

Utredning av tippplatser för muddermassor i öppet hav utanför Nynäshamn

Per Jonsson, JP Sedimentkonsult
2008-11-10

1. Sammanfattning

Stockholms Hamn AB planerar att anlägga en ny hamn vid Norvikudden i Nynäshamn. Vid byggandet av hamnen beräknar man att behöva ta upp ca 850 000 m³ bottensediment för att kunna anlägga kajer och planer. Man beräknar att massorna kommer att anta en slutlig volym på ca 1 100 000 m³ som är tänkta att tippas på en lämplig tippplats i havet inom Nynäshamns närområde.

Stockholms Hamnar har tidigare undersökt ett flertal tänkbara tippplatser som alla varit belägna inom skärgårdens mer skyddade vattenområden. Denna rapport syftar till att undersöka ytterligare tänkbara tippplatser i öppet hav strax utanför Nynäshamns skärgård.

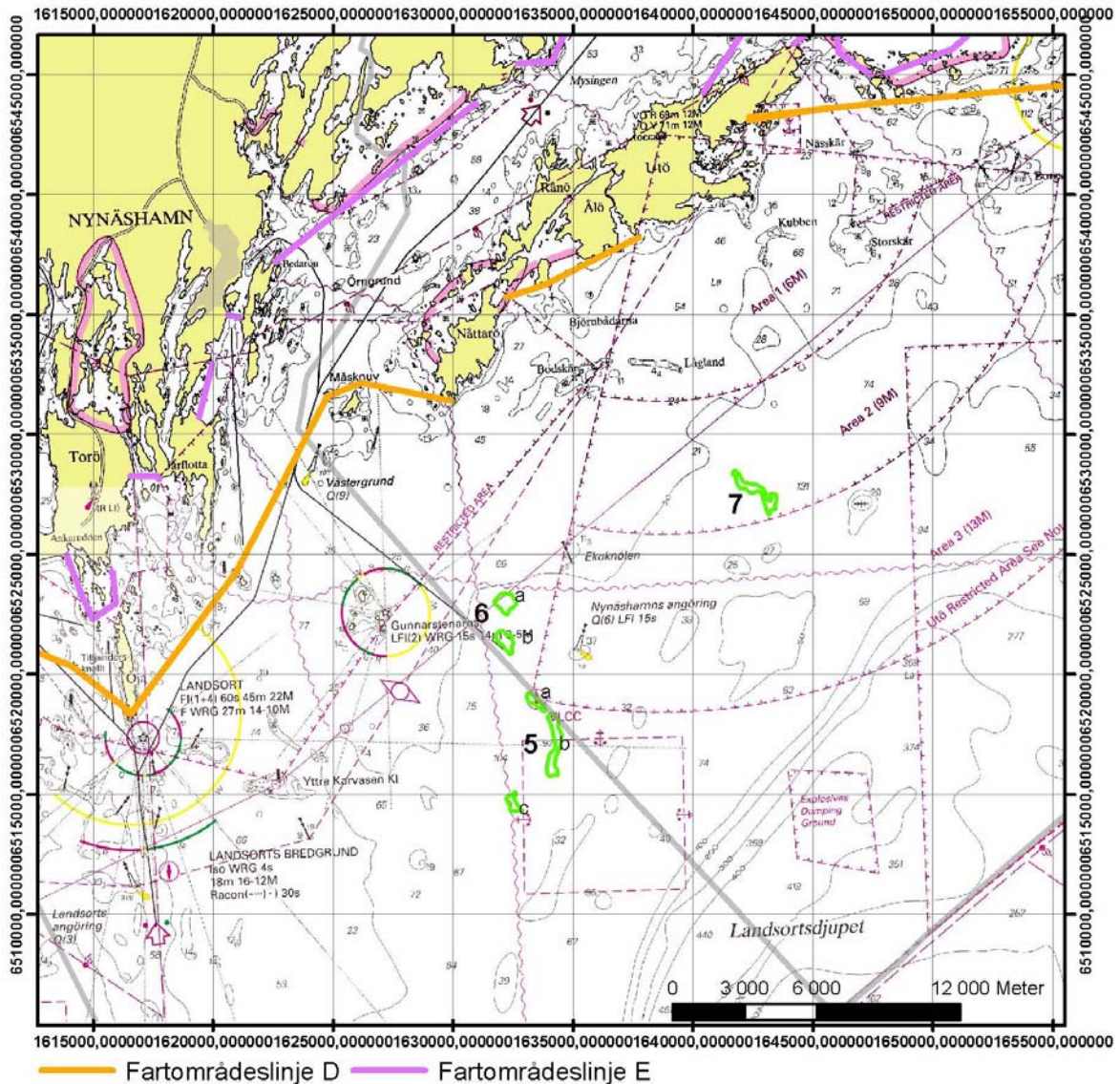
Ett större antal djuphålor belägna utomskärs inom cirka 15 nautiska mil från Örgrund har bedömts utifrån faktorer såsom geologi, batymetri, närhet till definierade skyddsvärda naturområden, känsliga fiskeområden och avstånd till landområde. Utifrån dessa områden har fyra utvalts som tänkbara tippplatser (områden 5, 6, 7 och 8) och därför undersökts närmare. Dessa fyra områden har undersökts ingående med underlagsdata från SGU, detaljerad batymetri från sjöfartsverket, provtagningar av sediment samt miljöanalyser.

Resultatet från undersökningarna visar totalt sex välavgränsade ackumulationsområden med laminerad postglacial gyttjelera varav tre inom område 5 (Gruppen), två områden inom område 6 (Ekoknölen) och ett område inom område 7 (Ålandsbredan) som var och en rymmer hela volymen muddermassor. Djuphålorna kännetecknas av kontinuerlig sedimentation i en syrefri miljö utan högre former av liv från ca 95 meter och nedåt.

Föreningshalterna för samtliga ämnen befinner sig inom det normala intervallet för det storskaliga haltmönstret för södra Stockholms skärgård och norra Egentliga Östersjön och kan inte knytas till någon specifik källa. De analyserade halterna i de sedimenten är i nivå eller mycket under framtagna kanadensiska riktvärden och mycket lägre än effektbaserade haltvärden för bottenlevande fauna

Material och metoder

Områdena är belägna utanför fartområde D enligt Sjöfartsverkets föreskrifter och lägena för varje delområde hittas redovisade i kartan i figur 1 nedan.



Figur 1. Tänkbara tipplatser i öppet hav utanför Nynäshamn med definierade fartområden enligt sjöfartsverket för fartyg och pråmar.

Med stöd av den maringeologiska kartan från SGU samt de djupkurvor som finns angivna på maringeologiska kartan Nynäshamn 9i och Huvudskär 9j identifierades ett femtontal olika djupområden som domineras helt av ackumulationssediment (postglacial lera) såväl i den maringeologiska kartan som i det geofysiska underlagsmaterialet hos SGU. Fyra av dessa områden benämns som område 5 (Gruppen), 6 (Ekoknölen), 7 (Ålandsbredan) och 8 (Storskär) undersöktes mer ingående.

SGUs maringeologiska avdelning undersökte kustområdet under 1995-1996 med profiler med seismik och sedimentekolod, yttäckande side scan sonar samt med verifierande och kompletterande provtagning av sedimentkärnor.

Djupdata för område 5 och 6 är ett utsnitt ur Sjöfartsverkets pappersdjupkarta med benämning 9I 23gh från 1991. Dessa data var delvis knapphändiga och fick därför delvis kompletteras med enstaka ekolodade punkter i samband med provtagningen för att kunna översiktligt beräknas för volym och för att kunna precisera djuphålorna något bättre. För område 7 och 8 fanns omfattande digitala djupdata som kunde transformeras om till enmeters isokurvor.

1.1. Provtagning och mätning

Bottenprovtagning av sediment och mätning av syrehalt och temperatur

Sedimentprovtagning genomfördes den 14 (område 6) och 25-26 (område 5, 7, 8) september 2008. Positionsbestämning av provtagningspunkter skedde med hjälp av DGPS (Differentiated Global Positioning System) som medger en positionsnoggrannhet <5 meter, och läget noterades tillsammans med djupuppgift från ekolod. Från vart och ett av de tänkbara muddertippningsområdena har sedimentprover insamlats med rörhämtare (Gemini-hämtare) som tar dubbla sedimentkärnor och som medger att intakta sedimentkärnor kan sparas.

I de djupare delarna av område 5, 7 och 8 har temperatur- och syremätningar i vattnet genomförts med syresond.

Efterbearbetning och dokumentation av sedimentprover

Prover för miljöanalyser uttogs i fält på den ena sedimentkärnan från de översta 10 centimetrarna från varje provpunkt. För varje område uttogs ett blandprov för analys av organiska miljögifter. För varje kärna analyserades ett prov med avseende på oorganiska ämnen, torrsubstans och glödningsförlust.

Sedimentkärnorna transporterades upprättstående ombord i väntan på dokumentation och skiktning i land. Sedimentkärnorna dokumenterades iland vid Stockholms universitet efter förvaring i kylrum. Efter utskjutning av kärnan klövs den på mitten och de båda halvorna placerades i två rännor. Efter preparering fotograferades de två halvorna med digitalkamera. Bilderna överfördes sedan till dator för vidare bildanalys.

Prover uttogs efter följande schema:

0 – 2 cm, 5 – 7 cm, 10 – 12 cm, 15 – 17 cm, 20 – 22 cm,
30 – 32 cm, 40 – 42 cm, 50 – 52 cm, osv.

Datering med varvräkning

Åldersbestämningen av sedimenten skedde genom varvräkning. Varje lamina (varv) antas representera ett års deposition (Jonsson et al., 1990; Jonsson et al., 2003).

Sedimenten avspeglar de miljöförhållanden som rådde då de bildades. Det material som uppifrån vattenmassan regnar ner till botten varierar i sammansättning från årstid till årstid och bildar årsvarv. När syrehalterna i de översta lagren av sedimenten är så höga att bottendjur kan leva där blandas botten om av de bottendjur som gräver och bökar i de ytliga sedimentlagren (s.k.

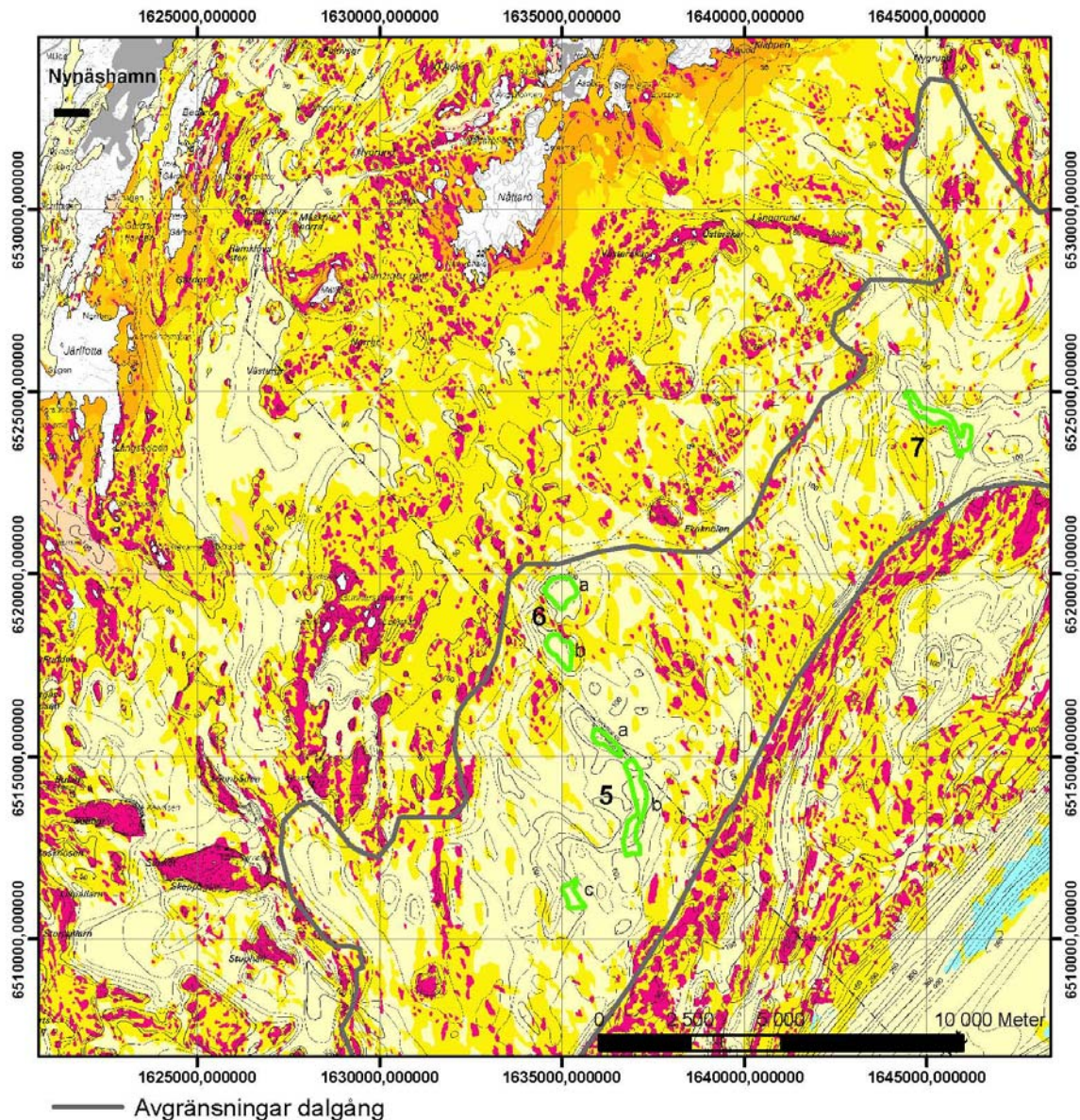
bioturbation). Resultatet blir en homogen gyttjelera, utan synliga varv eller andra strukturer. Om däremot syreförhållandena varit dåliga (<2-3 mg syrgas/l) kvarstår oftast varviga (laminerade) sediment.

2. Fysiska förhållanden

Den mest markanta förändringen i den fysiska miljön i området utanför skärgården i förhållande till bottenarna inne i skärgården är att vågenergin ökar och erosiva havsströmmar når ned till ett betydligt större djup.

Bottenytan direkt utanför Nynäshamns skärgård består av ett shelfområde med ett kuperat undervattenslandskap med ett genomsnittligt djup som varierar mellan ca 30 och 60 meter. Inom shelfen sträcker sig en dalgång som är ca 4 – 8 km bred i sydväst/nordostlig riktning som avgränsas från övriga Östersjön av en smal utsträckt bergsrygg. Inom denna dalgång finns ett flertal djuphål ned till som mest ca 140 meters djup. Av dessa har de grönmärkade i den maringeologiska kartan i figur 2 undersökts mer ingående.

Dalgången i sig själv domineras till större del av avsättning av postglaciala sediment på utpräglade ackumulationsbottnar. Men även här finns påtagliga tecken på erosion ned till åtminstone 80 meters djup och tidvis erosion ned till nästan 100 meters djup som är inducerad av antingen lutning av bottenytan eller tidvis starkare strömmar eller en kombination av båda faktorerna. Inom denna dalgång hittas ytterligare fördjupningar i sammanhängande stråk och i enstaka fall som avgränsade djuphål. I de fall där dessa djupområden inte har kontakt med öppet hav hittas tydliga ackumulationsbottnar med laminerad postglacial gyttjelera/lergyttja. I några fall när dalgångarna har kontakt med djupa strömmar i Egentliga Östersjön kan dessa djuphål istället vara helt renspolade ända ned till åtminstone 140 meters djup. Utanför bergsryggen faller botten snabbt nedåt igen mot Landsortsdjupet och erosionsdjupet ökar markant mot allt större djup.



Figur 2. Utsnitt ur maringeologiska kartan för Nynäshamnsområdet.

Inom dalgången har sex tydligt avgränsade djuphålor hittats som kännetecknas av ackumulationsbotten med laminerade sediment. Trots att bottenytan höjs efter avslutad tippning av muddermassorna kommer områdets djupkaraktär att bibehållas som ett utpräglat djupområde. Vid område 8 fanns ett par djuphålor men området domineras delvis av erosion ned till stora djup i de djupaste områdena varför ingen volym har beräknats. Vart och ett av djuphålorna rymmer enskilt hela mängden tippmassor (Tabell 1).

Tabell 1. Delområden som vart och ett rymmer hela volymen muddermassor från Norvikudden.

Område	Volym [m ³]	Befintligt maxdjup [m]	Slutligt djup efter tippning [m]
5a	1 650 000	128	113
5b	2 350 000	117	105
5c	1 400 000	128	114
6a	1 850 000	122	110
6b	1 500 000	114	103
7	2 120 000	>135	130
8	djuphålan utsatt för erosion	>135	-

3. Resultat och diskussion

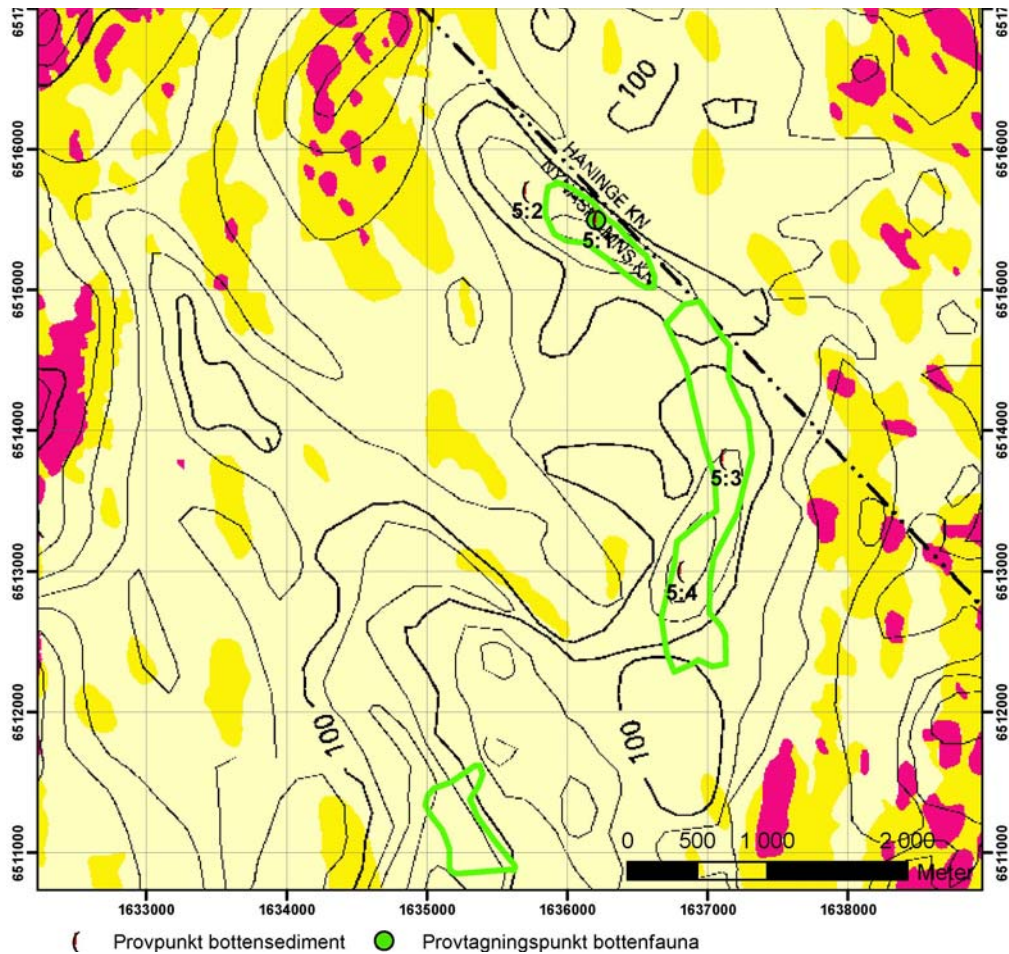
De fyra områdena beskrivs mer ingående i nedanstående kapitel. I slutet sammanställs data i överskådliga tabeller.

3.1. Område 5 (Gruppen)

Bottendynamik

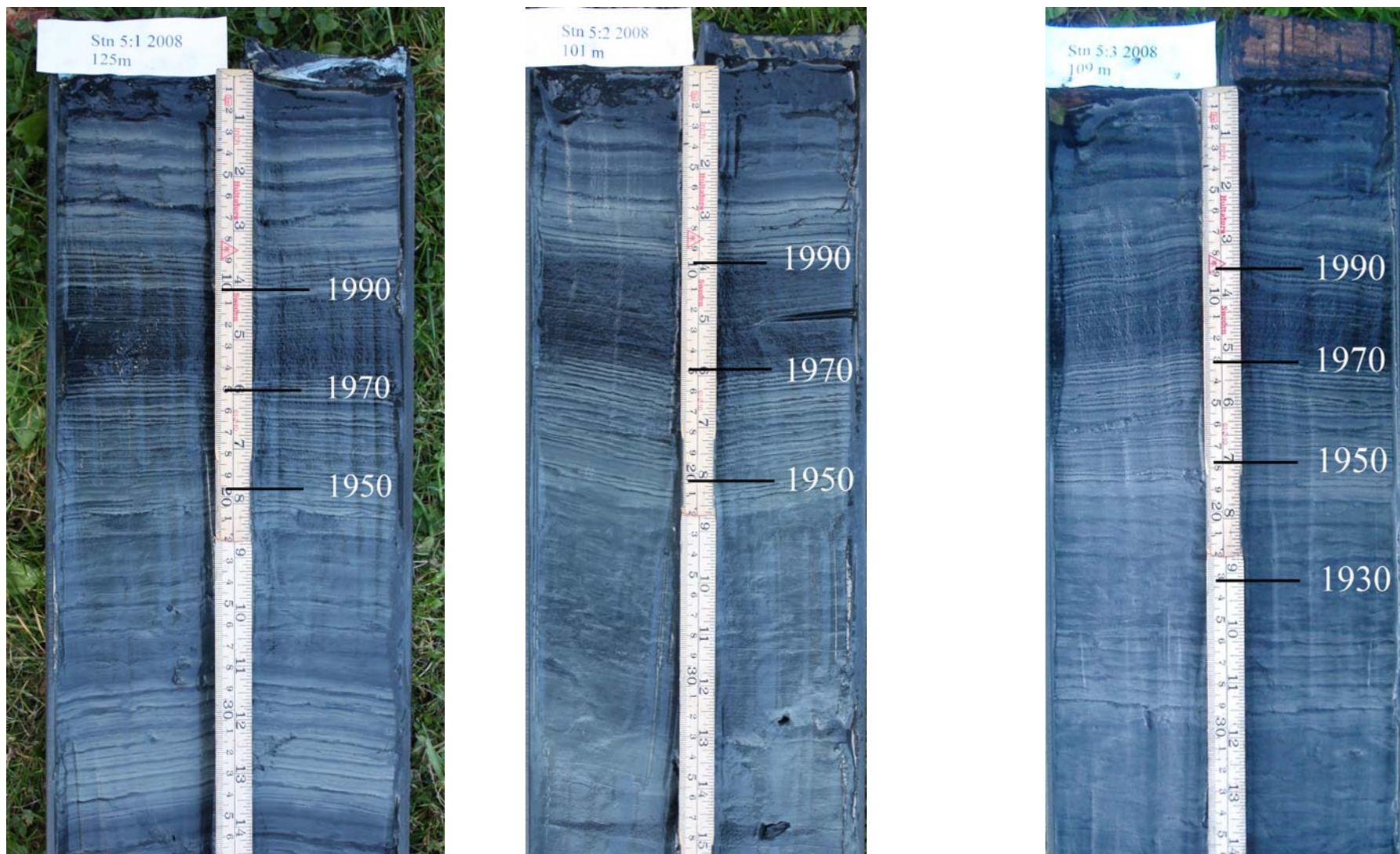
Område 5 (Gruppen) består av en nätverk av vindlande U-dalar som är mellan 300 och 800 meter breda på 105 till 115 meters vattendjup. Inom dessa dalgångar finns tre markanta fördjupningar ned emot 130 meter som markerats på nedanstående karta i figur 3. Inom de norra delarna finns tecken på erosion och exponerad glaciärrer ned till ca 80-90 meter. I de sydligaste delarna av dalgången finns erosionsområden ned till drygt 100 meters djup. Sedimentkärnorna påvisar en kontinuerlig sedimentation i samtliga tre kärnor. De övre delarna av kärnorna visar en tydlig övergång till alltmer syrefattiga förhållanden på botten med tydliga mörka lamineringar.

Inom dalgången har tre delområden (5a, 5b och 5c) identifierats som tydliga ackumulationsdjuphålor som samtliga var och en enskilt rymmer hela volymen muddermassor. Det grundaste tippområdet är område 5b som också kan ta störst volym (Tabell 1). Djuphålorna ligger terrasserade (i olika nivå) i förhållande till varandra och separeras av trösklar. Vid en tippning uppstår stark grumling nära bottenytan som kan bilda ett moln upp till några meter över bottenytan som kan välla över tröskeln ned i nästa djuphåla och bilda ett tunt skikt även där. En tippning ned i område 5b berör troligen område 5a på detta sätt då 5b ligger ovanför 5a.



Figur 3. Tänkbara tippområden 5a, 5b och 5c inom område 5 på maringeologiska kartan Nynäshamn 9I i området ost och sydväst om Gunnarstenarna.

SGU har karterat hela regionen i ett antal långa profiler varav ett par av dessa korsar över område 5. SGUs data verifierar att djuphålorna är ackumulationsområden. I den norra delen av område 5 visar en nordsydlig karteringsprofil en avgränsad djuphåla med postglacial lera. Motsvarande sonarbild påvisar en enhetlig bild av postglacial lera inom samma område. De har också en östvästlig seismik- och sedimentekolodprofil som korsar över delområde 5b (se figur 2) som också den visar en avgränsad djuphåla med postglacial gyttjelera.

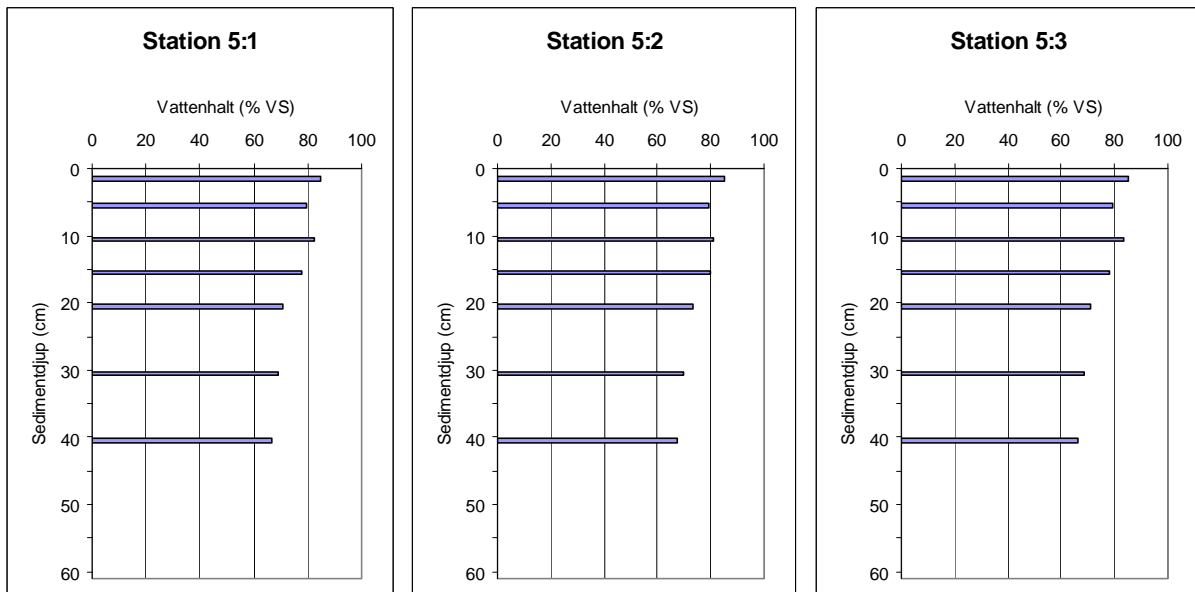


Figur 4. Sedimentkärnor från område 5 som visar kontinuerlig sedimentation från tidigt 1900-tal och fram till september 2008.

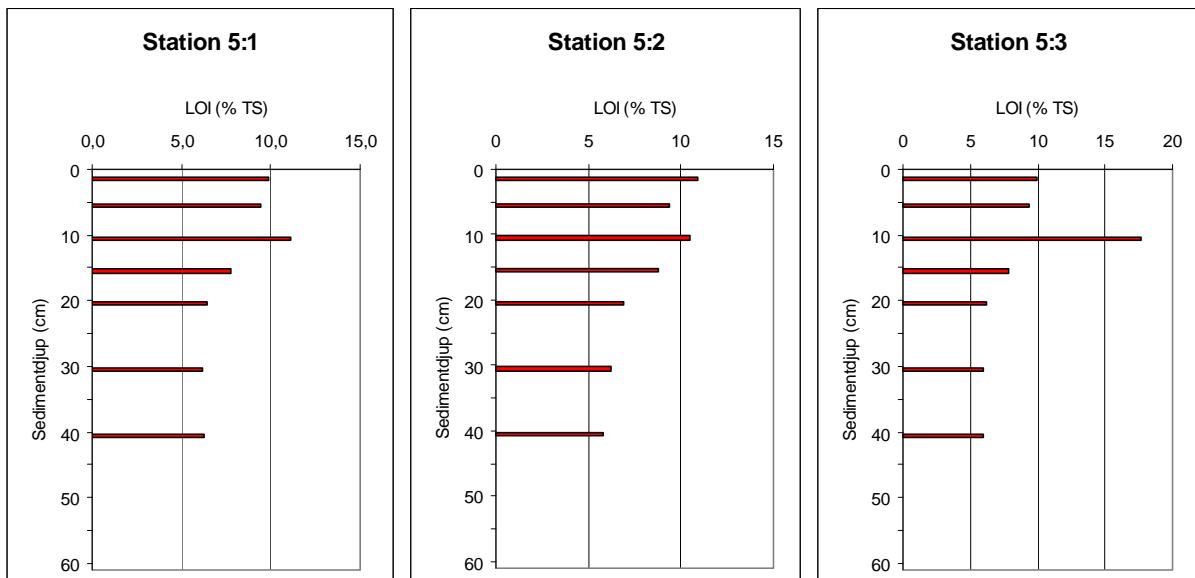
Sedimentationsförhållanden

Tre sedimentkärnor togs på 101-125 m:s djup. Samtliga har fotodokumenterats, se figur 4. Alla tre kärnorna var tydligt laminerade med varvtjocklekar på mellan 2 och 5 mm på större sedimentdjup än 5 cm, vilket inneburit att kärnorna kunnat dateras med hjälp av varvräkning.

Alla tre kärnorna visar på goda ackumulationsförhållanden vilket framgår av höga vattenhalter (> 70 %) som successivt ökar mot sedimentytan (Figur 5)



Figur 5. Vattenhalt i sedimentkärnorna från område 5



Figur 6. Glödgningsförlust i sedimentkärnorna från område 5

En intressant iakttagelse kan göras vad gäller första uppträdandet av laminering i de olika kärnorna. I den djupaste sedimentkärnan (5:1; 125 m) förekom syrefattiga perioder med

laminering redan omkring 1900 som varvas av perioder med bioturberat bottensediment. I 5:3 (djup 109 m) noteras de första lamineringarna omkring 1910, medan i kärnan från 101 m (5:2) uppstod de första lamineringarna i mitten på 1940-talet. Dessa företeelser indikerar att syrebristen uppstått i de djupaste delarna och som sedan spritt sig uppåt i vattenmassan.

Lagerföljderna är mycket likartade från omkring 1950 fram till idag. Tydlig kontinuerlig laminering uppstod i alla tre kärnorna i slutet av 1940-talet och karaktäriseras av förhållandevis ljusa varv fram till omkring 1970, då varven blir avsevärt mörkare. Detta kan sannolikt till del förklaras med en ökande organisk halt (LOI: Loss of Ignition) som framgår av figur 6.

Ökningen börjar på 15 cm i alla kärnor, vilket motsvarar slutet av 1960-talet/början av 1970-talet. Från omkring 1990 karaktäriseras alla kärnorna av ljusare och mäktigare lamineringar, vilket är typiskt från andra områden i nordvästra egentliga Östersjön. Eckh ell et al. (2000) har visat på ett tydligt samband mellan sedimentackumulation och frekvens av vindar av kulingstyrka eller mer. Den ljusare kulören har sannolikt koppling till ett ökat tillskott av minerogena partiklar, vilket antyds av minskande organhalter mellan 10 och 5 cm under sedimentytan, vilket svarar mot den blåsiga början av 1990-talet då som gav ökad erosionen i grunda områden.

Den genomsnittliga sedimenttillväxten varierar inte mycket mellan kärnorna och  r 3-3,6 mm/år (Tabell 2). Den  rliga sedimentackumulationen i område 5 varierar mellan 713 och 799 g/m²/ r med ett omr desmedel på 765 g/m²/ r. Jonsson et al. (1990) beräknade sedimentackumulationen i åtta daterade kärnor från öppna egentliga Östersjön till 143-791 g/m²/ r med ett medelvärde på 443 g/m²/ r. Sedimenttillväxten i område 5  r 1,7 gånger högre än medelvärdet för öppet hav, vilket med största sannolikhet är en effekt av en generellt högre erosion/resuspension av gamla glacial- och postglacialer i kust och skärgårdsområden (Jonsson et al., 2003). Detta kan jämföras med de nästan fem gånger högre sedimentackumulationshastigheterna som noterades på södra Mysingen i den tidigare undersökningen f r Norvikudden, 2300-5000 g/m²/ r med ett medelvärde på 3470 g/m²/ r (Ref 4).

Tabell 2. Vattenhalt, torrsubstanshalt, specifik vikt och beräkning av torrsubstansackumuleringen i de fyra tänkbara muddertippningsområdena.

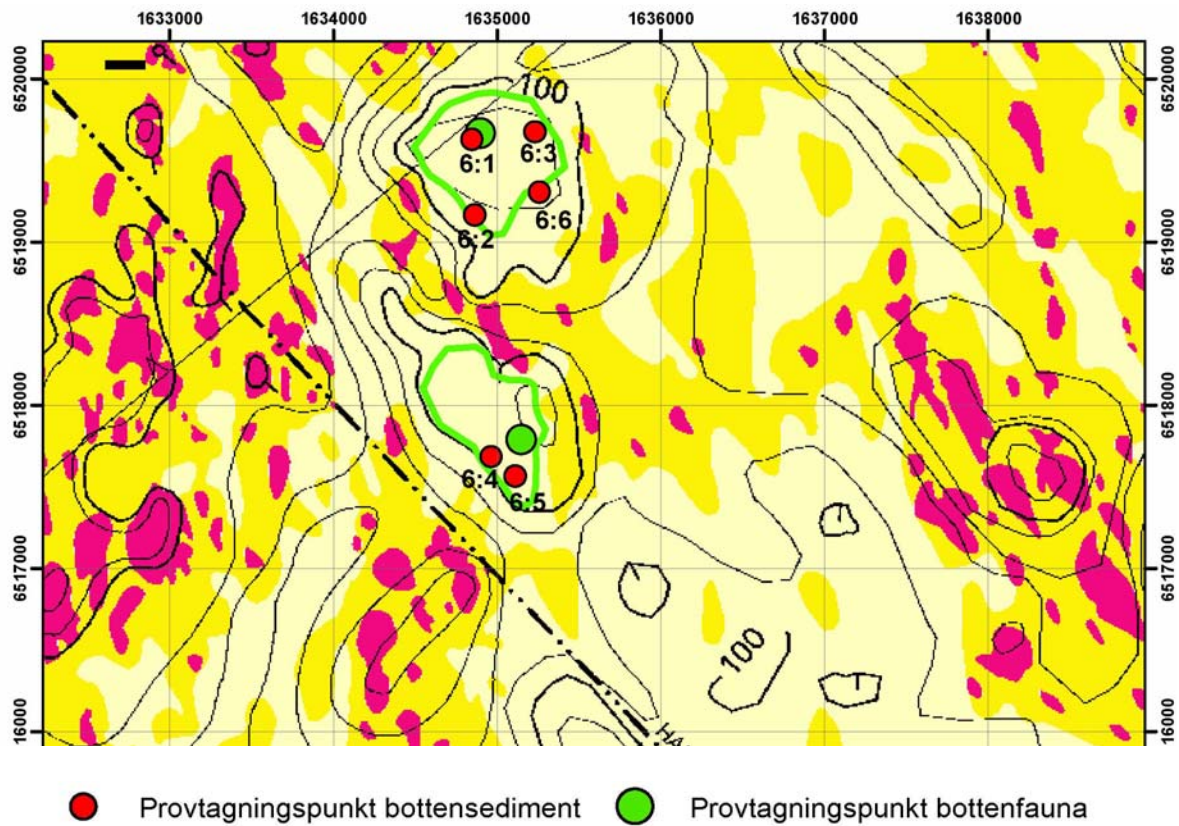
Område	Station	Skikt (mm)	Tidsperiod år	Sediment- tillväxt (mm/år)	W (% VS)	TS (% VS)	Specifik vikt (g/cm ³)	TS-ack. (g/m ² /år)	TS-ack. Omr.medel (g/m ² /år)
5	5:1	0-197	1950-2008	3,5	78,9	21,1	1,14	785	765
	5:2	0-204	1950-2008	3,6	79,6	20,4	1,13	799	
	5:3	0-232	1930-2008	3,0	78,6	21,4	1,14	713	
6	6:1	0-309	1930-2008	3,9	77,1	23,0	1,15	1017	1040
	6:2	0-295	1930-2008	3,8	74,4	25,6	1,16	1072	
	6:3	0-315	1930-2008	4,1	78,7	21,4	1,14	965	
	6:5	0-221	1950-2008	3,8	78,2	21,8	1,14	936	
	6:6	0-297	1950-2008	5,1	78,9	21,1	1,13	1212	
7	7:1	0-321	1930-2008	4,1	79,4	20,6	1,14	929	821
	7:2	80-125		2,6	77,5	22,5	1,15	685	
	7:3	0-211	1930-2008	2,7	76,2	23,8	1,16	712	
8	8:1	0-386	1950-2008	6,7	76,8	23,2	1,15	1799	1715
	8:2	0-374	1950-2008	6,5	79,6	20,4	1,13	1449	
	8:3	0-408	1950-2008	7,1	76,8	23,2	1,15	1898	

3.2. Område 6 (Ekoknölen)

Bottendynamik

Område 6 (Ekoknölen) omfattar två avgränsade djuphålur med maxdjup på 122 respektive 114 meter separerade av en mindre bergsrygg med djup på ca 70 meter. Läget för dessa djuphålur anges i figur 3 och 7. Området är mycket kuperat.

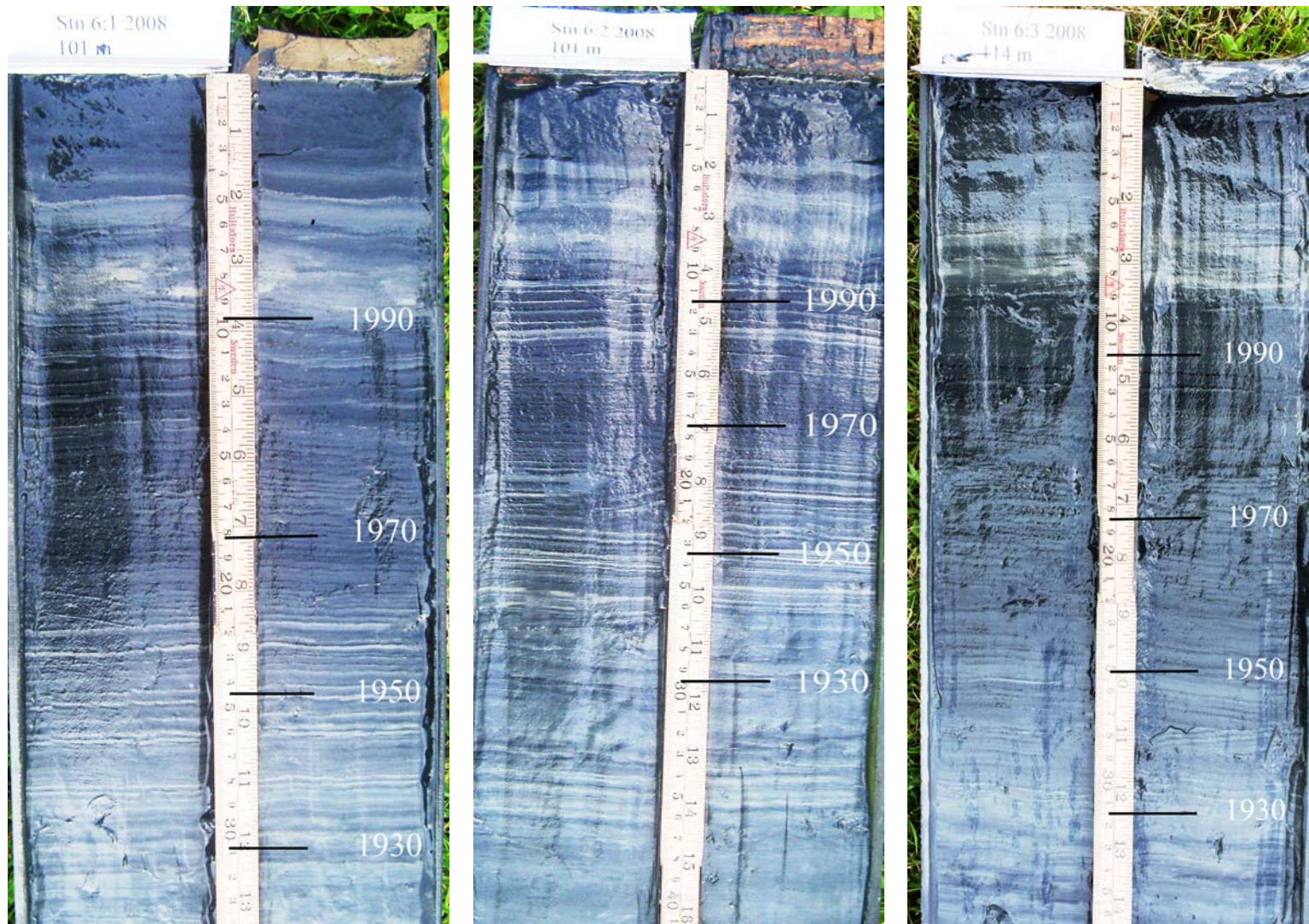
Det norra området, 6a, är en väl avgränsad djuphåla formad som en gryta som omges av 30-60 meter branta väggar i samtliga riktningar. Bottenytan kännetecknas av ackumulationsbottnar från botten av djuphålan och upp till ca 100 meters vattendjup. Det maximala djupet ligger vid ca 122 meter. Områden som ligger grundare än ca 85 meter är i allmänhet helt eroderade. Efter avslutad tippning skulle området fortfarande vara en utpräglad ackumulationsdjuphåla (Tabell 1).



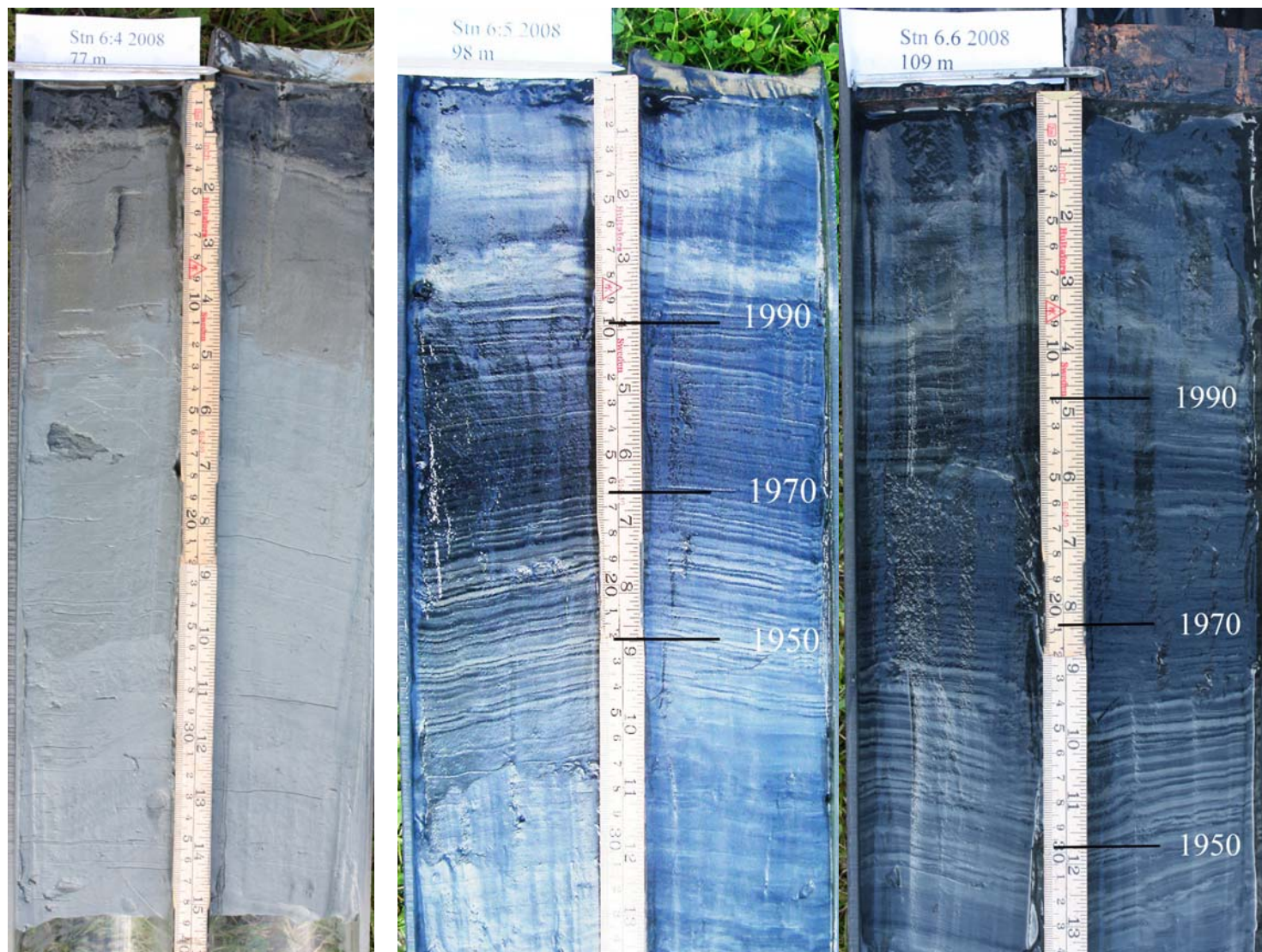
Figur 7. Område 6a och 6b utmärkt på maringeologiska kartan för Nynäshamn tillsammans med djupdata från 1991 från sjöfartsverkets arkiv.

Det södra ackumulationsområdet, 6b, är även det avgränsat från omgivningen till ca 85 meters vattendjup. Sedimentprovtagningen visar att bottenytan domineras av postglacial gyttjelera och lergyttja. SGUs har sonarprofiler från undersökningar utförda 1995-96 från område 6 och dessa uppvisar en ackumulationsbotten med postglaciala sediment.

Efter tippning kommer båda delområdena fortgående att behålla sin karaktär som ackumulationsdjuphåla med ett slutligt vattendjup vid ca 112 respektive 104 meter.



Figur 8. Sedimentkärnor 6:1 (101 meter), 6:2 (101 meter) och 6:3 (114 meter) från den norra bottenhålan (6a) med tydligt laminerade sediment från ackumulationsbottnar.

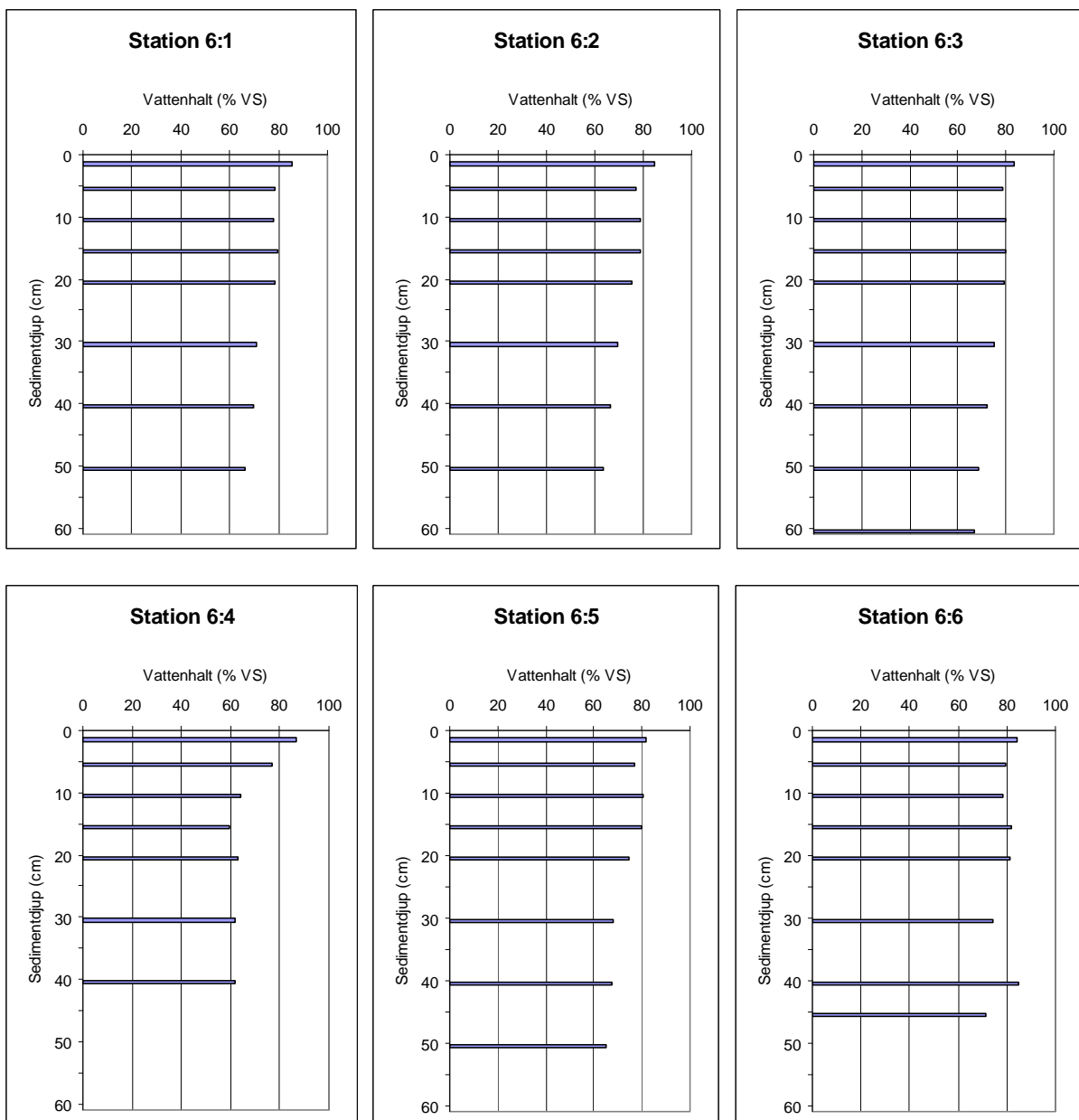


Figur 8. fortsättning. Sedimentkärnor 6:4 (77 meter) och 6:5 (98 meter) från den södra bottenhålan (6b) och 6:6 (109 meter) från den norra bottenhålan, (6a).

Sedimentationsförhållanden

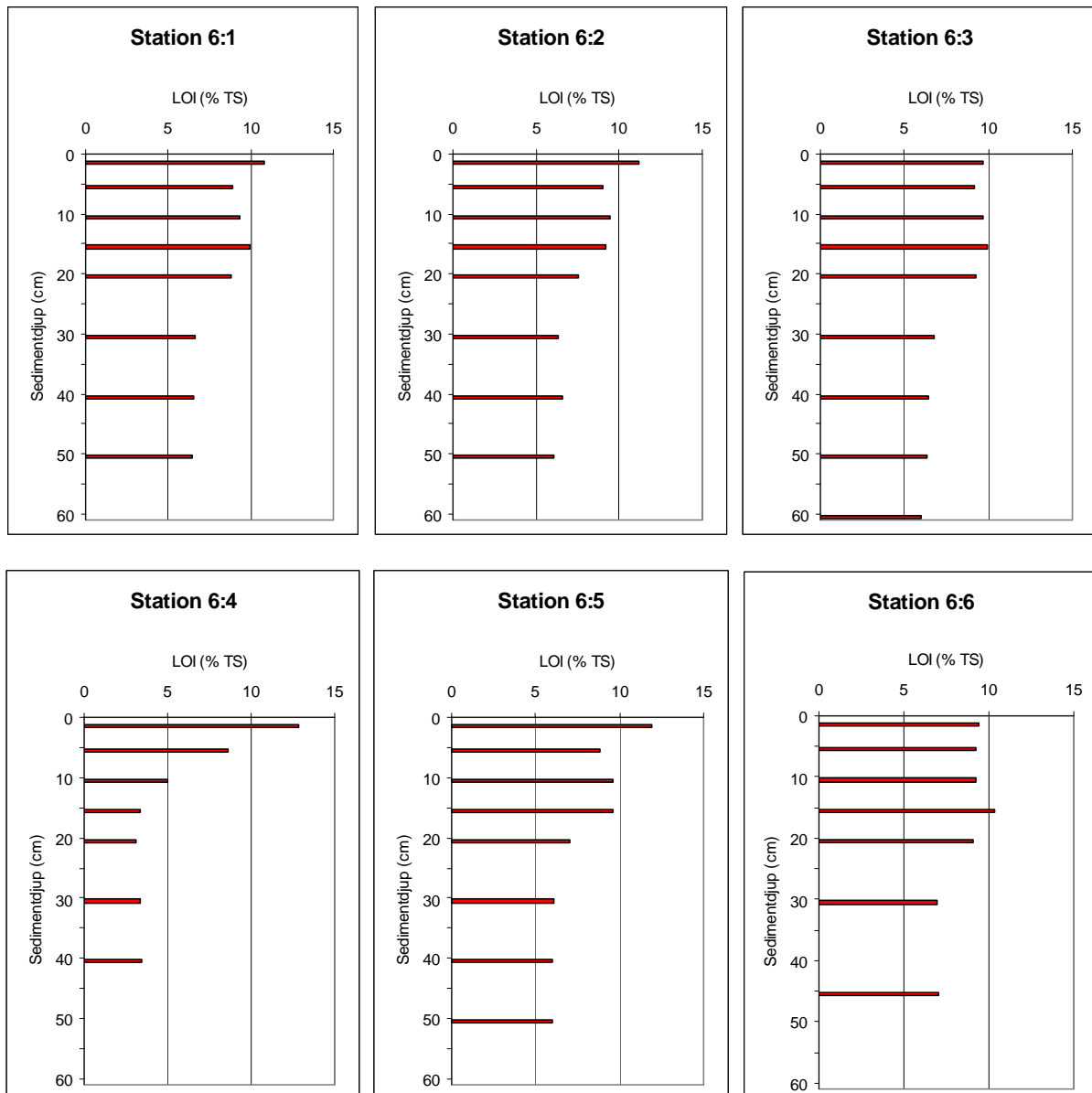
Område 6 utgörs av två mer eller mindre avgränsade djupområden. I det norra området (6a) togs fyra sedimentkärnor (6:1 – 6:3 och 6:6) från 101 till 114 meters djup och från det södra området (6b) togs två sedimentkärnor (6:4 och 6:5) från 77 och 98 meters vattendjup. Samtliga har fotodokumenterats och återfinns i figur 8. En av kärnorna, 6:4, togs på endast 77 m:s djup och uppvisar lite recent material ovanpå en äldre postglacial lera. Övriga kärnor har likartade lagerföljder som karaktäriseras av tydliga lamineringar från år 1950 och framåt i tiden. I tre av de undersökta kärnorna finns lamineringar som medger datering tillbaka till 1930-talet.

Vattenhalten är ca 80% vid 5 cm under sedimentytan och sjunker sedan successivt ned emot 60-70 % vid en halvmetr under bottenytan förutom i 6:4 där halten når dessa nivåer redan vid en decimeter under sedimentytan, se figur 9.



Figur 9. Vattenhalt i sedimentkärnorna från område 6.

Glödgningsförlusten ökar successivt från 6-7 % på 40 cm:s djup till 9,5-12 % i ytsedimentet. Även i detta område, liksom i område 5, finns en viss minskning av glödförlust (LOI) inom de övre delarna av sedimentkärnorna vilket sammanfaller i tid med den blåsiga perioden i början av 1990-talet. Dessa intervall syns som ljusare och tjockare varv på 1990-talet i de fem varvade (laminerade) sedimentkärnorna som ses i figur 8. Syreförhållanden vid 6:4 kan antas vara betydligt bättre vid tiden för avsättning varför årsvarven är sämre utvecklade.



Figur 10. Glödgningsförlust i sedimentkärnorna från område 6.

De successiva ökningarna är tillsammans med den kontinuerliga lamineringen goda indikatorer på en kontinuerlig sedimentackumulation från åtminstone 100 meter och nedåt inom både delområden inom område 6.

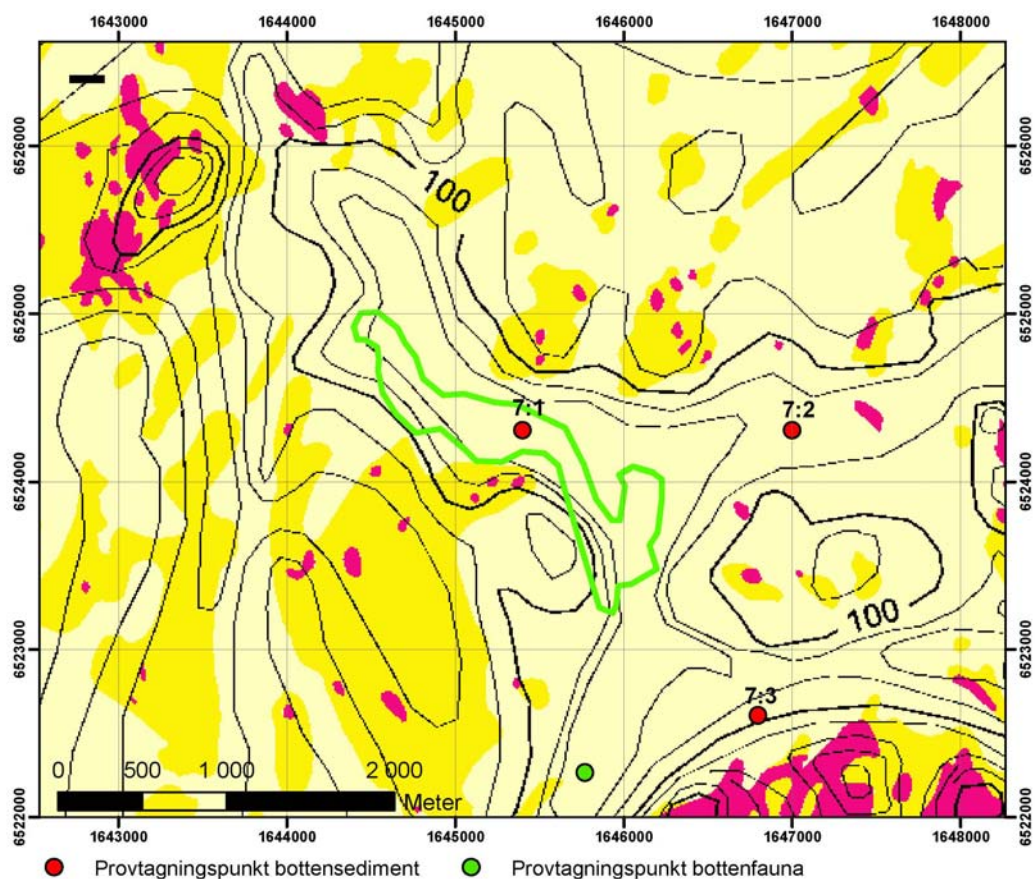
Lagerföljderna karaktäriseras av mer eller mindre biotuberade förhållanden på större djup i sedimentkärnorna än ca 40 cm. Laminering uppträder omkring 1930-1940 i alla kärnor utom 6:4 och lamineringen är kontinuerlig fram till idag. Sedimenten i kärnan från 6:4 har en ljus grundton fram till omkring 1950 men är betydligt mörkare i överliggande parti fram till omkring 1990.

Sedimenttillväxten är något högre i område 6 jämfört med område 5 (Tabell 2). Den varierar i de fem daterade sedimentkärnorna mellan 3,8 och 5,1 mm/år. Även sedimentackumuleringen är högre i område 6 och varierar mellan 936 och 1212 g/m²/år med ett medelvärde på 1040 g/m²/år.

3.3. Område 7

Bottendynamik

Område 7 kännetecknas av ett sammanhängande nätverk av mindre U-dalar som är 200 till 500 meter breda som begränsas i samtliga riktningar av ca 20-30 meter höga väggar. Inom dessa U-dalar finns ett antal sammanhängande djuphål som bildar en sammanhängande tippplats. Det grönmarkerade tippområdet har utformats utifrån detaljerade djupdata från Sjöfartsverket digitala arkiv, se markeringar i den maringeologiska kartan i figur 11.



Figur 11. Område 7 ligger inom en dalgång i den maringeologiska kartan Nynäshamn 9i med postglaciala sediment på en utbredd ackumulationsbotten.

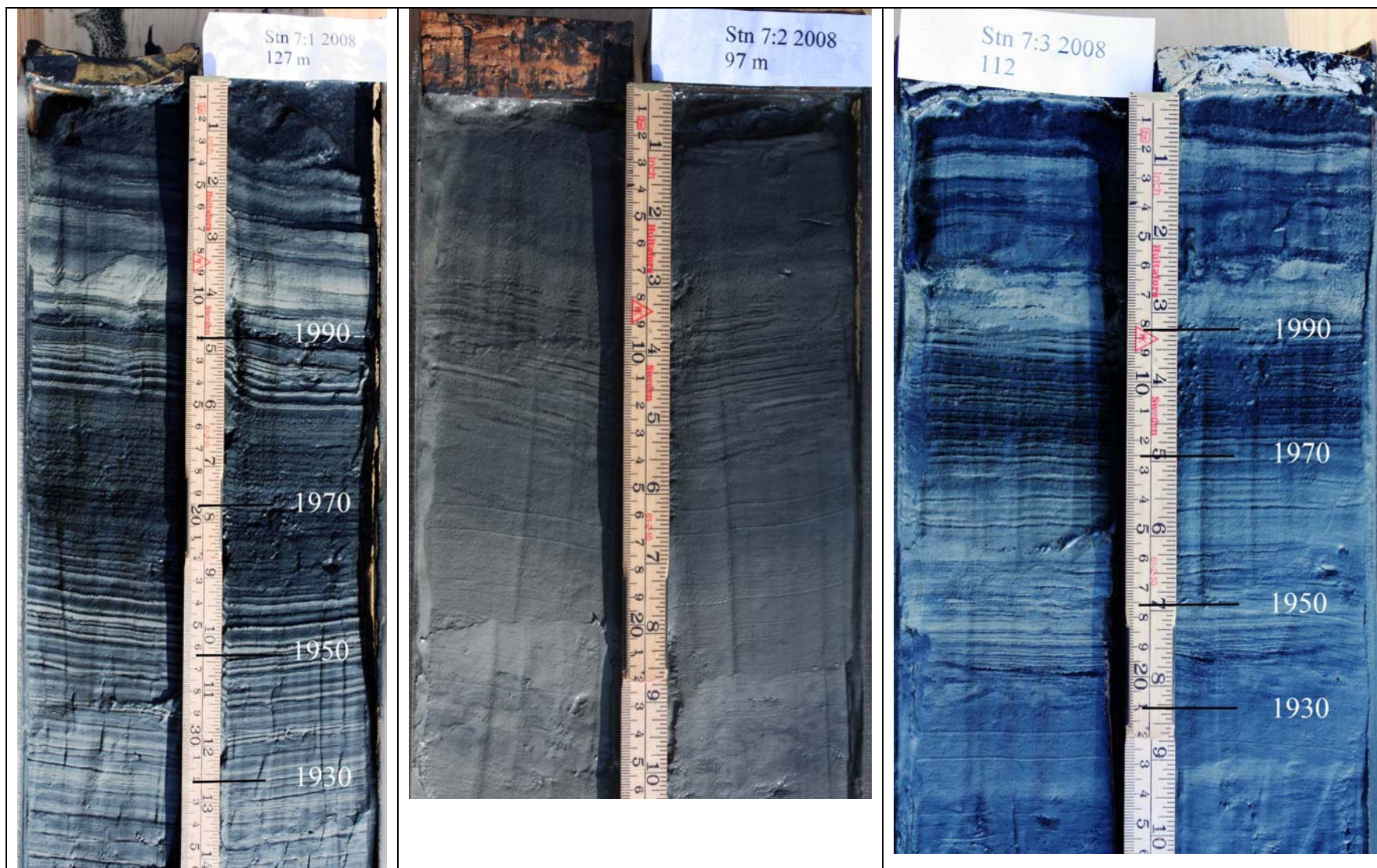
Kringliggande grundare områden uppvisar tydlig erosion ned till ca 100 meter för att sedan gradvis övergå alltmer till ackumulationsbotten. Vid ca 120 meters vattendjup övergår bottenytan till en större flack ackumulationsbotten med ytterligare fördjupningar. Betydligt längre söderut, en dryg kilometer bortom tippområdet, ökar kontakten med Egentliga Östersjön varvid det totala erosionsdjupet ökar ned mot 130 meters vattendjup innan botten övergår i ackumulationsbotten.

SGUs undersökningar från 1995-96 geofysisk profil som korsar över den östra delen av tippplatsen i norrsydlig riktning med information från seismik, sedimentekolod och sonar. Dessa underlagsdata visar på goda ackumulationsbottnar med postglaciala sediment.

De planerade tippmassorna ryms gott och väl i området (Tabell 1). Efter avslutad tippning av muddermassor kommer området fortfarande att behålla sin karaktär med ett slutligt vattendjup närmare 130 meter.

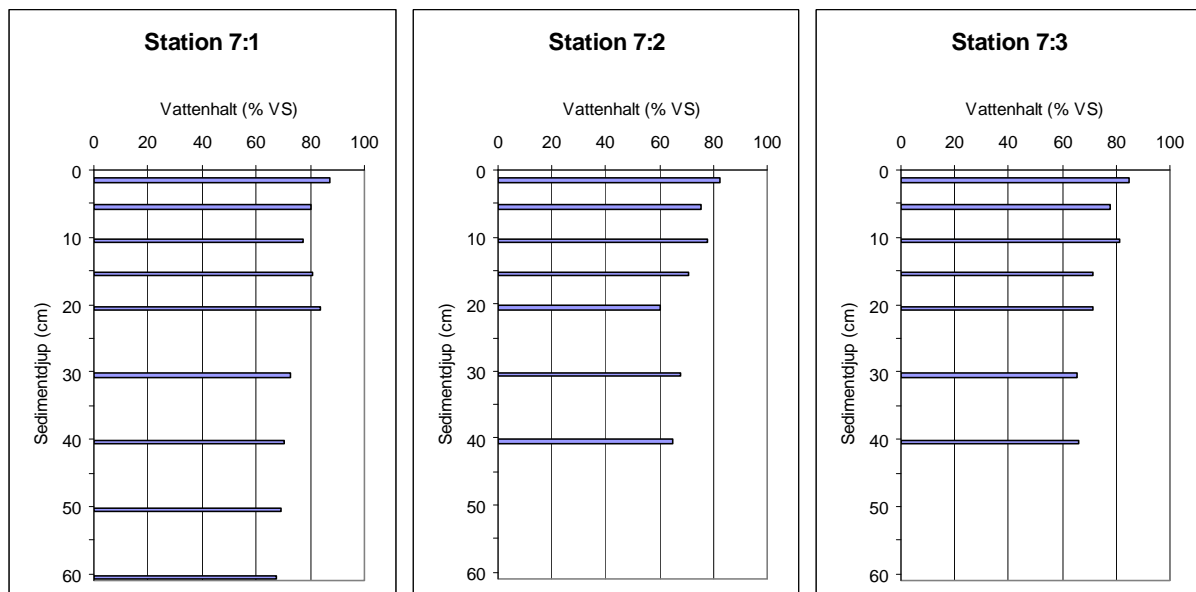
Sedimentationsförhållanden

Tre sedimentkärnor togs i område 7 och samtliga har fotodokumenterats, se figur 12. Djupet för de olika sedimentkärnorna varierar mellan 97 och 127 m. Kärnan från 97 m (7:2) är laminerad mellan ca 8 och 12-13 cm. Kärnan från 112 m (7:3) uppvisar tydlig laminering från ca 20 cm:s sedimentdjup och är laminerad ända upp med förhållandevis tydlig laminering. Kärnan från det största djupet (7:1; djup 127 m) är tydligt laminerad från drygt 30 cm och hela vägen upp. Båda de tydligt laminerade kärnorna har samma typ av lagerföljd som i de övriga områdena med ett mörkare parti fram till omkring 1990.

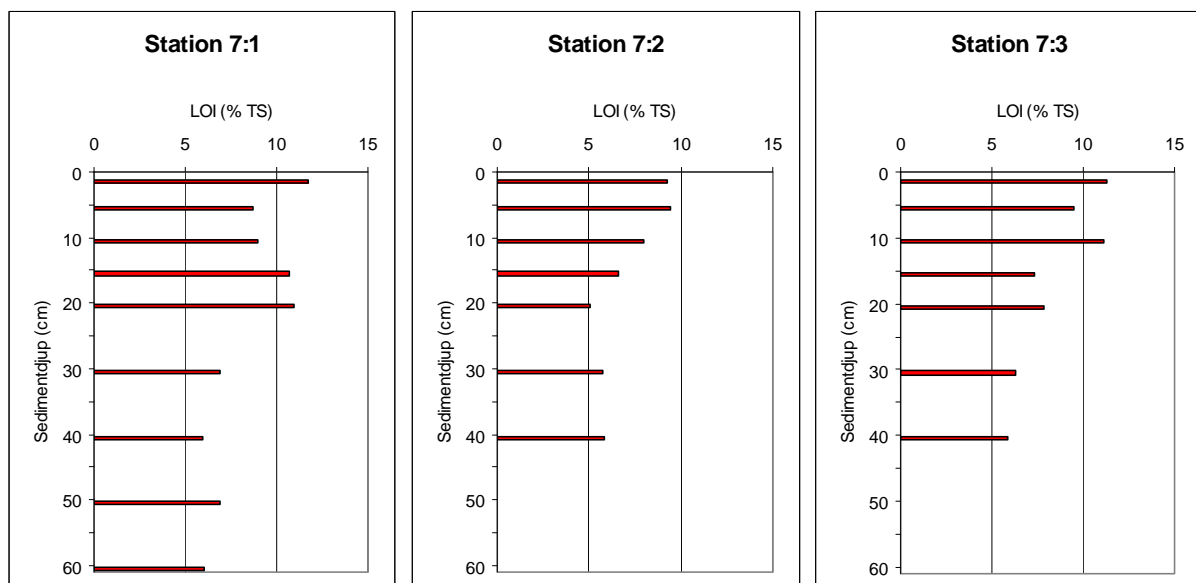


Figur 12. Område 7 karakteriseras av kontinuerlig sedimentation med laminerade sediment utan tecken på bioturbation vid djup större än ca 100 meter.

Vattenhalten är hög i samtliga kärnor, se figur 13, vilket tillsammans med höga glödningsförluster, se figur 14, indikerar goda ackumulationsförhållanden i området.



Figur 13. Vattenhalt i sedimentkärnorna från område 7.



Figur 14. Glödningsförlust i sedimentkärnorna från område 7

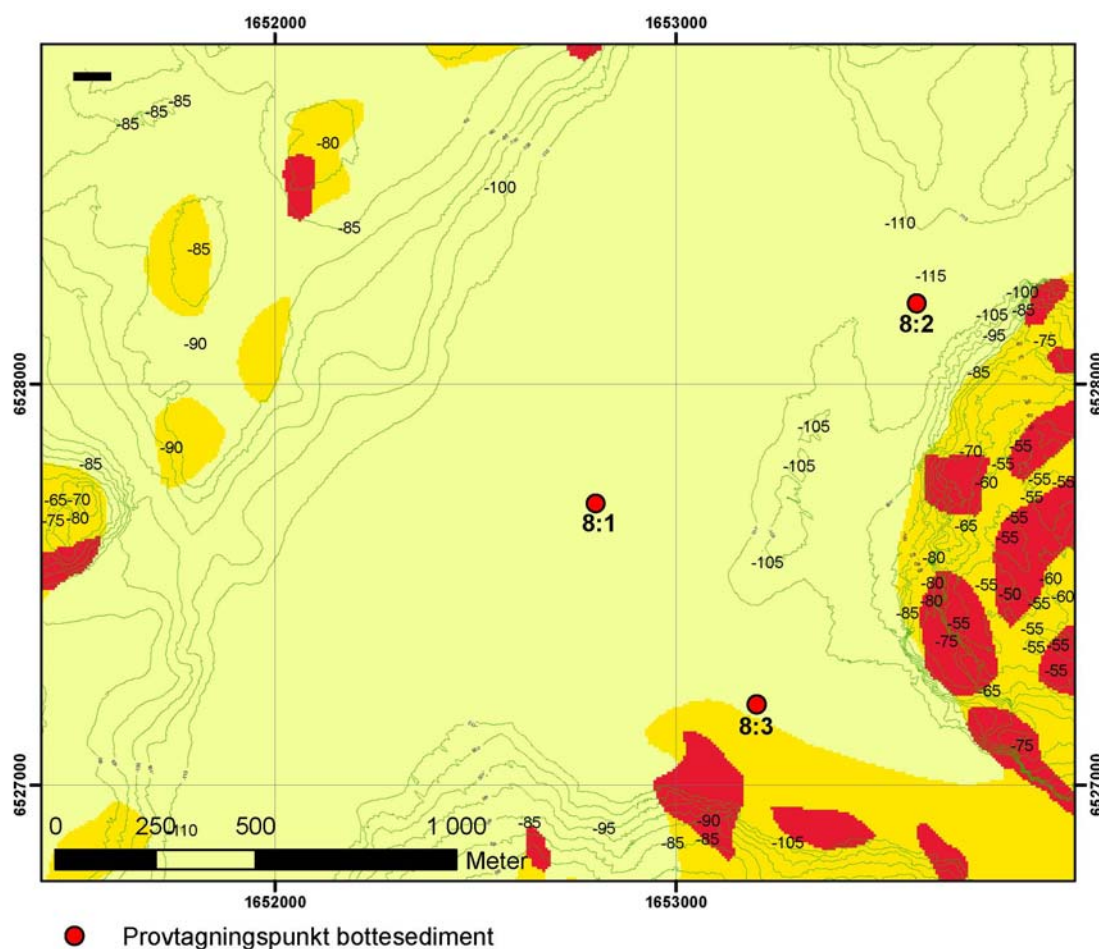
I de två djupare sedimentkärnorna (7:1 och 7:3) sker en viss nedgång av glödförlust (LOI) i sedimenten avsatta under första halvan av 1990-talet, se figur 12, då ett ljusare och mer minerogent sediment avsattes vilket svarar mot den blåsiga början av 1990-talet som gav en ökad erosion och därmed ett tillskott av minerogena partiklar från grundare områden.

Varvtjocklekarna i område 7 är av samma storleksordning som i område 5 och varierar mellan 2,6 och 4,1 mm/år (Tabell 2). De största varvmäktigheterna återfinns i den djupaste sedimentkärnan 7:1. Torrsubstansackumuleringen varierar mellan 712 och 929 g/m²/år med ett medelvärde på 821 g/m²/år, dvs något mer än i område 5.

3.4. Område 8

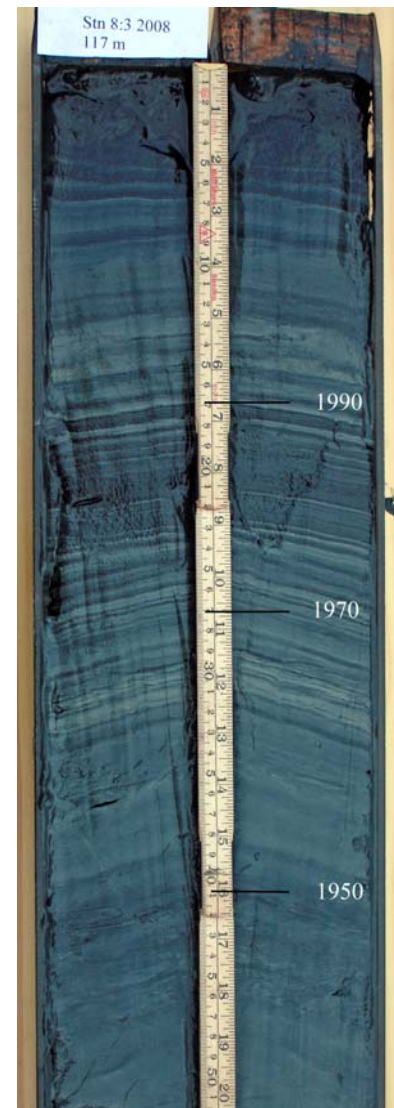
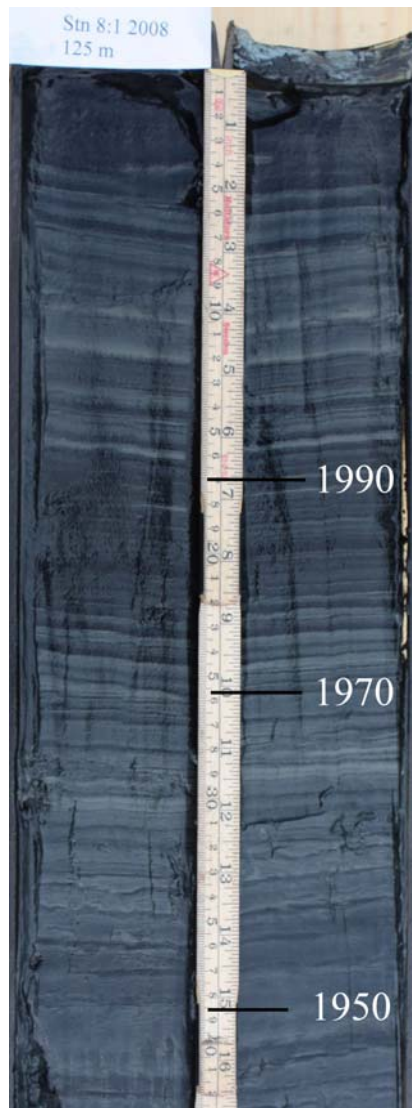
Bottendynamik

Område 8 ligger ca 8 km nordost om område 7. Området är en skyddad sänka med djup mellan 115 och 120 meter större skyddad av markant grundare områden där vattendjupet varierar mellan endast 40 till 70 meter. Sänkan har tydliga djupa förbindelser ned emot 135 meter mot ost och sydost via ca 200 meter breda dalgångar. Inom den relativt flacka sänkan råder goda ackumulationsförhållanden med postglaciala sediment enligt maringeologiska kartan och underliggande undersökningsmaterial från SGU.



Figur 15. Område 8 med provpunkter för sediment. Framroderad glaciärra och berg i dagen markerat med gult och rött.

Samtidigt ger den topografiska förträngningen i dalgångarna ökade strömhastigheter i ost/västlig riktning med tydliga erosionsmönster. Detta är inget ovanligt fenomen enligt Bernt Kjellin, SGU. Området kan därför inte anses som topografiskt isolerat från omgivningen trots de rådande ackumulationsförhållanden. På grund av detta samt risk för av dumpad ammunition har område 8 uteslutits som lämplig tipplats.

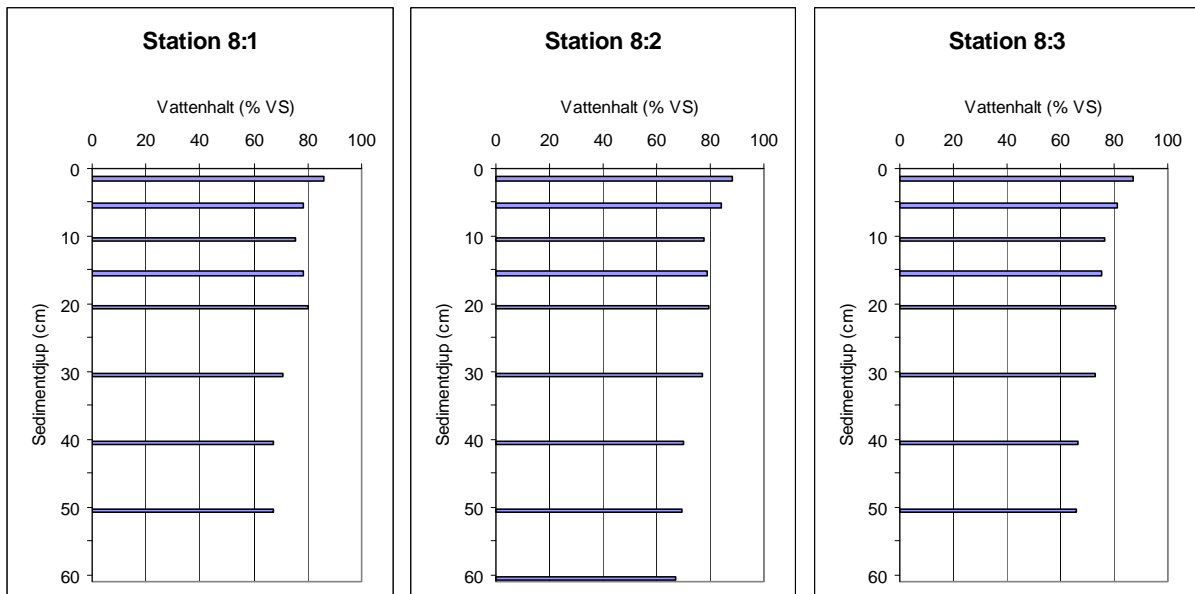


Figur 16. Sedimentkärnor från område 8 med tydligt laminerade sediment som visar på kontinuerlig sedimentation och ringa bioturbation.

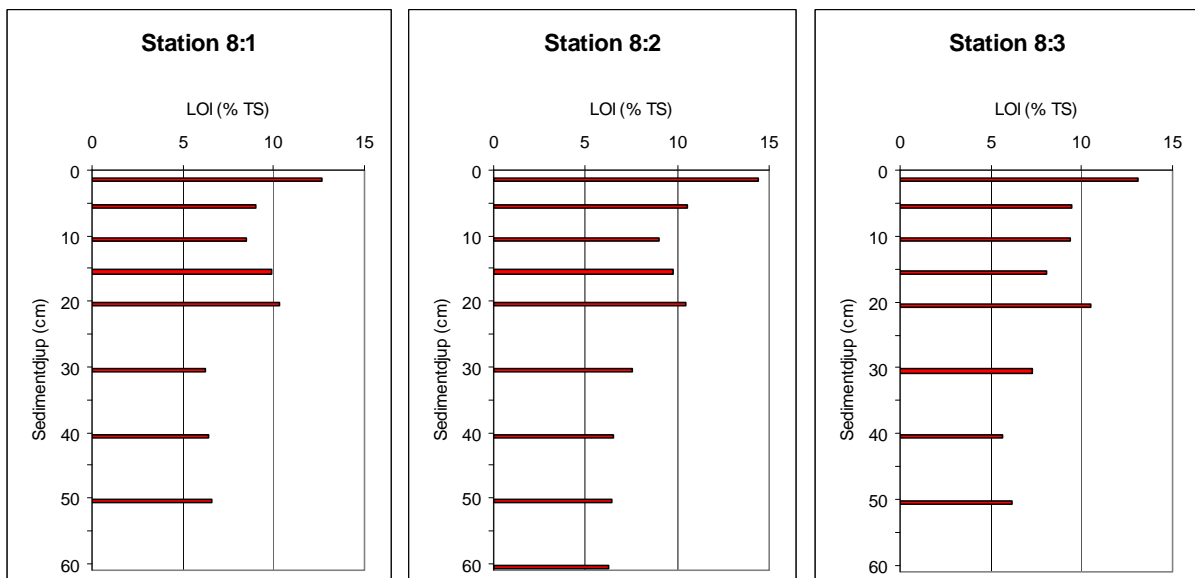
Sedimentationsförhållanden

Tre sedimentkärnor togs från 117-125 m:s djup. Samtliga har fotodokumenterats, se figur 16, och alla uppvisar samma typ av lagerföljd som i övriga områden. Tydlig laminering finns i alla kärnorna och lamineringen är förhållandevis tydlig från 1950 och framåt i tiden.

Vattenhalterna liksom glödningsförlusterna är höga och uppvisar samma nedgång i de översta 10-15 centimeterna som i de övriga områdena, se figur 17 och 18 nedan.



Figur 17. Vattenhalt i sedimentkärnorna från område 8.

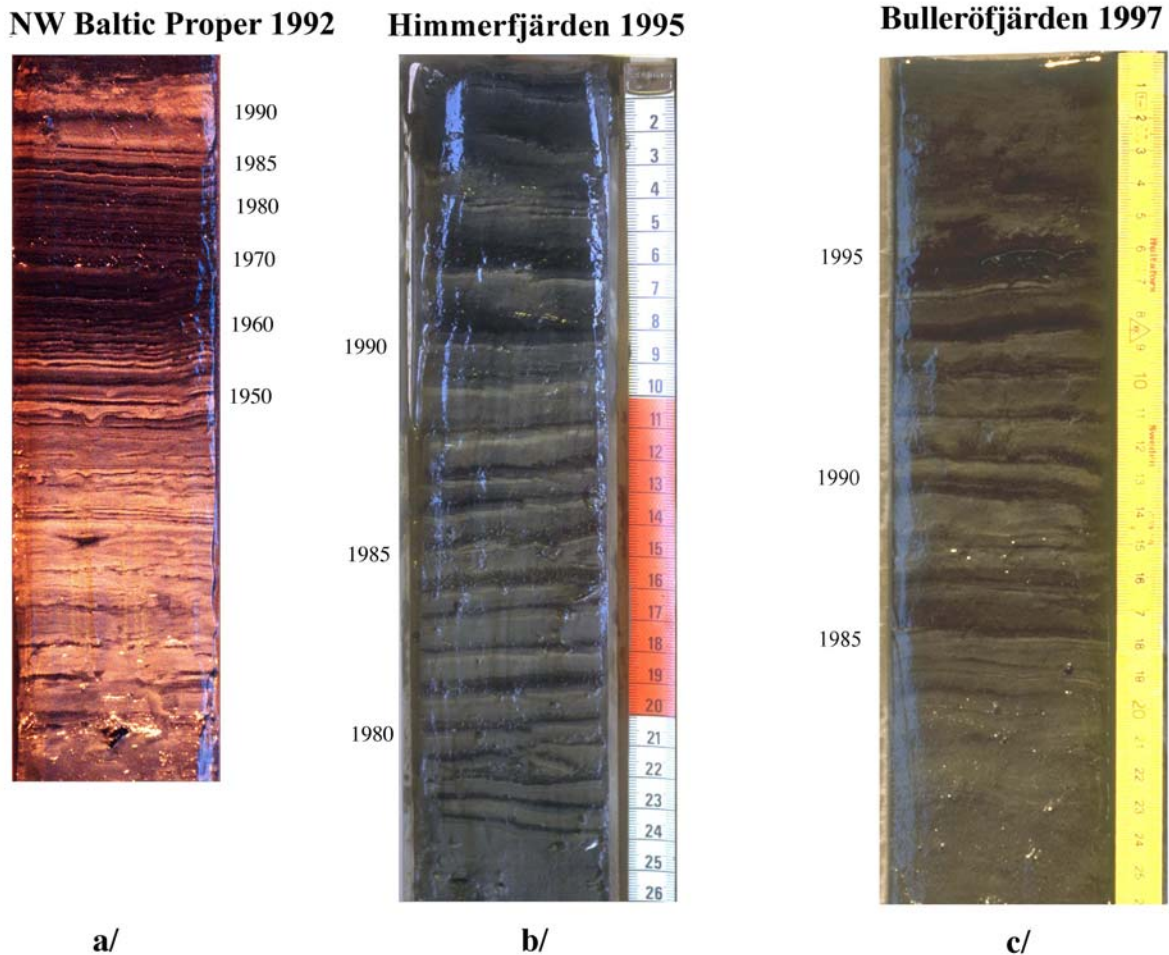


Figur 18. Glödningsförlust i sedimentkärnorna från område 8.

Sedimenttillväxten är avsevärt högre än i övriga områden och varierar mellan 6,5 och 7,1 mm/år för de olika kärnorna (Tabell 2). Detta medför också att torrsubstansackumuleringen är

motsvarande dubbelt så hög som i områdena 5-7, 1449-1898 g/m²/år med ett medelvärde på 1715 g/m²/år.

Likartade lagerföljder som noterades i samtliga de undersökta områdena har även påträffats i öppna NV Östersjön i början av 1990-talet, vilket leder till slutsatsen att denna typ av lagerföljd är allmänt förekommande i norra Egentliga Östersjön, se foton på sedimentkärnor i figur 19 nedan.



Figur 19. Laminerade sedimentkärnor från a/ NW Östersjön 1992 b/ Södermanlands skärgård c/ Stockholms ytterskärgård. (Från Jonsson et al. 2003).

3.5. Resultat av syre- och temperaturmätningar från område 5, 7, och 8

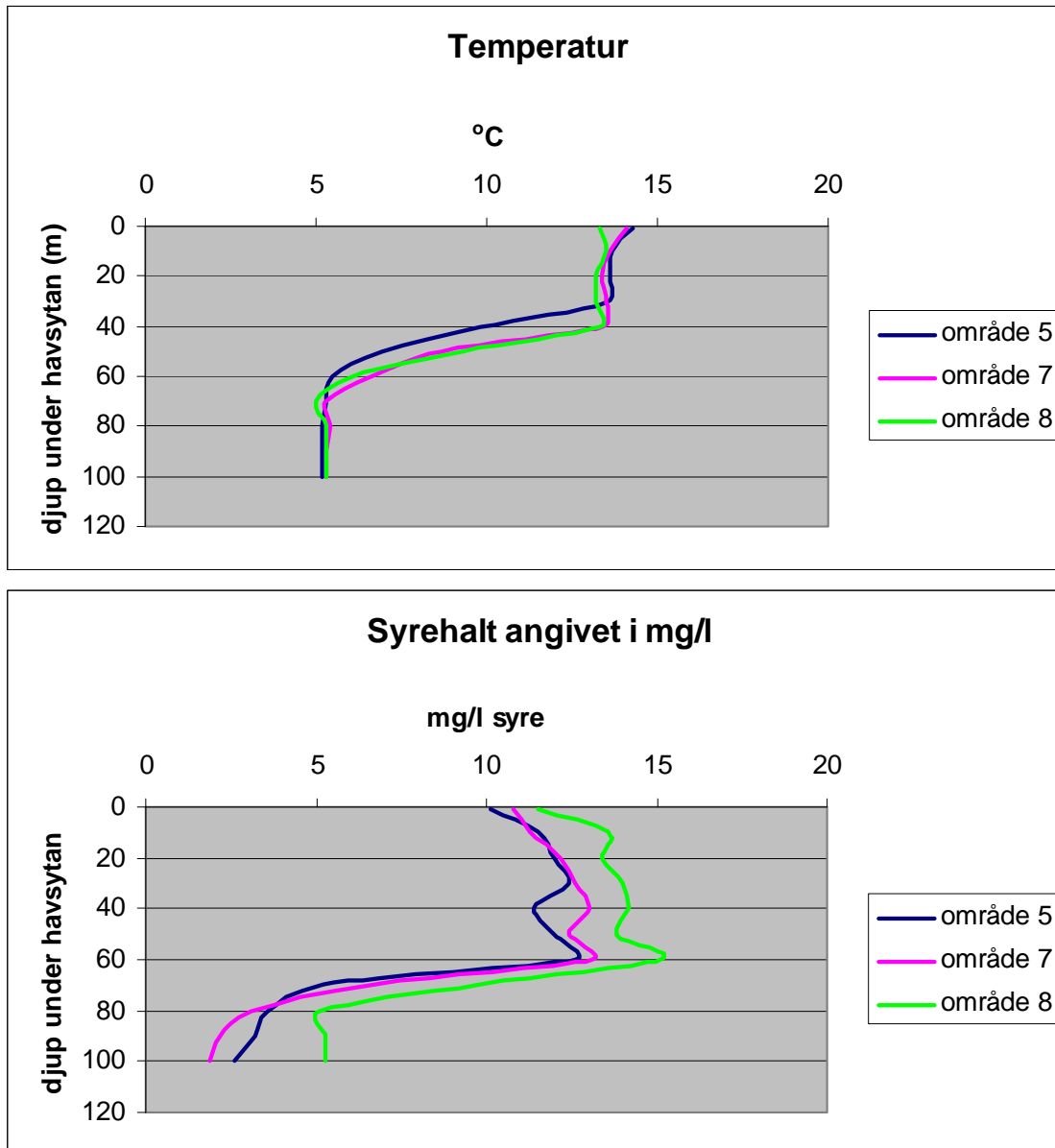
Koncentrationen av syre och temperatur i vattnet mättes ned till hundra meters djup inom område 5, 7 och 8. Sondens kabellängd begränsade djupet på undersökningen till 100 meter varför ingen mätning har kunnat göras närmast bottenytan. Vid provtagningen inom område 6 avbröts arbetet på grund av väderlek varvid mätning av syrehalt inte genomfördes där.

Alla de tre undersökta områdena uppvisade likartade syrgas- och temperaturprofiler (Fig. 20). Vid mättillfället fanns ett 30-40 m mäktigt ytvatten med temperaturer på 13-14 °C. Därunder kommer

ett temperatursprångskikt där temperaturen successivt sjunker ned till 5 °C på 60-70 m och djupare.

Syrehalterna är höga i ytvattnet och ned till 60 m. Under detta djup sker en snabb minskning av syrgashalten ned till 2-5 mg/l vid 80 m och djupare.

Resultatet från syremätningen är samstämmigt med gränsen för där bottenarna successivt slutar att domineras av erosion och övergår alltmer i ackumulationsbottenar såsom beskrivet i tidigare avsnitt.



Figur 20. Resultat från mätning av temperatur och syrehalt med sond ned till 100 meters djup.

3.6. Föroreningsaspekter

Tre prover från varje tänkbart tipplatsområde uttogs för miljöanalyser med avseende på torrsubstans, glödförlust och oorganiska ämnen (metaller samt fosfor) Proverna analyserades enligt svensk standard hos ALS Scandinavia. Före analys av organiska miljögifter blandades de tre delproverna från respektive delområde till ett blandprov. De organiska ämnena analyserades av ALS Scandinavia med analyser anpassade för låga detektionsgränser för att möjliggöra jämförelser med tidigare uppmätta föroreningshalter i sediment från närbelägna områden. Resultaten från analyserna redovisas nedan i Tabell 3 och 4, samt analysprotokoll i Bilaga x.

Som grund för bedömningen av föroreningssituationen i undersökningsområdet användes Naturvårdsverkets rapport 4914, Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Kust och hav (1999). I tabell x har ett utdrag av de studerade organiska miljögifterna och metallerna sammanställts. De erhållna mätresultaten kommer för varje föroreningsparameter först att värderas i förhållande till dessa bedömningsgrunder. För varje föroreningstyp har sedan gjorts jämförelser mellan de uppmätta halterna i område 5-8 och data från ackumulationsbottnar i Stockholms skärgård och i Egentliga Östersjön (Tabell 5).

I den refererade tabell x i Rapport 4914 finns emellertid vissa fel. Det anges i rapporten att data i tabellen är normerade till en kolhalt av 1 % organiskt kol vilket inte stämmer för PCB och PAH, utan data är redovisade enbart till torrsvikt utan någon normalisering till kolhalt (Naturvårdsverket, pers. medd.). Klassgränserna för metaller i mg/kg TS baseras på de jämförvärden som anges i Tabell 34 i Naturvårdsverkets Rapport 4914 (1999).

Tabell x. Svenska bedömningsgrunder för metaller i mg/kg TS (analys enl. svensk standard SIS), polyaromatiska kolväteföreningar (PAH) och polyklorerade bifenylter (PCB; ng/g TS) i kust- och havssediment (Naturvårdsverket Rapport 4914, 1999).

Ämne	Klass I Bra ("Ingen halt")	Klass II Låg halt	Klass III Medelhög halt	Klass IV Hög halt	Klass V Mycket hög halt
Arsenik	<10	10-17	17-28	28-45	>45
Bly	<25	25-40	40-65	65-110	>110
Kadmium	<0,2	0,2-0,5	0,5-1,2	1,2-3	>3
Kobolt	<12	12-20	20-35	35-60	>60
Koppar	<15	15-30	30-50	50-80	>80
Krom	<40	40-48	48-60	60-72	>72
Kvicksilver	<0,04	0,04-0,12	0,12-0,4	0,4-1	>1
Nickel	<30	30-45	45-66	66-99	>99
Zink	<85	85-128	128-204	204-357	>357
sPAH11	0	0-280	280-800	800-2500	>2500

sPCB7	0	0-1,3	1,3-4	4-15	>15
-------	---	-------	-------	------	-----

En bedömning har även gjorts i jämförelser med kanadensiska riktvärden (ISQG) och med effektbaserade haltvärden (PEL) (Canadian Environmental Quality Guidelines, 2003).

Metaller

Halterna för metaller ligger generellt i de tre lägsta klassgränserna, d.v.s. halterna är låga/medelhöga, utom för ett enstaka prov (6:5) vad gäller krom, där halten är hög. För arsenik ligger halterna i klass I. Anledningen till att de övriga metallhalterna ibland inte ligger i de lägre haltintervallen är kopplad till Östersjöns redoxförhållanden. Som framgår av Tabell 5 är halterna i Stockholms skärgård av samma storleksordning eller något högre än i område 5-8. I öppna Egentliga Östersjön är halterna av Cd, Cu, Hg, Pb och Zn (s.k. sulfidmetaller) påtagligt förhöjda, vilket sammanhänger med fastläggning av dessa ämnen i form av mer eller mindre olösliga metallsulfidkomplex i bottenarna (Borg and Jonsson 1996; Perttilä et al. 2003). Vad gäller vanadin finns inga bedömningsgrunder för kust och hav. Halterna är av samma storleksordning som erhållits i Stockholms skärgård (Tabell 5). I öppna Egentliga Östersjön är halterna påtagligt högre med ett medianvärde på 113 (n=10; intervall: 54-143)(Perttilä et al. 2003).

Analyserade metaller och arsenik ligger i nivå med de kanadensiska riktvärdena (ISQG) och vid jämförelse motsvarar de analyserade halterna 15-60% av effektrelaterade halter (PEL) för bottenlevande fauna.

PCB (polyklorerade bifenyler)

PCB är en grupp miljö- och hälsoskadliga industrikemikalier som utvecklades på 1920-talet. Användningen av PCB förbjöds i Östersjöområdet i början av 1970-talet men fortfarande tillförs PCB till Östersjön främst genom atmosfärisk tillförsel (Wiberg et al. 2008). Halterna i organismer (t.ex. strömning och sillgrissleägg) sjönk förhållandevis snabbt med början under 1970-talet och är idag nere på nivåer som är mindre än en tiondel av de höga halterna i början på 1970-talet. Vad gäller sediment har halterna inte sjunkit under perioden fram till omkring 1990. I samband med en materialbalansstudie i Östersjön har förnyade undersökningar visat på tydliga haltminskningar av sPCB7 med i runda tal en faktor 5 mellan början av 1990-talet och mitten av 2000-talet.

Halterna av sPCB7 i undersökningsområdenas ytsediment ligger i intervallet 2,6-3,8 ng/g TS (Tabell 4). Detta är att klassificera som medelhög halt enligt bedömningsgrunderna för kust och hav (tabell 5), men ligger i samma haltområde som man vanligtvis finner i NV Östersjöns skärgårdsområden (Tabell 5) utanför de absoluta närområdena till punktkällor. Vid jämförelse med en kanadensisk sammanställning är halten PCB mindre än 2% av de fastställda effekthalterna (PEL) på bottenlevande fauna och en tiopotens lägre än det kanadensiska riktvärdet (ISQG) för sediment.

I områden med punktkällor är halterna avsevärt högre än i område 5-8 (Tabell 5). Muskö-/Hårsfjärden området där det uppenbart funnits/finns lokala punktkällor är halterna klart förhöjda med en medelhalt av sPCB7 på 54 ng/g TS, vilket med god marginal ligger i klass 5 (mycket hög halt) enligt bedömningsgrunderna för kust och hav. I närheten av Stockholm är halterna ännu mycket högre med ett median värde på 154 ng/g TS.

I samband med upprättande av en materialbalans för PCDD/F, PCB och HCB (Wiberg et al. 2008) i Östersjön togs 2007 nya sedimentprover på ungefär samma avstånd ut ifrån kusten som i denna undersökning från Huvudskär och upp till Sandhamn. sPCB7 i detta kustavsnitt ligger på 2-14 ng/g ts. Halterna i område 5-8 ligger i den nedre delen av detta haltintervall.

Polyaromatiska kolväteföreningar (PAH)

PAH-erna är en grupp av ämnen som enligt EU:s prioriteringslista bör fasas ut på grund

av dess cancerogena och persistenta egenskaper i miljön. De bildas vid förbränning och sprids främst via atmosfäriskt nedfall. Många PAH-er är svårslösliga i vatten vilket gör att de ansamlas i sediment. Fordonstrafik och eldning av ved och kol är stora källor till PAH. Undersökningar av sediment och biota indikerar storskalig atmosfärisk spridning med högsta halterna i södra och mellersta Östersjön och avklingande halter mot norr.

sPAH11 i dessa fyra områden har halter inom intervallet 1.000 – 1.400 ng/g TS, vilket motsvarar den lägre delen av haltintervallet "Hög halt" i bedömningsgrunderna för kust och hav. Om man jämför dessa halter med sPAH11 i andra, av punktkällor ej direkt påverkade kustområden ligger de i samma haltintervall som i Södra Mysingen (Tabell 5) men något högre än i Norra Mysingen. **Jämförelse med effektbaserade halter sammanställda i Kanada för PAH är halterna 5-30% av halter som ger kända effekter (PEL) på bottenlevande fauna.**

I avsikt att belysa haltfördelningen av sPAH11 i områden som ej är direkt påverkade av punktkällor i en gradient från skärgård till öppet hav har Tabell z sammanställts. Den visar tvärt emot den förväntade bilden att halterna är lägst inne i skärgårdarna, högre i kustområdena och högst i de öppna havsvidderna. Detta är en generell bild som även gäller de flesta andra analyserade föreningar i denna undersökning.

Dessa haltfördelningar kan vid första påseende verka förbryllande, men beror med största sannolikhet på att depositionen av minerogena och organogena sedimentpartiklar i genomsnitt är 5-10 gånger högre i skärgårdarnas ackumulationsbottnar jämfört med öppet hav (Jonsson 2000; Jonsson et al. 2000; Jonsson (Red.) 2003). Den allra största andelen av dessa partiklar härrör från erosion av opåverkade glacial- och postglacialleror. Erosionen är större i skärgårds- och kustsediment än i öppet hav. Detta kan illustreras med följande exempel. Om man antar att föroreningsbelastningen är lika i de jämförda områdena (skärgård, kust, öppet hav) kommer halten uttryckt till torrsubstans (TS) att bli många gånger lägre i skärgårdsområdena eftersom den givna tillförseln av föroreningen blandas ut i en större mängd sedimentpartiklar i skärgården.

Organiska tennföreningar

De organiska tennföreningarnas viktigaste och mest omdebatterade användningsområde är som aktiva antifouling-substanser i båtbottnfärger. De har karaktäriserats som en av de mest toxiska föreningarna som någonsin släppts ut i miljön och är följaktligen högprioriterade s.k. "hazardous substances" både i Östersjö- och Nordsjöområdet. Exponering av organismer för organiska tennföreningar har visat sig ge upphov till tydliga hormonstörningar hos ett antal organismer, innefattande framförallt imposex hos snäckor. Det som anses vara en av de allvarligare störningarna med bäring på reproduktionsstörningar, är utveckling av sexuella karaktärer som hos det motsatta könet, t.ex. utveckling av penis hos honor av purpurnäckan (*Nucella lapillus*). I områden som saknar purpurnäckor används ofta strandsnäckan (*Littorina*

littorea), som är vanlig i Östersjön. Denna typ av effekter har hittats i områden med avsevärt lägre sedimenthalter av organiska tennföreningar än vad som är vanliga i många hamnområden.

På senare år har Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) haft i uppdrag att analysera organiska tennföreningar i våra havsområden. Resultaten har sammanställts i Tabell x. I den övre delen av tabellen redovisas halterna av TBT i sediment från "opåverkade" havsområden och skärgårdar. TBT är en alltigenom antropogen förening och skall överhuvudtaget inte finnas i havssediment. Det är därför mycket oroande att den finns i stort sett överallt och i vissa områden i halter som är nära eller över den nivå vid vilken subletala effekter i form av hormonstörningar kan förväntas uppstå. I marinor och hamnar är halterna avsevärt högre och i dessa områden är risken för betydande effekter överhängande. Spridningen till de öppna havsvidderna sker dels direkt från fartygs- och båttrafiken, dels genom utläckage från kraftigt förorenade hamnområden.

Några bedömningsgrunder för organiska tennföreningar finns inte för svenska förhållanden. I en vägledande dom från Miljööverdomstolen (MÖD) från 2007 fastslås dock att sediment med halter högre än 200 ng/g TS inte får dumpas till sjöss utan måste tas omhand på land.

TBT-halterna i område 5-8 är avsevärt lägre än detta av MÖD fastställda gränsvärde och är låga både vid en jämförelse med av punktkällor opåverkade skärgårdssediment och ackumulationsbottnar i öppet hav (Tabell x).

Sammanfattning av föroreningsituationen i de planerade dumpningsområdena 5-8

I en jämförelse med klassificering av föroreningshalter i enlighet med Naturvårdsverkets rapport 4914, Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Kust och hav (1999) är en del av de undersökta föroreningsparametrarna klart förhöjda i de studerade områdena.

En slutsats som kan dras utifrån sammanställning av sedimentundersökningar i kust och havsområden i norra egentliga Östersjön är att haltfördelningarna av de flesta föroreningarna i Östersjön avviker påtagligt från de låga eftersträlvade halterna som anges i Naturvårdsverkets Rapport 4914.

De uppmätta föroreningshalterna i område 5-8 ligger i det normala intervallet för det storskaliga haltmönstret för södra Stockholms skärgård och norra Egentliga Östersjön.

Tabell 3. Sammanställning av analyser av grundämnen utförda av ALS Scandinavia.

Provstation	Intervall	Torrsubstans %	Glödförlust % av TS	Arsenik mg/kg TS	Kadmium mg/kg TS	Kobolt mg/kg TS	Krom mg/kg TS	Koppar mg/kg TS	Kvikksilver mg/kg TS	Nickel mg/kg TS	Bly mg/kg TS	Vanadium mg/kg TS	Zink mg/kg TS	Fosfor mg/kg TS
5:1	0-10 cm	15,6	10,5	7,5	0,66	19	57	39	0,149	40	36	72	160	830
5:2	0-10 cm	14,5	11,0	6,1	0,51	18	62	40	0,0784	42	34	74	166	863
5:3	0-10 cm	15,3	10,7	7,9	0,52	17	56	40	0,0761	41	36	72	168	869
6:1	0-10 cm	13,6	11,1	7,2	0,43	14	50	35	0,0642	34	28	61	132	798
6:3	0-10 cm	15,0	10,8	7,3	0,42	15	54	34	0,0613	34	31	62	136	805
6:5	0-10 cm	15,5	10,5	6,8	0,44	16	61	39	0,0779	40	34	77	149	805
7:1	0-10 cm	14,2	11,4	8,0	0,60	16	50	38	0,078	35	34	62	146	840
7:2	0-10 cm	19,7	9,3	9,5	0,86	15	59	38	0,0742	39	47	73	183	792
7:3	0-10 cm	15,3	10,9	9,3	0,63	16	58	38	0,0613	39	35	70	153	788
8:1	0-10 cm	17,7	10,3	7,3	0,45	16	51	35	0,0707	37	30	67	148	898
8:2	0-10 cm	17,6	10,9	7,6	0,62	16	55	42	0,0588	39	35	73	164	842
8:3	0-10 cm	14,9	11,0	7,5	0,69	15	47	37	0,0561	34	27	59	147	766
Medel		15,7	10,7	7,7	0,57	16	55	38	0,1	38	34	68	154	825
Median		15,3	10,9	7,5	0,56	16	55	38	0,1	39	34	71	151	818
Jämförvärde gränsen mellan klass 4 och 5				45	3	60	70	80	1	100	110	180	360	
CCME 2003 ISQG				5,9	0,60		37	36	0,13		35		123	
CCME 2002 PEL				17,0	3,50		90	197	0,486		91		315	

Tabell 4. Sammanställning av miljöförorenande ämnen inom område 5 – 8 i öppet hav utanför Nynäshamn.

Laboratorieanalys	Enhet	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm	0-10 cm
TS_105°C	%	16,0	16,0	18,0	18,1
glödförlust		10,7	10,8	10,5	10,7
TOC	% av TS	3,78	3,50	3,69	3,74
PAH- föroreningar					
naftalen	ug/g TS	0,027	0,015	0,017	0,016
acenaftilen	ug/g TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
acenaften	ug/g TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
fluoren	ug/g TS	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
fenantren	ug/g TS	0,036	0,025	0,032	0,029
antracen	ug/g TS	0,011	<0,010	0,011	<0,010
fluoranten	ug/g TS	0,11	0,096	0,12	0,093
pyren	ug/g TS	0,075	0,067	0,082	0,062
bens(a)antracen	ug/g TS	0,043	0,033	0,046	0,039
krysen	ug/g TS	0,038	0,029	0,037	0,034
bens(b)fluoranten	ug/g TS	0,19	0,15	0,23	0,18
bens(k)fluoranten	ug/g TS	0,08	0,062	0,089	0,067
bens(a)pyren	ug/g TS	0,072	0,054	0,077	0,064
dibens(ah)antracen	ug/g TS	0,044	0,031	0,049	0,04
benso(ghi)perylene	ug/g TS	0,23	0,18	0,25	0,18
indeno(123cd)pyren	ug/g TS	0,32	0,23	0,37	0,29
PAH cancerogena	ug/g TS	0,787	0,589	0,898	0,714
PAH övriga	ug/g TS	0,493	0,383	0,512	0,376
summa 16 EPA-PAH	ug/g TS	1,28	0,972	1,41	1,09
Summa id11 PAH	ug/g TS				
Polykorerade bifenyler					
PCB 28	ug/g TS	0,00031	0,0003	0,00028	0,00034
PCB 52	ug/g TS	0,00022	0,00072	0,00032	0,00024
PCB 101	ug/g TS	0,00025	0,00026	0,00034	0,0002
PCB 118	ug/g TS	0,00051	0,00064	0,0006	0,00042
PCB 138	ug/g TS	0,00076	0,00071	0,00079	0,0005
PCB 153	ug/g TS	0,00089	0,00078	0,00087	0,00057
PCB 180	ug/g TS	0,00041	0,00049	0,0005	0,0003
summa 7st PCB	ug/g TS	0,00335	0,0039	0,0037	0,00257
Tennorganiska föreningar					
monobutyltenn	µg/kg TS	2,1	2,6	3,5	3,3
dibutyltenn	µg/kg TS	2,7	2,3	2,8	2,8
tributyltenn (TBT)	µg/kg TS	4,9	4,1	5,4	6,3
tetrabutyltenn	µg/kg TS	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
monooktyltenn	µg/kg TS	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
dioktyltenn	µg/kg TS	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
tricyklohexyltenn	µg/kg TS	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
monofenyltenn	µg/kg TS	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
difenyltenn	µg/kg TS	<1.0	3,8	4,9	1
trifenyltenn	µg/kg TS	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0

Tabell 5. Sammanställning av uppmätta föroreningshalter i denna undersökning i sediment från Stockholms skärgård och Egentliga Östersjön

Område	sPCB7 ug/kg ts	sPAH(16) (mg/kg ts)	TBT (ug/kg ts)	As (mg/kg ts)	Cd (mg/kg ts)	Co (mg/kg ts)	Cr (mg/kg ts)	Cu (mg/kg ts)	Hg (ug/kg ts)	Ni (mg/kg ts)	Pb (mg/kg ts)	V (mg/kg ts)	Zn (mg/kg ts)	REF
Skärgård														
Stockholms mellan- och ytterskärgård	5-9													9
Saxarfjärden			55-76											1
Muskö- och Horsfjärdsområde (utanför närområden)	0,5-8	0,2-0,6	4-20	5-16	0,2-1	8-16	35-60	26-49	40-280	22-39	10-45	36-59	117-210	1
Pilkobbsfjärden			14-20											1
Mysingen och Nynäshamnsområdet	0,3-0,9	0,7-1,2		7-15	0,1-0,6	11-18	73-90	7-46	110-240	26-42	31-46	86-132	124-177	12
Södermanlands och St. Anna skärgårdar	3-6													9
Öppet hav														
Norra Egentliga Östersjön		0,9-1,6												8
Egentliga Östersjön	1-6	1-3	2-22											2
Egentliga Östersjön					1-11			20-211	13-200		70-100		180-500	13
Kust Stockholms skärgård	2-14													14
Undersökningar för Norvikshamnen														
Södra Mysingen	3,2-9,2	0,33-1,34	9,2-25	7-12	0,3-0,6	16-17	53-60	42-53	50-110	31-35	34-110	62-70	150-180	4
Norra Mysingen	< 3	< 0,7	1,8-2,5	9-12	0,3-5,6	14-16	52-56	35-41	51-83	33-36	33-40		151-165	5
Område 5-8	2,6-3,9	1,0-1,4	4,1-6,3	6-10	0,4-0,9	14-19	47-62	34-42	61-149	34-42	28-47	59-77	132-183	

4. Analys och resultat

Den maringeologiska kartan tillsammans med djupkartan visar att det finns ett flertal områden inom undersökningsområdena 5, 6 och 7 som alla uppfyller kriterierna för att anses som lämpliga tipplatser. Samtliga dessa områden består av väl avgränsade djuphålor med goda ackumulationsförhållanden.

Föroreningshalterna för samtliga ämnen befinner sig inom det normala intervallet för det storskaliga haltmönstret för södra Stockholms skärgård och norra Egentliga Östersjön och kan inte knytas till någon specifik källa. De analyserade halterna i de sedimenten är i nivå eller mycket under framtagna kanadensiska riktvärden och mycket lägre än effektbaserade haltvärden för bottenlevande fauna

Likheten i ackumulationssedimenten är slående mellan alla de undersökta områdena. Laminering uppträder omkring 1930-1940 i alla sedimentkärnor med kontinuerlig lagerföljd och lamineringen är kontinuerlig fram till idag. Den har en ljus grundton fram till omkring 1950 men övergår till betydligt mörkare i överliggande parti fram till omkring 1990.

De undersökta områdena är likvärdiga ur sedimentologisk synvinkel. Tippning av muddermassor inom samtliga djuphålor innebär att vattnet i bottenhålorna kommer att grumlas under själva tippningsperioden och upp till några månader därefter men att de senare successivt täcks av nya moderna bottensediment. Vid bedömningen av lämplig tipplats bör därför hänsyn tas till fallsträcka ned till botten och naturliga barriärer kring tipplatsen som kan begränsa spridning av den bottennära grumlingen i djuphålan.

5. Slutsatser och rekommendationer

Samtliga sex områden 5a, 5b, 5c, 6a, 6b och 7 kan, var och en enskilt, antas vara lämpliga tipplatser för den tänkta volymen muddermassor från Norvikudden med goda marginaler. Område 6a är tydligast avgränsat med formen av en djup gryta vilket gör det mest lämpligt i jämförelse med de andra undersökta alternativen utomskärs Nynäshamn.

Tippningen bör föregås av en förnyad detaljerad sjömätning vid val av område 5 eller 6 då tidigare sjömätningar utfördes med föråldrad teknik varför den exakta utformningen av området kan förfinas.

Referenser

- 1) Cato, I. Gönczi, M., Jonsson, P., Persson, J. och Sandkvist, Å., 2002. Sedimentundersökningar i Muskö- och Horsfjärdenområdet. SGU-rapport 2002:16.
- 2) Ref 2. Cato, I. Kjellin, B. 2005. The national Swedish status and trend monitoring programme based on chemical contamination in offshore sediment - An overview of the results from 2003. Swedish Geological Survey 2005:25.
- 3) Eckhéll, J., Jonsson, P., Meili, M. and Carman, R., 2000. Storm influence on the accumulation and lamination of sediments in deep areas of the northwestern Baltic proper. *Ambio* 29:238-245.
- 4) Feldtmann and Jonsson, 2006. Stockholm – Nynäshamn, Norvikudden, Utredning av tippningsplatser för muddermassor. SWECO VIAK AB, Uppdragsnummer 1150483300.
- 5) Feldtmann, Evenhamre and Jonsson, 2007. Stockholm – Nynäshamn, Norvikudden – Nya föreslagna tippplatser för muddermassor. SWECO VIAK AB, Uppdragsnummer 1150483300.
- 6) Jonsson, P., Carman, R. and Wulff, F., 1990. Laminated sediments in the Baltic - A tool for evaluating nutrient mass balances. *Ambio* Vol. 19 No. 3, May 1990, p 152-158.
- 7) Jonsson, P. (Red.), Persson, J. och Holmberg, P., 2003. Skärgårdens bottnar. Naturvårdsverket Rapport 5212, Stockholm, ISBN 91-620-5212-8, ISSN 0282-7298, 112 sid. English summary.
- 8) Jonsson, Per, ITM Stockholms universitet, Baltic Sea Sediment Baseline Study, opubl. material.
- 9) Jonsson, Per, ITM Stockholms universitet, Stockholms skärgård, opubl. material inom projektet EUCON provtaget ca 1995-97 representande år 1993.
- 10) Canadian Environmental Quality Guidelines, 2003.
- 11) Kjellin, Berndt, SGU Uppsala, personligt meddelande
- 12) Utsnitt ur den digitala maringeologiska kartdatabasen för Nynäshamn 9i och Huvudskär 9j producerat 1995-96. Publicerat 1999 inklusive miljöanalyser och underlagsdata som finns i SGUs maringeologiska digitala arkiv.
- 13) Perttilä, M.; Jonsson, P.; Albrecht, H.; Carman, R.; Jensen, A.; Kankaanpää, H.; Larsen, B.; Leivuori, M.; Niemistö, L.; Uscinowicz, S.; Winterhalter, B. (2003). Contaminants in the Baltic Sea sediments: results of the 1993 ICES/HELCOM Sediment Baseline Study. *Meri: report series of the Finnish Institute of Marine Research (Merentutkimuslaitos)*, 50. Finish Institute of Marine Research: Helsinki, Finland. 69 pp.

- 14) Wiberg, K., Broman, D., Cornelissen, G., Jonsson, P., McLachlan, M. and Persson, Y., 2008. Sources, transport, reservoirs and fate of dioxins, PCBs and HCB in the Baltic Sea environment. 110 p. Report to the Swedish EPA (submitted).

Referenser

SGU opubl.m material

Cato, I. Gönczi, M., Jonsson, P., Persson, J. och Sandkvist, Å., 2002. Sedimentundersökningar i Muskö- och Horsfjärdenområdet. SGU-rapport 2002:16.

Cato 2003

Östlund, P., Sternbeck, J. och Brorström-Lundén, E., 1998. Metaller, PAH, PCB och totalkolväten i sediment runt Stockholm - flöden och halter. IVL-Rapport B 1297, ISBN 91-630-6738-2.

OBS ÄR ISBN-numret korrekt? Står så i rapporten men verkar skumt!
Naturvårdsverkets rapport 4914, Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - Kust och hav, 1999. ISBN 91-620-4917-8, ISSN 0282-7298. 134 sid.

Naturvårdsverket, Per Jonsson, pers. medd. angående normering till kol.

Borg, H. and Jonsson, P., 1996. Large-scale Metal Distribution in Baltic Sea Sediments. *Marine Pollution Bulletin* 32:8-21.

Jonsson, P. (Red.), Persson, J. och Holmberg, P., 2003. Skärgårdens bottnar. Naturvårdsverket Rapport 5212, Stockholm, ISBN 91-620-5212-8, ISSN 0282-7298, 112 sid. English summary.

Jonsson, P., 2000. Sediment burial of PCBs in the offshore Baltic Sea. *Ambio* 29:260-267.

Jonsson, P., Eckhéll, J. and Larsson, P., 2000. PCB and DDT in laminated sediments from offshore and archipelago areas of the NW Baltic Sea. *Ambio* 29:268-276.

Perttilä, M., Jonsson, P., Larsen, B., Niemistö, L., Winterhalter, B. & Axelsson, V., 2003. The 1993 HELCOM/ICES Baltic Sea Sediment Baseline Study. In: Perttilä, M. (Ed.), Contaminants in the Baltic Sea Sediments, Results of the 1993 HELCOM/ICES Baltic Sea Sediment Baseline Study, p 9-20. No. 50 2003, MERI, Report Series of the Finnish Institute of Marine Research. ISSN 1238-5328, ISBN 951-53-2557-9.

Wiberg, K., Broman, D., Cornelissen, G., Jonsson, P., McLachlan, M. and Persson, Y. and Sources, transport, reservoirs and fate of dioxins, PCBs and HCB in the Baltic Sea environment. 110 p.