



Sveriges geologiska undersökning

Bottensedimentens miljökemiska status i och runt Möja–Söderfjärds dumpningsområde

Ingemar Cato



Uppdrag Miljö och energi
Maringeologi

Bottensedimentens miljökemiska status i och runt Möja–Söderfjärds dumpningsområde

SGU-rapport
2003:7

SGU-rapport
2003:7

Bottensedimentens miljökemiska status i och runt Möja-Söderfjärds dumpningsområde

av

Ingemar Cato

© SGU, Uppsala

Referens: Cato, I., 2003: Bottensedimentens miljökemiska status i och runt Möja-Söderfjärds dumpningsområde. *Sveriges geologiska undersökning, SGU Rapp 2003:7*, 19 sid. Uppsala.

Framsida: Östersjön. Foto: I Cato (2002-08-12).

SGU Rapport 2003:1

Bottensedimentens miljökemiska status i och runt Möja-Söderfjärds dumpningsområde

av

Ingemar Cato

Uppdragsområde:	Uppdrag Miljö och energi
Rapport maringeologi nr:	SGUmaringeologi 2003:7
SGU Dnr:	08-732/2002
SGU projektkod:	39038
SGU projektdirektory:	/prj/Moj02/
Datum offert:	2002-09-06
Datum beställning:	2002-09-12
Datum rapport:	2003-03-xx
Uppdragsgivare:	Stockholm Stad Gatu- och fastighetskontoret Region Innerstad
Adress uppdragsgivare:	Box 8311 104 20 STOCKHOLM
Telefon uppdragsgivare:	08-508 262 52 070-4726252
Beställare:	Monica Almquist
Referens uppdragsgivare:	Monica Almquist
Referens/Projektledare SGU:	Ingemar Cato
Projektgrupp SGU:	Ingemar Cato
Adress SGU:	Sveriges geologiska undersökning Box 670 751 28 UPPSALA
Telefon SGU:	018-179 000 (huvudkontor) 070-227 02 53 (SGUs fartyg) 010-279 18 78 (SGUs fartyg)

Innehållsförteckning	sid.
1. Sammanfattning	5
2. Uppdraget	7
3. Bakgrund och tidigare undersökningar	7
4. Metoder	9
4.1 Positionering	9
4.2 Provtagning och bottenbesiktning	9
4.3 Analyser	11
4.4 Bedömning av miljö kvalitet	11
5. Resultat	12
5.1 Tungmetaller	12
5.2 Organiska tennföreningar	13
5.3 Polycykliska aromatiska kolväten	14
5.4 Alifater och aromater	14
5.5 Monocykliska och substituerade monoaromater	16
5.6 Polyklorerade bifenyler (PCB)	17
5.7 Polyklorerade furaner och dioxiner	18
6. Referenser	19

1. Sammanfattning

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har av Stockholms stads Gatu- och fastighetskontor, Region Innerstad, fått i uppdrag att med högupplösande sidoseende ekolod och penetrerande sedimentekolod söka lokalisera föremål samt undersöka bottensedimenten i och runt ett på sjökorten markerat dumpningsområde i Möja – Söderfjärd, Värmdö kommun. SGU lokaliserade ca 450 föremål inom dumpningsområdet. Resultaten från denna del av undersökningen har tidigare avrapporterats. Föreliggande rapport behandlar bottensedimentens miljökemiska status.

Berörda dumpningsområde i Möja-Söderfjärd är aktuellt som en potentiellt möjlig plats för dumpning av rena muddermassor upptagna i Ulvsundasjön i samband med ett större byggprojekt vid Hornsbergs strand på nordvästra Kungsholmen. Anledningen till att massorna skulle transporteras med pråmar ända ut till tippområdet i Möja-Söderfjärd är att de rena lermassorna därigenom skulle kunna nyttiggöras som övertäckningsmaterial för den ammunition som Försvarsmakten en gång sänkte ned i området. En förutsättning för en sådan övertäckning är att koncentrationen av miljögifter inom dumpningsområdets ytsediment inte är för höga och att halterna inte avviker från andra delar av närliggande skärgård.

Ytsedimentens innehåll av tungmetaller och organiska miljögifter har undersökts på två nivåer i åtta sedimentkärnor tagna dels inom dumpningsområdet, dels 300 meter norr respektive söder om området. En av sedimentkärnorna togs invid ett, i en tidigare genomförd undersökning, lokaliserat område med lådliknande föremål i bottenytan och tre prov togs i anslutning till tre lokaliserade båtvrak. Från två väl separerade orörda bottenområden inom själva dumpningsområdet togs slutligen, som referensmaterial, två kärnor. Inför varje provtagning besiktades provtagningsstationen med undervattensvideokamera.

Sedimentationshastigheten i området, bestämd med hjälp av radiocesium (^{137}Cs). Akkumulationen befanns vara relativt hög (12 mm/år till >16 mm/år), dock utan att avvika från många andra djupområden i Stockholms skärgård.

Med undantag för arsenik (As) var i allmänhet koncentrationen av analyserade tungmetaller (Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb och Zn) lägre i ytsedimentet (0-1 cm) jämfört med en bit ned i sedimentet (15-16 cm). Det senare kan tyda på att tungmetallemissionen till området minskat under det senaste decenniet.

Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för kust och hav uppvisade metallerna kadmium (Cd), koppar (Cu), kvicksilver (Hg), bly (Pb) och i ytan även Zn i allmänhet en *tydlig avvikelse* (klass 3) från den naturliga bakgrunden (jämförvärdet) medan arsenik (As), kobolt (Co) krom (Cr) och nickel (Ni) uppvisade *ingen* eller *liten avvikelse* (klass 1-2). På den djupare sedimentnivån (15-16 cm) uppvisade Zn liksom i ett fall även Pb en *stor avvikelse* (klass 4). Detta kan tyda på en tidigare påverkan från punktkällor.

Halten av några organiska tennföreningar (bl a tributyltenn, TBT) undersöktes i tre ytprov. Koncentrationen var låg jämfört med övriga delar av Stockholms mellersta skärgård. Svenska bedömningsgrunder saknas för dessa föreningar, men enligt norska bedömningsgrunder är halten att betrakta som *måttlig* (klass 3).

I samtliga ytprover undersöktes koncentrationen av 16 polycykliska aromatiska kolväteföreningar (PAH). Halten av bens(ghi)perylen var med ett enda undantag *hög* (klass 4), medan koncentrationen av övriga detekterade föreningar var *medelhög* (klass 3) enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder.

Koncentrationen av alifater och aromater undersöktes också i samtliga ytprov. I allmänhet låg halterna under detektionsgränsen, men på några stationer kunde mindre mängder detekteras. I det senare fallet låg halterna för alifater <C5-C16 under Naturvårdsverkets riktvärde för förorenad mark medan alifater >C16-C35 på tre stationer låg straxt över riktvärdet.

Av monocykliska och substituerade monoaromater kunde endast naftalen påvisas i Möja-Söderfjärds sediment. Koncentrationerna ligger en tiopotens högre än de halter som rapporterats från Bohuskustens skärgård, men i nivå med vad som observerats utanför Stenungsund.

Polyklorerade bifenyler (PCB) undersöktes på samtliga stationer. Enligt svenska bedömningsgrunder för kust och hav motsvarade halterna med ett enda undantag klass 5, dvs *mycket hög halt*. Resultaten avviker dock inte från vad som observerats på andra håll i Stockholm skärgård.

Koncentrationen av polyklorerade furaner och dioxiner analyserades i ett prov från dumpningsområdet. Koncentrationen låg dubbelt så högt som i Kosterfjorden med under de halter som rapporterats från Stenungsund.

Sammanfattningsvis kan konstateras att med några undantag (Pb, Zn, bens(ghi)perylen och PCB) är miljökvaliteten i Möja-Söderfjärd med avseende på undersökta ämnen normal, dvs koncentrationerna avviker inte från vad som observerats inom andra områden av Stockholms mellersta skärgårdshav samt Bohuskustens skärgård.

2. Uppdraget

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har av Stockholms stads Gatu- och fastighetskontor, Region Innerstad, fått i uppdrag att undersöka bottensedimentens miljökemiska status i och runt ett på sjökorten markerat dumpningsområde i Möja – Söderfjärd, Värmdö kommun (fig. 1). Dumpningsområdet, ca 0.8 km² stort, har i ett tidigare uppdrag för Stockholms stads Gatu- och fastighetskontor undersökts med högupplösande side scan sonar och penetrerande sedimentekolod (Cato et al. 2002). I samband med dessa undersökningar insamlades sedimentkärnor från nio utvalda punkter såväl inom som utanför dumpningsområdet. Föreliggande rapport omfattar en utvärdering av resultaten över utförda analyser.

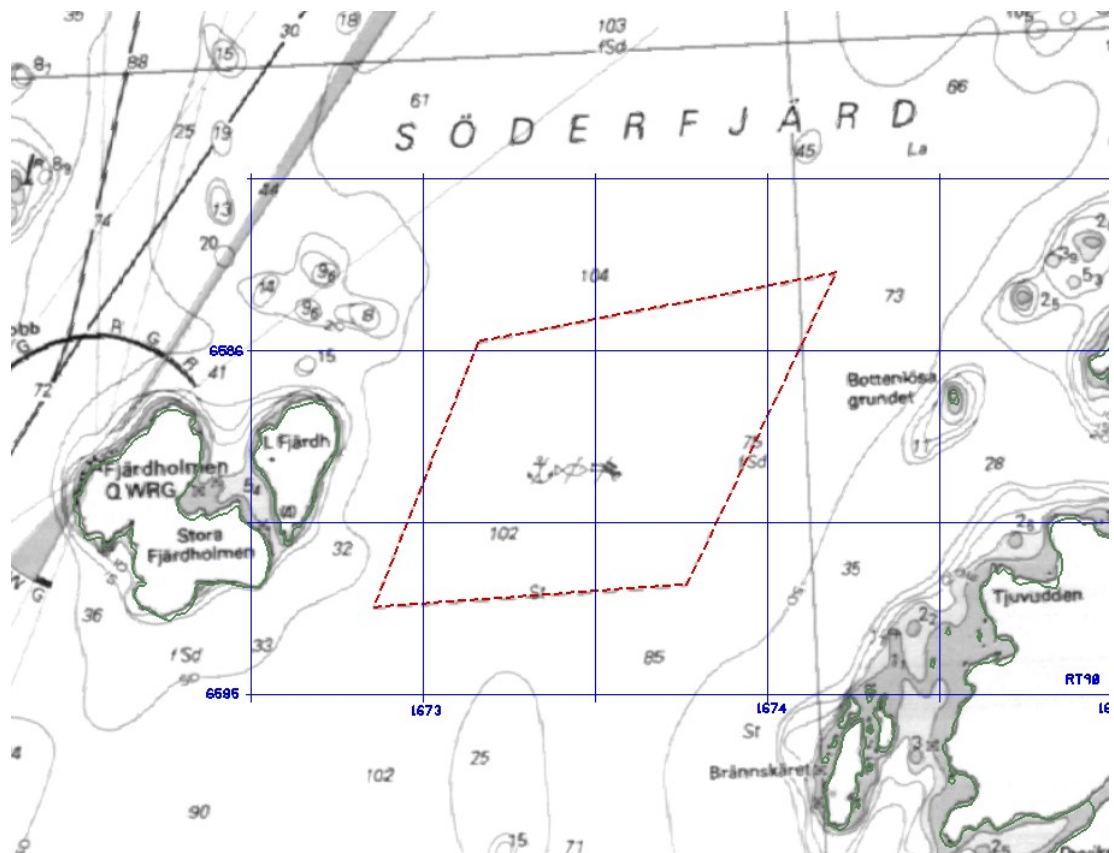


Fig. 1. Utsnitt ur sjökort 712 utvisande ammunitionsdumpningsområdet i Möja-Söderfjärd.

3. Bakgrund och tidigare undersökningar

Från ungefär 1940 och fram till 1970 var dumpning den gängse metoden inom försvaret för att kassera föråldrad eller icke funktionsduglig ammunition. 102 dumpningsplatser finns registrerade, varav 28 är belägna i havet (Wiman 1995, Karlsson 2001). Dumpningsområdet i Möja-Söderfjärd (Fig. 1) utgör en av dessa marina platser. Området har av Försvarsmakten nyttjats för deponering av uttjänt ammunition (flera tiotals ton) fram till 1965. Enligt uppgift har även civil dumpning förekommit på platsen,

vilket också konstaterats i en nyligen genomförd bottenbesiktning (Öhrstedt & Edfors 2002).

Enligt uppgift (Karlsson 2001) utgörs försvarets dumpningar i Möja-Söderfjärd av förekommande kalibrar av granater, patroner, lysammuniton, rökammuniton, tändrör, tändmedel, mm. Ammunitionen är dels dumpad styckevis, dels i låror ifrån fullastade pråmar. Dessutom har enligt Försvarmakten annan militär materiel och skrot från SK/KA 1 dumpats i området.

Försvarmakten initierade under 1992 projektet Miljöfarliga Lämningar. Bakgrunden till projektet var att vissa verksamheter som försvaret driver eller har drivit är, precis som i övriga samhället, potentiellt miljöstörande för det akvatiska ekosystemet. De potentiellt miljöstörande ämnena i dumpad ammunition är metaller samt olika typer av spräng- och tändmedel som kan frigöras då materialet utsätts för korrosion, eller genom diffusion från intakta ammunitionsdetaljer.

Projektet Miljöfarliga Lämningar avsåg att kartlägga försvarmaktens tidigare verksamhet med avseende på miljöpåverkan. Från 1992 och framåt har flera verksamheter inventerats, miljöfarliga lämningar dokumenterats samt preliminärt riskklassats enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för förorenade mark- och vattenområden (Naturvårdsverket 1999a, 1999b). Av de marina dumpningsplatserna har för närvarande Försvarmakten avsökt sju områden, varav sex områden möjligen kan anses vara nöjaktigt utredda (Karlsson & Jonsson 2001, Cato et al. 2002).

SGU har på uppdrag biträtt Försvarmakten med inventering och framtagning av befintliga uppgifter om bottenbeskaffenhet och miljökemisk status på de dumpningsplatser där sådan information finns framtagen (Cato & Kjellin 2001). Möja-Söderfjärd är ett sådant område. Området undersöktes i samband med SGUs maringeologiska kartläggning av hela Stockholms skärgård 1996-2000 (SGU 2002). Från dumpningsområdet finns således översiktlig information om havsbottens uppbyggnad (en kombinerad seismisk/sedimentekolodsmätlinje) samt en heltäckande lågupplösande chirp-sonarbild (pixelstorlek 1x1 m) över botten. Dessa mätningar visade på en dominerande mjukbotten bestående av postglaciala leror i havsbottens översta sedimentlager. Cirka tre kilometer norr om tipplatsen har SGU taget ett sedimentprov (10j-238) som analyserats med avseende på grundämnen (bl a tungmetaller), näringsämnen och organiska miljögifter. Upplösningen i de av SGU genomförda undersökningarna i samband med den maringeologiska kartläggningen av berörda kartområde (10j) har inte medgett någon identifiering av dumpade ammunitionslådor.

På uppdrag av Försvarmakten undersökte därför Institutionen för geovetenskaper Möja-Söderfjärd och Trälhavet med side scan sonarteknik (100/500 kHz) 2001. I Möja-Söderfjärd omfattade undersökningen fyra mätlinjer med en positionsnogrannhet av ± 50 m. I dumpningsområdet identifierades fem sonarekon som enligt undersökningens slutrapport ”skulle kunna vara dumpad ammunition” (Karlsson & Jonsson 2001). Författarna bedömde också att ”ammunitionen sannolikt ligger nedsjunken i bottensedimentet”.

Berörda dumpningsområde i Möja-Söderfjärd har åter blivit aktuellt som en möjlig plats för dumpning, men i detta fall skulle dumpningen bestå av rena muddermassor, ca 100 000 – 135 000 m³, upptagna i Ulvsundasjön i samband med ett större byggpro-

jekt vid Hornsbergs strand på nordvästra Kungsholmen. Anledningen till att massorna skulle transporteras med pråmar ända ut till tippområdet i Möja-Söderfjärd är att de rena lermassorna därigenom skulle kunna nyttiggöras som övertäckningsmaterial för de berörda försvarsmaktsdumpningarna.

Möjligheterna att dumpa muddermassor på platsen har dock ansetts nödvändigt att utreda närmare, bl a genom undersökningar som kan klarlägga om dumpad materiel är synlig i bottenytan eller om material har sjunkit ned i bottensedimenten.

Mot bakgrund av det senare undersökte SGU på uppdrag av Stockholm stads Gatu – och fastighetskontor, Region Innerstad, SGU i juni 2002 dumpningsområdet med hög-upplösande (500kHz) side scan sonarteknik och penetrerande sedimentekolod (3,5/7 kHz). Sex vrak och ca 450 mindre (2-3 m och mindre) föremål lokaliserades (Cato & Kjellin 2002). Under oktober 2002 genomförde Försvarsmakten, också på uppdrag av Stockholm stads Gatu – och fastighetskontor, Region Innerstad, en identifiering av 74 av dessa föremål och vrak med hjälp av en ROV (Remote Operating Vehicle), dvs. en fjärrmanövrerad undervattensfarkost utrustad med bl a videokamera (Öhrstedt & Edfors 2002). Merparten av de identifierade föremålen visade sig vara skrot, men även några troliga ammunitionslådor identifierades.

I samband med SGUs undersökningar i juni 2002 togs 9 sedimentprover i och runt dumpningsområdet. Dessa prov har analyserats med avseende på bl a ett antal tungmetaller och organiska miljögifter i syfte att ge svar på bottensedimentens miljökemiska status, dvs grad av eventuell föroreningsbelastning vid dumpningsplatsen. I föreliggande rapport redovisas analysresultaten.

4 Metoder

Positionering

Som positionsreferens i samband med provtagningarna nyttjades Differentiell GPS, där korrektionerna erhöles från EPOS Premium systemet. Uppskattningsvis ger DGPS en positionsnoggrannhet av 1-2 meter. Samtliga positioner i denna undersökning är angivna i Rikets Nät koordinatsystem RT38/RT90.

Provtagning och bottenbesiktning

Provtagningar av bottensediment genomfördes från SGUs undersökningsfartyg S/V Ocean Surveyor den 26 juni 2002. Med hjälp av ett dubbelpipigt gravitationslod, s.k. Gemini Corer, provtogs åtta från sonarmosaiken (se Cato et al. 2002) utvalda stationer, sex inom och två utanför dumpningsområdet (tabell 1, figur 2). De två senare stationerna låg ca 300 meter norr, respektive söder om dumpningsområdet. Ytterligare en provtagning genomfördes med gravitationslod inom ett område där en ”mörk” fläck observerades i bottenytan på sonogrammet. ”Fläcken” visade sig vara en kraftig reflektionseffekt av mycket ytlig naturlig sedimentgas, varför den inte behandlas vidare i föreliggande rapport.

Tabell 1. Positioner och vattendjup för provtagningar inom dumpningsområdet Möja-Söderfjärd.

Station	Provnr.	Position X (RT38/RT90)	Position Y (RT38/RT90)	Vattendjup (m)	Anmärkning
P1	10j-328	6585390	1673046	102	Vid vrak
P2	10j-329	6585315	1673187	101	Vid vrak
P3	10j-330	6585359	1673248	100	Vid vrak
P4	10j-331	6585722	1673223	102	Vid "lådtätt" område
P5	10j-332	6585494	1673472	101	Referens inom området
P6	10j-333	6585988	1673644	103	Referens inom området
P7	10j-334	6585026	1673522	98	Referens ca 300 m söder om området
P8	10j-335	6586415	1673664	102	Referens ca 300 m norr om området
P9	10j-336	6585831	1673519	102	Mörk "fläck" på sonarbilden

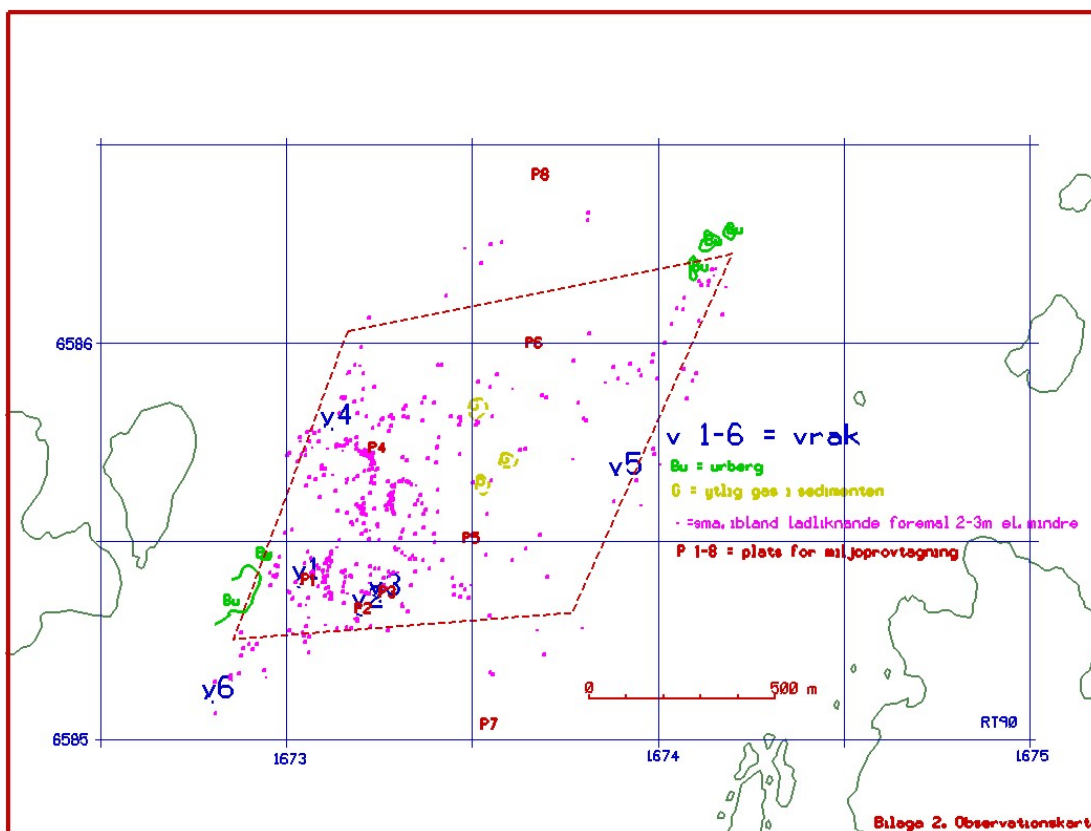


Fig. 2. Karta över dumpningsområdet i Möja-Söderfjärd utvisande föremål (vrak och mindre objekt), ytlig sedimentgas och uppstickande urberg, samt platser för sedimentprovtagning (P1 – P9).

Inom den på sjökort markerade dumpningsplatsen provtogs en station förlagd till ett område med laddliknande föremål i bottenytan. Tre provtagningsstationer förlades i anslutning till befintliga båtvrak, en provtagningsstation per utvalt vrak. Från två väl separerade orörda bottenområden inom dumpningsområdet togs slutligen, som referensmaterial, två prov. På varje station togs fyra, ca 70 cm långa sedimentkärnor.

Inför varje provtagning genomfördes en visuell besiktning av havsbotten på den utvalda provtagningsstationen med hjälp av en undervattensvideokamera monterad i en stålställning. Med hjälp av en vinsch placerades ställningen på havsbotten varvid observationer av den närmaste omgivningen kunde genomföras i syfte att klarlägga platsens lämplighet som provtagningslokal. Platsbesiktningen dokumenterades genom bandinspelning och observationsprotokoll (tabell 2).

De upphämtade sedimentkärnorna överfördes till en "Core Extruder" varpå de försiktigt dränerades på överliggande bottenvatten innan de översta 25 centimetrarna av en kärna från respektive provtagningsplats snittades i 1-centimetersskivor. Sedimentskivorna placerades i plastburkar och frystes i väntan på vidare analys. Från resterande tre kärnor på respektive station togs dessutom ett samlingsprov av den översta 0-1 cm. Dessa prov överfördes till steriliserade glasburkar som täcktes med aluminiumfolie mellan burk och lock innan de frystes in i väntan på vidare analys. De senare proverna analyserades med avseende på organiska miljögifter. Övriga prov analyserades med avseende på aktiviteten av radiocesium (^{137}Cs), varefter de frystorkades för vidare analys av tungmetallinnehåll och andra grundämnen.

Analyser

Kemiska analyser på insamlade prov utfördes under hösten och vintern 2002/2003 av följande ackrediterade laboratorier: Analytica i Luleå (grundämnen), Analytica i Stockholm (organiska miljögifter) samt MikroKemi i Uppsala (kol och kväve).

Grundämnen är analyserade efter total uppslutning av sedimentet i enlighet med rekommendationer från ICES (International Council for the Exploration of the Sea). Analysmetoderna finns översiktligt beskrivna i Cato (1997).

4.4 Bedömning av miljö kvalitet

Ytsedimentens miljöstatus inom och invid dumpningsområdet i Möja-Söderfjärd har bedömts och klassats i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet i kust och hav (Naturvårdsverket 1999).

Klassningen omfattar 5 klasser för tungmetaller, där klass 1 (blå färg) motsvarar ingen/obetydlig avvikelse från jämförvärdet, dvs. avvikelse från den naturliga bakgrunden och klass 5 (röd färg) ett starkt påverkat område med mycket stor avvikelse från jämförvärdet av ifrågavarande tungmetall (tabell 2). När det gäller organiska miljögifter motsvarar klass 1 (blå färg) ingen halt och klass 5 (röd färg) en mycket hög halt.

Svenska bedömningsgrunder finns inte för alla de ämnen som undersökts inom ramen för föreliggande undersökning. I dessa fall redovisas enbart koncentrationsdata.

Tabell 2. Nomenklatur för svenska bedömningsgrunder enligt Naturvårdsverket (1999).

Klass	Färg	Metaller (avvikelse från jämförvärdet, naturlig bakgrund)	Organiska miljögifter
1	blå	Ingen/obetydlig avvikelse	Ingen halt
2	grön	Liten avvikelse	Låg halt
3	gul	Tydlig avvikelse	Medelhög halt
4	orange	Stor avvikelse	Hög halt
5	röd	Mycket stor avvikelse	Mycket hög halt

5. Resultat

Sedimenten utgör en mycket väsentlig sänka för metaller och organiska miljögifter, och halterna i sedimenten återspeglar i hög grad halter och flöden i vattenmassan. De analysdata som redovisas avser det översta sedimentskiktet (0-1 cm) av botten samt när det gäller grundämnen även en djupare liggande sedimentnivå (15-16 cm djup). Det översta skikt (0-1 cm) motsvarar den senaste tidens sedimentation och materialets kemiska status speglar den aktuella miljöbelastningen inom området. Det djupare skiktet är avsatt längre tillbaks i tiden och speglar, beroende på sedimentationshastigheten, belastningen något decennium tidigare.

Resultaten från bottenytebesiktningen, provtagningen och beskrivningen av sedimentkärnorna finns redovisade i rapporten från den första fasen av undersökningen i området (Cato et al. 2002). Den visade att sedimenten inom och runt tippplatsen utgörs av reducerade, okonsoliderad, postglacial lergyttja, dvs finkorniga recenta leror med en organisk halt varierande mellan 6 och 20 %.

I berörda rapport redovisas också sedimentationshastigheten inom området. Hastigheten, som bestämts med hjälp av radiocesium (^{137}Cs), varierar mellan 12 - >16 mm/år. I referensområdena 300 meter norr respektive 300 meter söder om markerat dumpningsområde var sedimentationshastigheten densamma (14 mm/år).

Analysdata för samtliga 57 analyserade grundämnen och organiska miljögifter presenteras i tabellerna 3 och 9.

5.1 Tungmetaller

Koncentrationen av tungmetaller på två nivåer i bottensedimenten (0-1 cm respektive 15-16 cm djup) i Möja Söderfjärd redovisas i tabell 3 tillsammans med klassindelningen enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för kust och hav (Naturvårdsverket 1999).

I allmänhet är koncentrationsvariationen för respektive metall relativt liten, vilket förklaras av att sedimentkärnorna ligger relativt nära varandra och inom samma depositionsområde. Noterbart är att koncentrationen för arsenik (As) i ytsedimenten (0-1 cm) är något högre än koncentrationen på 15-16 cm sedimentdjup. För övriga

Tabell 3. Tungmetallkoncentrationen på två sedimentnivåer i dumpningsområdet, Möja Söderfjärd. Färgerna visar vilken miljö kvalitetsbedömningen enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för kust och hav (se tabell 2).

Metall	Sed.djup	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Prov nr	cm	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS
10j-328	0-1	13,9	0,744	13,7	80,1	40,6	0,27	34,8	49,1	167
10j-328	15-16	12,4	1,17	15,5	82,9	26,6	0,266	36,1	64,8	196
10j-329	0-1	14,1	0,764	13,2	81,7	40,1	0,207	34,1	60,9	164
10j-329	15-16	14	1,12	26,6	83,5	47,1	0,206	41,4	60,6	217
10j-330	0-1	12,6	0,736	17,3	76,2	39,9	0,175	34,3	42,6	156
10j-330	15-16	12,5	0,984	20,9	88,5	47	0,216	39,8	60,3	215
10j-331	0-1	12,8	0,639	17,7	85,3	38,9	0,145	32,7	44,3	157
10j-331	15-16	10,8	0,941	20	94,3	46,4	0,214	38,8	61,1	200
10j-332	0-1	12,9	0,694	16,7	88,7	40,5	0,208	33,7	45,3	161
10j-332	15-16	10,9	0,928	13,8	88,5	46,6	0,157	38,5	69,5	203
10j-333	0-1	13	0,701	14,8	87,3	39,5	0,152	33,3	47,7	161
10j-333	15-16	11,9	0,871	18,6	97,9	46,4	0,183	39,1	62,7	203
10j-334	0-1	14,4	0,601	18,7	86,1	40,5	0,136	36,8	49,5	163
10j-334	15-16	14,1	1,07	15,7	90,1	48,5	0,15	40,4	65,8	212
10j-335	0-1	14,6	0,684	16,6	84,7	42	0,141	36,4	49,4	170
10j-335	15-16	11,6	1,01	17,5	94,4	48,6	0,146	39,4	66,4	208

metaller, kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), koppar (Cu), kvicksilver (Hg), nickel (Ni), bly (Pb) och zink (Zn), är förhållandena med några få undantag det omvända. Det senare kan tyda på att tungmetallemissionen till området minskat under det senaste decenniet.

Tungmetallerna As, Co, Cr och Ni uppvisar, med några få undantag, enligt bedömningsgrunderna *ingen/obetydlig* (klass 1) till liten *avvikelse* (klass 2) från jämförvärdet, dvs de förekommer i låga koncentrationer. Däremot uppvisar Cd, Cu, Hg, Pb och i ytan även Zn i allmänhet en *tydlig avvikelse* (klass 3). På den djupare sedimentnivån (15-16 cm) uppvisar Zn liksom i ett fall (station 10j-332) även Pb en *stor avvikelse* (klass 4). Detta kan tyda på en tidigare påverkan från punktkällor.

Sammanfattningsvis kan konstateras att med några få undantag (gäller Pb och Zn) är miljö kvaliteten i Möja-Söderfjärd med avseende på tungmetaller normal, dvs tungmetallkoncentrationerna avviker inte från vad som observerats inom andra områden av Stockholms mellersta skärgårdshav.

5.2 Organiska tennföreningar

Koncentrationen av organiska tennföreningar, däribland tributyltenn (TBT), undersöktes på tre stationer inom dumpningsområdet i Möja Söderfjärd (tabell 4, figur 1). Endast tre föreningar kunde detekteras; tributyltenn (TBT) och dess nedbrytningsprodukter dibutyltenn (DBT) och monobutyltenn (MBT). Halten av TBT varierade mellan 18 och 22 µg/kg, halten DBT mellan 2 och 10 µg/kg och halten MBT mellan 11 och 13 µg/kg.

Tabell 4. Organiska tennföreningar i ytsediment, dumpningsområdet, Möja Söderfjärd.

Organisk tennförening		Enhet	10j-328 nivå 0-1 cm Möja Söder- fjärd	10j-331 nivå 0-1 cm Möja Söder- fjärd	10j-335 nivå 0-1 cm Möja Söderfjärd
Torrsubstans 105°C	TS	%	23,1	7,3	9,4
dibutyltenn	DBT	µg/kg TS	8	2	10
difenyltenn	DFT	µg/kg TS	<1	<1	<1
dioktyltenn	DOT	µg/kg TS	<1	<1	<1
monobutyltenn	MBT	µg/kg TS	12	13	11
monofenyltenn	MFT	µg/kg TS	<1	<1	<1
monooktyltenn	MOT	µg/kg TS	<1	<1	<1
tetrabutyltenn	TeBT	µg/kg TS	<1	<1	<1
tributyltenn	TBT	µg/kg TS	18	18	22
tricyklohexyltenn	TCHT	µg/kg TS	<1	<1	<1
trifenyltenn	TFT	µg/kg TS	<1	<1	<1

Koncentrationerna i Möja Söderfjärd ligger förhållandevis lågt i jämförelse med de halter (<1 – 99 µg/kg) som påträffats i övriga Stockholms skärgård och långt under de halter som påträffats i svenska hamnar och marinor (se Cato 2003). Svenska bedömningsgrunder för organiska tennföreningar saknas. Enligt norska bedömningsgrunder för TBT är halten i Möja Söderfjärd *måttlig* (dvs. klass 3 av fem klasser) (SFT 1997).

5.3 Polycykliska aromatiska kolväteföreningar (PAH)

Koncentrationen av sexton polycykliska aromatiska kolväteföreningar (16 PAH) i ytsedimenten inom dumpningsområdet i Möja Söderfjärd redovisas i tabell 5. I allmänhet ligger föreningarna under detektionsgränsen. Föreningarna fluoranten, pyren, bens(k)fluoranten och bens(a)pyren detekterades endast i sedimentkärna 10j-328. Bens(b)fluoranten, bens(ghi)perylene och indeno(123cd)pyren däremot detekterades i de flesta ytsedimentproven.

Halten av bens(ghi)perylene var med ett enda undantag *hög* (klass 4), medan koncentrationen av övriga detekterade föreningar var *medelhög* (klass 3) enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Naturvårdsverket 1999).

Resultaten avviker inte från andra områden i Stockholms mellersta skärgårdshav.

5.4 Alifater och aromater

Koncentrationen av alifater och aromater i ytsedimenten inom och runt dumpningsområdet i Möja Söderfjärd presenteras i tabell 6. I allmänhet låg koncentrationerna under detektionsgränsen. I ytsedimenten på station 10j-328 och 10j-331 uppmättes

Tabell 5. Polycykliska aromatiska kolväteföreningar (PAH) i ytsedimenten (0-1 cm), dumpningsområdet, Möja Söderfjärd. Föreningar markerade med stjärna (*) ingår i summa cancerogena PAH.

Förening/Prov	Enhet	10j-328	10j-329	10j-330	10j-331	10j-332	10j-333	10j-334	10j-335
Sed.djup	cm	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
TS 105°C	%	23,1	16,6	6,5	7,3	16,2	17	9,4	9,4
	mg/kg								
fenantren	TS	<0,050	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
antracen	TS	<0,050	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
fluoranten	TS	0,078	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
pyren	TS	0,05	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
*bens(a)antracen	TS	<0,050	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
*krysen	TS	<0,050	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
*bens(b)fluoranten	TS	0,12	0,11	0,095	0,11	0,11	<0,080	<0,080	0,084
	mg/kg								
*bens(k)fluoranten	TS	0,054	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
*bens(a)pyren	TS	0,062	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
benso(ghi)perylen	TS	0,12	0,11	0,1	0,11	0,12	0,1	0,11	0,093
	mg/kg								
*indeno(123cd)pyren	TS	0,12	0,086	0,08	0,1	0,097	0,081	0,089	<0,080
	mg/kg								
Sum 11 PAH	TS	0,50	0,31	0,28	0,32	0,32	0,18	0,2	0,18
	mg/kg								
fluoren	TS	<0,050	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
*dibens(ah)antracen	TS	<0,050	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
acenaften	TS	<0,050	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
acenaftylen	TS	<0,050	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080
	mg/kg								
summa 16 EPA-PAH	TS	0,75	0,49	0,43	0,59	0,51	0,32	0,2	0,32
	mg/kg								
*PAH cancerogena	TS	0,36	0,19	0,18	0,21	0,2	0,081	0,089	0,084
	mg/kg								
PAH övriga	TS	0,4	0,3	0,25	0,38	0,3	0,49	0,11	0,24

förhållandevis låga koncentrationer av alifater med mer än fem kolatomer. Små mängder av alifater kunde också spåras i sedimentkärnorna 10j-332 och 10j-335. Inga aromater kunde detekteras.

Svenska bedömningsgrunder för kust och hav saknas vad gäller denna typ av kolväteföreningar. Vid en jämförelse med det riktvärde (KM) som enligt Naturvårdsverket (1999a) gäller vid tillståndsklassificering av mark kan konstateras att halterna för alifater <C5-C16 i Möja-Söderfjärd ligger under riktvärdet medan alifater >C16-C35 på tre stationer ligger straxt över riktvärdet.

Tabell 6. Alifatiska och aromatiska kolväteföreningar i ytsedimenten (0-1 cm), dumpningsområdet, Möja Söderfjärd.

Förening/Prov	Enhet	10j-328	10j-329	10j-330	10j-331	10j-332	10j-333	10j-334	10j-335
Sed.djup	cm	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
TS 105°C	%	23,1	16,6	6,5	7,3	16,2	17	9,4	9,4
alifater >C10-C12	mg/kg TS	13	<15	<15	5,9	16	<15	<15	<15
alifater >C12-C16	mg/kg TS	19	<15	<15	15	<15	<15	<15	<15
alifater >C16-C35	mg/kg TS	360	<150	<150	370	<150	<150	<150	160
alifater >C5-C16	mg/kg TS	32	<40	<40	21	16	<40	<40	<40
alifater >C5-C8	mg/kg TS	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
alifater >C8-C10	mg/kg TS	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
aromater >C10-C35	mg/kg TS	<1,3	<5,6	<5,6	<1,3	<5,6	<5,6	<5,6	<5,6
aromater >C8-C10	mg/kg TS	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0

5.5 Monocykliska och substituerade monoaromater

Av de monocykliska och substituerade monoaromaterna naftalen, bensen, toluen, etylbensen och xylener kunde endast naftalen detekteras (tabell 7). Föreningen detekterades i samtliga utom ett ytsedimentprov. Koncentrationen varierade från

Tabell 7. Monocykliska och substituerade monoaromatiska kolväteföreningar i ytsedimenten (0-1 cm), dumpningsområdet, Möja Söderfjärd.

Prov/ Förening	Enhet	10j-328	10j-329	10j-330	10j-331	10j-332	10j-333	10j-334	10j-335
Sed.djup	cm	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
Naftalen	mg/kg TS	0,15	0,15	0,15	0,27	0,19	0,14	<0,050	0,15
Bensen	mg/kg TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Toluen	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Etylbensen	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
summa xylener	mg/kg TS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
summa TEX	mg/kg TS	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080	<0,080

<0,05 till 0,27 mg/kg TS. Detta kan jämföras med den spridning i koncentration (0,0019 – 0,031 mg/kg TS) som noterades från 12 stationer utmed Bohuskusten re-

spektive i Brofjorden (0,0061 – 0,032 mg/kg TS) 1995 (Cato 1997). Halterna i Möja-Söderfjärd ligger en tiopotens högre än i dessa områden, men i nivå med den variation i halter som observerats i Hakefjorden utanför Stenungsund (0,0037 – 0,17 mg/kg TS) (Cato 1997a).

Svenska bedömningsgrunder för naftalen saknas.

Humus och dess nedbrytningsprodukter är i huvudsak uppbyggda av aromatiska (bensen och naftalen) och heteroaromatiska (pyrrol, furan och indol) ringsystem sammankopplade till högmolekylära system (Shevchenko & Bailey 1996). Det kan inte uteslutas att detekterat naftalen kan häröra från det organiska materialet i sedimentet och därmed ingå i den naturliga bakgrunden.

5.6 Polyklorerade bifenyler (PCB)

Ytsedimentens (0-1 cm) innehåll av sju polyklorerade bifenyler (PCB) redovisas i tabell 8. I allmänhet låg koncentrationerna under analysmetodens relativt höga detektionsgräns på 0,009 mg/kg TS. På stationerna 10j-330, 10j-331 och 10j-335 översteg dock koncentrationen för flera PCB-kongenerna detektionsgränsen. Enligt svenska bedömningsgrunder för kust och hav motsvarade halterna med ett enda undantag klass 5, dvs *mycket hög halt*. Resultaten avviker dock inte från vad som observerats på andra håll i Stockholm skärgård (t ex Cato et al. 2002).

Tabell 8. Ytsedimentens innehåll av polyklorerade bifenyler (PCB), dumpningsområdet, Möja Söderfjärd.

ELEMENT	Enhet	10j-328	10j-329	10j-330	10j-331	10j-332	10j-333	10j-334	10j-335
Sed.djup	cm	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
TS 105°C	%	23,1	16,6	6,5	7,3	16,2	17	9,4	9,4
pcb 28	mg/kg TS	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
pcb 52	mg/kg TS	<0,009	<0,009	<0,009	<0,0090	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
pcb 101	mg/kg TS	<0,009	<0,009	0,027	<0,0090	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
pcb 118	mg/kg TS	<0,009	<0,009	0,035	<0,0090	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
pcb 153	mg/kg TS	<0,009	<0,009	0,01	0,01	<0,009	<0,009	<0,009	0,012
pcb 138	mg/kg TS	<0,009	<0,009	<0,009	0,0099	0,0099	<0,009	<0,009	0,012
pcb 180	mg/kg TS	<0,009	<0,009	<0,009	0,0094	<0,009	<0,009	<0,009	<0,009
summa 7 st pcb	mg/kg TS	<0,032	<0,032	0,072	0,029	0,0099	<0,032	<0,032	0,024

5.7 Polyklorerade furaner och dioxiner

Koncentrationen av polyklorerade furaner och dioxiner analyserades i ett ytprov (10j-331) från dumpningsområdet i Möja Söderfjärd. Resultaten redovisas i tabell 9.

Flertalet studerade isomerer kunde detekteras. Summan av dibenso-p-dioxiner (PCDD) och dibensofuraner (PCDF) uppgår till 1 005 ng/kg TS. Detta kan jämföras med motsvarande värden från t ex Kosterfjorden 1995 (581 ng/kg TS), Stenungsund 1995 (2 153 ng/kg TS) eller Göta älv 1995 (1 667 ng/kg TS) (Cato 1997a).

Svenska bedömningsgrunder för polyklorerade dioxiner och furaner i kust- och havssediment saknas. Resultaten visar dock att halten av polyklorerade furaner och dioxiner i Möja-Söderfjärd indikerar en antropogen påverkan om än måttlig.

Tabell 9. Polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) och dibensofuraner (PCDF) i ett ytsedimentprov(0-1 cm) från dumpningsområdet i Möja Söderfjärd.

Isomerer respektive summa CDD och CDF	SAMPLE	10j-331 nivå 0-1 cm Möja Söderfjärd
TS 105°C	%	7,3
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDD	ng/kg TS	64
1,2,3,4,6,7,8-heptaCDF	ng/kg TS	79
1,2,3,4,7,8-hexaCDD	ng/kg TS	<6
1,2,3,4,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	7,1
1,2,3,4,7,8,9-heptaCDF	ng/kg TS	14
1,2,3,6,7,8-hexaCDD	ng/kg TS	13
1,2,3,6,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	7,1
1,2,3,7,8,9-hexaCDD	ng/kg TS	6
1,2,3,7,8,9-hexaCDF	ng/kg TS	<6
1,2,3,7,8-pentaCDD	ng/kg TS	<4
1,2,3,7,8-pentaCDF	ng/kg TS	4,9
2,3,4,6,7,8-hexaCDF	ng/kg TS	7,5
2,3,4,7,8-pentaCDF	ng/kg TS	7,4
2,3,7,8-tetraCDD	ng/kg TS	<2
2,3,7,8-tetraCDF	ng/kg TS	4,6
oktakilordibensdioxin OCDD	ng/kg TS	630
oktakilordibensfuran OCDF	ng/kg TS	160
Sum PCDD	ng/kg TS	713
Sum PCDF	ng/kg TS	292
Sum PCDD + PCDF	ng/kg TS	1 005

6. Referenser

- Cato, I., 1997: Contaminants in the Skagerrak and Kattegat Sediments. *In* Cato, I. & Klingberg, F., (eds.): Proceedings of the Fourth Marine Geological Conference - the Baltic. *Sveriges geologiska undersökning Ser. Ca 86, 21-35*. Uppsala.
- Cato, I., 1997a: Sedimentological investigations of the Bohus Coast 1995 and recent trends in coastal environmental sediment quality - a report from five trend-monitoring programmes. *Geological Survey of Sweden, SGU Rapporter och Meddelanden no. 95*, pp. 3-4. Uppsala
- Cato, I., 2003: Organotin compounds in Swedish sediments – an overlooked problem. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2003:4*, 6-8.
- Cato, I. & Kjellin, B., 2001: Vid SGU tillgänglig botteninformation inom försvarsmaktens tidigare havsdumpningsplatser för ammunition. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2001:2*, 59 sid.
- Cato, I., Kjellin, B., Klingberg, F. & Elhammer, A., 2002: Undersökning av dumpningsområde i Möja-Söderfjärd. *Sveriges geologiska undersökning SGU-rapport 2003:4*, 17 sid.
- Karlsson, M.O., 2001: Sammanställning av tillgängliga data över försvarsmaktens tidigare havsdumpningsplatser för ammunition. Rapport Försvarsmakten, 4.Minkrigsflottiljen, Hårsfjärden, 70 sid.
- Karlsson, M.O. & Jonsson, P., 2001: Bottenundersökning av ammunitionsdumpningsplatserna Möja Söderfjärd och Trälhavet 2001. Rapport juli 2001 Inst. För geovetenskaper, Uppsala universitet, 10 sid.
- Naturvårdsverket, 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och hav. *Naturvårdsverket Rapport 4914*, 134 sid.
- Naturvårdsverket, 1999a: Metodik för inventering av förorenade områden – Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Vägledning för insamling av underlagsdata. *Naturvårdsverket Rapport 4918*, 150 sid.
- Naturvårdsverket, 1999b: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Kust och hav. *Naturvårdsverket Rapport 4914*, 134 sid.
- Shevchenko, S.M. & Bailey, G.W., 1996: Life after death: Lignin-Humic Relationships. *Reexamined 26*, 95-101.
- SFT 1997: Veiledning, klassifisering av miljö kvalitet i fjorder og kystfarvann. Stiftelsen Sørlandets Teknologi, SFT Rapport nr 97:03 (TA-1467).
- SGU 2002: Maringeologiska kartan Värmdö. *Sveriges geologiska undersökning Ser Am 8*.
- Wiman, L., 1995: Ammunitionsdumpning: förteckning över platser, mängder och ammunitionsrester. Försvarsmakten HKV, Stockholm.
- Öhrstedt & Edfors, 2002: Bottenundersökning Möja Söderfjärd. HMS Skaftö 021121 & 021126. Rapport Försvarsmakten, 4.Minkrigsflottiljen, 16 sid.

