234678-HpCDD	3.2	10	25
OCDD	22	37	96
2378-TCDF			3.9
12378-PeCDF			3.3
23478-PeCDF			9.6
123478-HxCDF			5
123678-HxCDF			3.8
123789-HxCDF			2.5
234678-HxCDF			4.6
1234678-HpCDF	3.6	7.8	23
1234789-HpCDF			5.7
OCDF	4.6	13	38



**Bottenfauna**

	Enhet: pg/g				
	Östrand	Ortviken	Iggesund	Norberg	Axmar
Provvikt (g):	4.389	7.569			
Fetthalt g/100 g			6	4.9	7.2
2378-TCDD	1.2	0.71	0.465	0.158	0.113
12378-PeCDD	0.36	0.3	0.671	0.413	0.079
123478-HxCDD		0.31		0.084	
123678-HxCDD	1.4	5.6	10.8	1.61	1.25
123789-HxCDD	0.8	1.3	3.84	0.328	0.21
1234678-HpCDD	10.7	82	7.02	0.898	1.21
OCDD	45.7	170	9.96	1.43	2.38
2378-TCDF	2.2	2.6	6.42	2.29	2.06
12378-PeCDF	0.66	0.97	0.475	0.919	0.831
23478-PeCDF	1.2	0.52	0.717	0.547	0.55
123478-HxCDF		3.24	0.476	0.24	0.429
123678-HxCDF		1.8	0.34	0.183	0.197
123789-HxCDF					
234678-HxCDF		1.84	0.237	0.194	0.233
1234678-HpCDF	29.5	382	4.51	1.72	3.31
1234789-HpCDF		2.6			
OCDF	7.4	66	2.14	0.42	0.94

	Norrsundet	Norrsundet Chironomider	Norrsundet Macoma	Gävle	Karlholm
	Provvikt (g):				7.569
Fetthalt g/100 g	6				
2378-TCDD	0.371	0.443	1.49	0.44	
12378-PeCDD	0.219	0.467	1.84		
123478-HxCDD	0.164		0.6	1	
123678-HxCDD	0.957	6.97	24.2	0.54	
123789-HxCDD	0.409	2	5.56	0.36	
1234678-HpCDD	2.76	7.21	42.4	2.1	2.1
OCDD	5.34	15.7	165	6.5	9.7
2378-TCDF	5.56	3.44	15.3	2.4	1
12378-PeCDF	0.959	0.412	0.737	0.5	0.35
23478-PeCDF	0.545	0.493	1.48		
123478-HxCDF	0.903	0.884	2.43		0.52
123678-HxCDF	0.467		1.11		
123789-HxCDF			0.448		
234678-HxCDF	0.38	0.811	2.78		
1234678-HpCDF	11.9	16.3	107	3.8	
1234789-HpCDF	0.514		1.01		
OCDF	4.5	4.69	151	5.9	

**Fisk** Enhet: pg/g

	Östrand	Ortviken	Iggesund	Norberg	Korsnäs	Karlholm	Gräsö	Edebo	Vålarö
Provvikt (g):	116.6	101,7			99.8	111.2	109.6	83.5	113.2
Fetthalt g/100g			1.2	1.1					
2378-TCDD		0.04	0.0979	0.022	0.019		0.004	0.023	
12378-PeCDD			0.0431	0.015	0.006		0.005		
123478-HxCDD									
123678-HxCDD	0.024	0.02	0.0211		0.012		0.004	0.066	0.01
123789-HxCDD									
1234678-HpCDD		0.13	0.0618	0.014	0.009	0.04	0.01		0.02
OCDD	0.071	0.7	0.161	0.093	0.04	0.84	0.04	0.23	0.05
2378-TCDF	0.16	0.18	0.409	0.153	0.18	0.35	0.083	0.13	0.19
12378-PeCDF	0.1	0.03	0.073	0.05	0.064	0.19	0.037	0.03	0.03
23478-PeCDF	0.04	0.04	0.065	0.039	0.022		0.035	0.056	0.03
123478-HxCDF			0.094		0.012			0.066	
123678-HxCDF			0.05						
123789-HxCDF									
234678-HxCDF			0.0503						
1234678-HpCDF	0.13	0.04	0.319	0.159	0.014				
1234789-HpCDF			0.077						
OCDF		0.03	0.34	0.095			0.01		

	ALcontrols analyser					Umeå's analyser	
	Axmar 2009	Norrsundet 2009: 2	Norrsundet 2009: 3	Norrsundet 2010	Norrsundet 2011	Norrsundet 2010	Norrsundet 2011
Provvikt (g):					83.9	118.5	107
Fetthalt g/100g	1	1.2	2			0.709	0.766
2378-TCDD	0.02	0.168	0.192	0.286	0.26	0.32	0.29
12378-PeCDD	0.013	0.115	0.107	0.174	0.14	0.2	0.2
123478-HxCDD		0.0174					0.016
123678-HxCDD	0.013	0.0913	0.134	0.182	0.15	0.17	0.25
123789-HxCDD		0.0174		0.0359	0.026	0.02	0.026
1234678-HpCDD	0.024	0.0854	0.259	0.075	0.064	0.031	0.038
OCDD	0.081	0.337	0.972	0.582	0.15	0.055	0.052
2378-TCDF	0.077	0.494	0.486	0.721	0.65	0.75	0.81
12378-PeCDF	0.104	0.143	0.144	0.0773	0.04	0.022	0.027
23478-PeCDF	0.031	0.097	0.174	0.0523	0.062	0.062	0.095
123478-HxCDF	0.033	0.175	0.661			0.011	0.014
123678-HxCDF	0.028	0.056	0.249			0.019	0.018
123789-HxCDF		0.0352				0.012	0.023
234678-HxCDF		0.0595	0.236			0.019	0.013
1234678-HpCDF	0.114	1.57	2.27	0.247	0.6	0.058	0.058
1234789-HpCDF		0.134	0.295				
OCDF	0.087	1.1	2.17	0.0777		0.013	0.011