



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R104:1989

Miljöeffekter från utsläpp av salt djupgrundvatten i Klintehamnsviken

Hans-Georg Wallentinus

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	Ser

1/84

Byggforskningsrådet

R104:1989

MILJÖEFFEKTER FRÅN UTSLÄPP AV SALT
DJUPGRUNDVATTEN I KLINTEHAMNSVIKEN

Hans-Georg Wallentinus

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850870-9
från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen
för kulturteknik (numera mark- och vattenresurser), KTH,
Stockholm.

45342

VA NYTT

REFERAT

Syftet med undersökningen var att konstatera vilka risker för miljön, som finns när salt (7%) och järnrikt (ca 30 mg/l) vatten släpps ut i ett brackvattensområde. Undersökningen genomfördes genom vattenkemiska provtagningar, strandinventeringar och dykundersökningar under perioden augusti 1985 - oktober 1987. Följande slutsatser kunde dras av undersökningarna:

- Det salta vattnet blandar sig förhållandevis långsamt med östersjövatten och kommer därför genom sin högre täthet att "rinna" längs botten och ansamlas i fördjupningar i botten.
- Salthalten i sig kan vara tillräckligt hög för att döda växter och djur på botten inom närområdet till rörmyningen, men även vissa av de ämnen som ingår i saltet finns i en mängd som ensamt skulle kunna döda levande organismer.
- Det tunga, salta, vattnet som rinner längs botten fångas så småningom upp av inseglingsrännan och förs utåt, eller i mindre utsträckning inåt, mot hamnbassängen. På norra sidan om inseglingsrännan har ingen saltshaltsförhöjning kunnat konstateras.
- Den höga järnhalten medför att järn fälls ut på botten, speciellt där vattnet blir stående. Under speciella omständigheter kan järn också fällas ut i yttligare vatten.
- Järnet fälls antingen som en finkornig, mörkröd fällning som återfinns som ett överdrag på sand, växter, stenar och andra föremål på botten, eller som en voluminös flockig fällning som driver omkring i vattnet och som av vågrörelser kan föras upp mot ytan.
- Mängden närtsalter i det utgående vattnet är litet, speciellt jämfört med reningsverkets utsläpp. Detta ligger några hundra meter söder om hamnområdet.
- I ett kontrollprogram är det bästa sättet att kontrollera effekterna av utsläppet med hjälp av dykare. Översiktlig strandkontroll kan göras om så önskas och om perioder med järnutfällningar får större frekvens än hittills. Vattenprovtagning från båt ger däremot en mycket begränsad bild av saltvattenpåverkan.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R104:1989

ISBN 91-540-5122-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1989

INNEHÅLL

<u>SAMMANFATTNING</u>	4
SLUTSATSER	4
<u>INTRODUKTION</u>	6
ODVALDSANLÄGGNINGEN	9
PROGRAM FÖR RECIPIENTUNDERSÖKNING	11
<u>DOKUMENTATION AV BOTTENFAUNA 1985</u>	13
<u>DOKUMENTATION AV STRANDVEGETATION 1985-87</u>	15
<u>VATTENPROVTAGNINGAR 1985-87</u>	18
PROVTAGNINGAR I KLINTEHAMNSVIKEN	18
VATTENKEMISKA PARAMETRAR	25
<u>Alkalinitet</u>	25
pH	27
<u>Salthalt</u>	27
<u>Salternas ekologiska effekter</u>	28
Sulfat	28
Fosfat, nitrit/nitrat och ammonium	28
Järn	30
<u>Sammanfattning</u>	31
JÄRNUTFÄLLNING I JUNI 1986	31
<u>DYKUNDERSÖKNINGAR</u>	34
DYKINVENTERING AV VÄXT- OCH DJURLIV HÖSTARNA 1985 OCH 1987	34
<u>Profilerna vid rörmynningen</u>	35
<u>Räveln</u>	38
<u>Sammanfattning</u>	39
DYKUNDERSÖKNINGAR SOMRARN 1986 OCH 1987	42
<u>KONTROLLPROGRAM FÖR UTSLÄPP AV SALT GRUNDVATTEN I KLINTEHAMNSVIKEN</u>	45
<u>REFERENSER</u>	46
<u>Bilaga 1</u> . BESKRIVNING AV OMRÅDEN LÄNGS STRANDEN VID KLINTEHAMNSVIKEN	
<u>Bilaga 2</u> FÖRTECKNING ÖVER DIABILDER, stränder m m	

SAMMANFATTNING

Syftet med undersökningen var att konstatera vilka risker för miljön, som finns när salt och järnrikt vatten släpps ut i ett brackvattensområde. Undersökningen genomfördes genom vattenkemiska provtagningar, strandinventeringar och dykundersökningar under perioden augusti 1985 - oktober 1987.

I Odvaldsområdet, Klintehamn, pumpas ett mycket salt- och järnrikt djupgrundvatten upp ur ett nära 500 meter djupt borrhål. Vattnet används för att värma upp skolan, pensionärshemmet samt ett par bostadsområden. Efter värmewäxling leds vattnet via en ledning ut i Klintehamnsviken, där ledningen mynnar på ca 3 m djup, straxt utanför hamnbassängen.

Vattnet håller en salthalt på ca 7% mot Östersjöns ca 0.7%. Genom sin genom saltinnehållet höga täthet rinner det längs botten och har dödat det mesta djur- och växtlivet i ett område omkring utsläppspunkten. Den påverkade ytan är drygt en hektar, eller den del av botten som ligger mellan rörmyningen och inseglingrännan och som ligger djupare än tre meter. Vattnet rinner så småningom ned i den muddrade rännan och försvinner sedan ut i Östersjön. Under våren kan detta salta vatten spåras åtskilliga hundra meter ut i rännan. Under sommaren och hösten verkar omblandningen i vattnet vara bättre och salthaltsförhöjningen kan konstateras bara inom området mellan rörmyningen och rännan.

Vattnet har också en mycket hög järnhalt, i medeltal 35 mg/l, jämfört med det normala i Östersjön på 0.5 mg/l. Järn fälls ut på botten men kan också fällas ut som luckra flockar i vattnet. Järnfällningen (järnhydroxid) har dock aldrig konstaterats driva upp på land.

Slutsatser

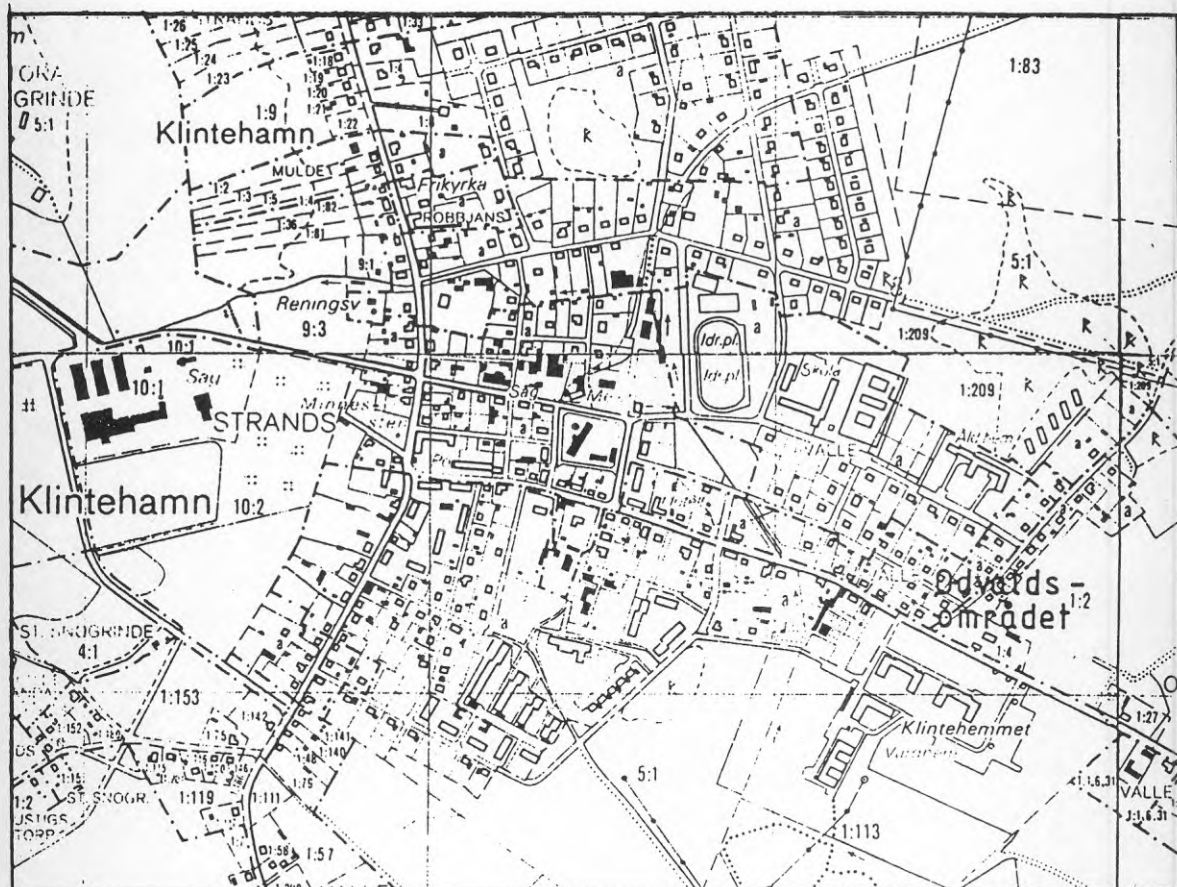
1. Det salta vattnet blandar sig förhållandevis långsamt med östersjövatten och kommer därför genom sin högre täthet att "rinna" längs botten och ansamlas i fördjupningar i botten.
2. Salthalten i sig kan vara tillräckligt hög för att döda växter och djur på botten inom närområdet till rörmyningen, men även vissa av de ämnen som ingår i saltet finns i en mängd som ensamt skulle kunna döda levande organismer.
3. Det tunga salta vattnet som rinner längs botten fångas så småningom upp av inseglingrännan och förs utåt, eller i mindre utsträckning inåt, mot hamnbassängen. På norra sidan om inseglingrännan har ingen salthaltsförhöjning kunnat konstateras.
4. Den höga järnhalten medför att järn fälls ut på botten, speciellt där vattnet blir stående. Under speciella omständigheter kan järn också fällas ut i ytligare vatten.
5. Järnet fälls antingen som en finkornig, mörkröd fällning som återfinns som ett överdrag på sand, växter, stenar och andra föremål på botten, eller som en voluminös flockig fällning som driver omkring i vattnet och som av vågrörelser kan föras upp mot ytan.

6. Mängden närsalter i det utgående vattnet är litet, speciellt jämfört med reningsverkets utsläpp. Detta ligger några hundra meter söder om hamnområdet.
7. I ett kontrollprogram är det bästa sättet att kontrollera utsläppet genom dykare. Översiktlig strandkontroll kan göras om så önskas och om perioder med järnutfällningar får större frekvens än hittills. Vattenprovtagning från båt ger däremot en mycket begränsad bild av saltvattenpåverkan.

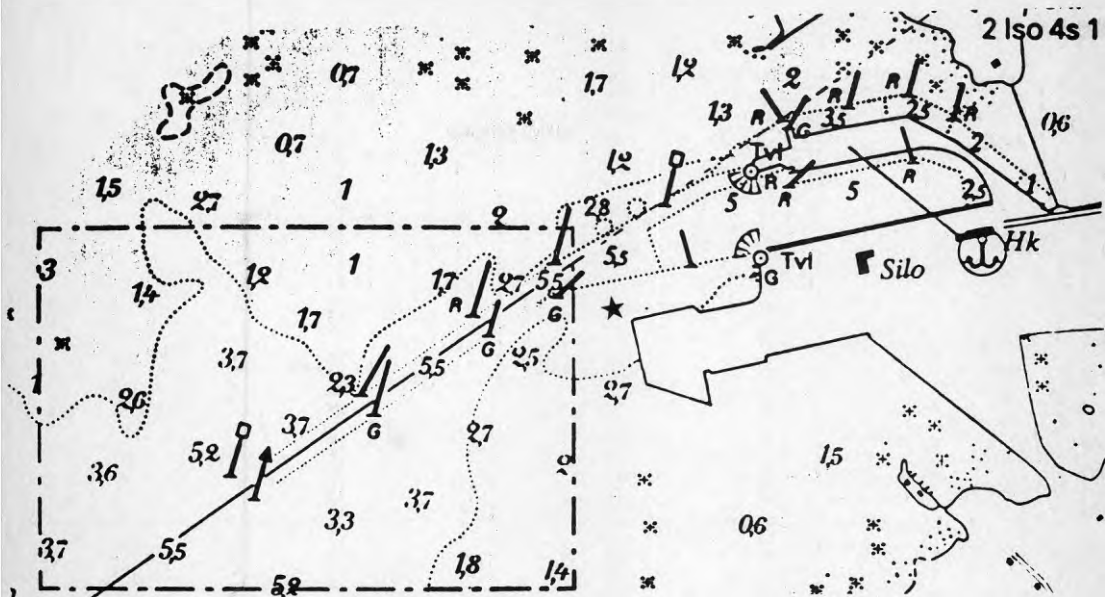
INTRODUKTION

Jag har, med hjälp av forskningsmedel från Byggnadsforskningsrådet undersökt miljöeffekter från utsläpp av salt- och järnrikt vatten i Klintehamnsviken. Detta vatten kommer från ett dygt 486 m djupt borrhål vid Odvalds, någon kilometer in i land, där vattnet används för utvinning av värme. Anläggningen ägs av AB Gotlandshem och försörjer två mindre villaområden, Klintehemmet och Klinteskolan med värme (fig. 1). Utloppsroret mynnar ca 20 m utanför den södra piren i Klintehamns hamn på ett djup av knappt tre meter (se fig. 2).

Odvaldsprojektet följs av en samrådsgrupp med följande sammansättning: Arne Pettersson, Energianläggningar AB (VIK), Sven-Arne Lagerström, AB Gotlandshem, Kalle Nyberg, Länsstyrelsen, Dan



Figur 1. Karta över Klintehamn med Odvaldsområdet längst till höger och hamnen strax utanför vänster bildkant (efter Andersson och Ericsson 1983)



Figur 2. Klintehamn hamn. Utsläppspunkten har markerats med stjärna.

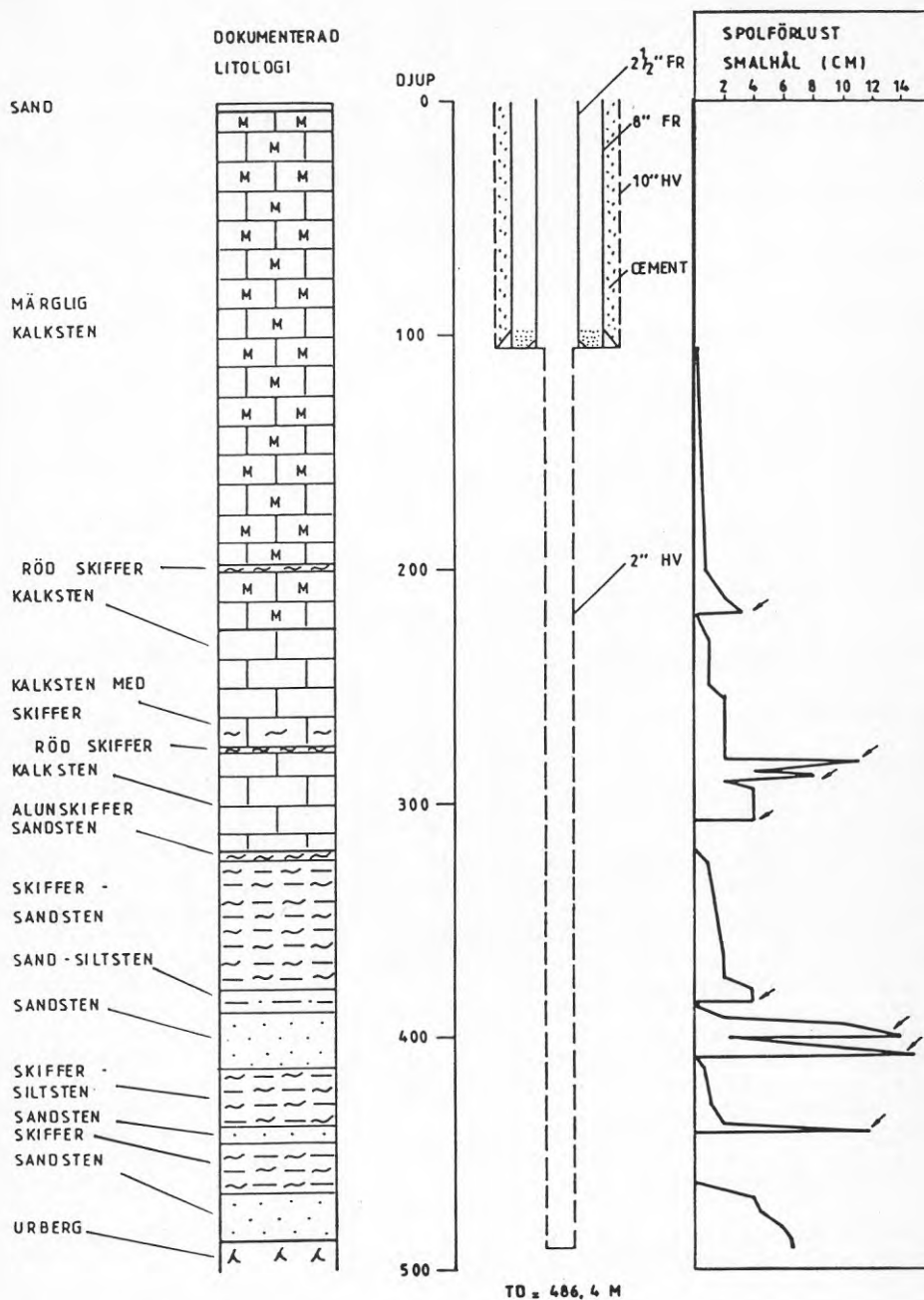
Lundgren, Gotlands kommun, Thure Pettersson, Stiftelsen Varvsholms Pensionat, Berit Gräser, Centern, samt Harry Söderstrand och P-G Olsson, Klinte båtklubb.

Under åren 1985 t o m 1987 har Gotland besökts fjorton gånger inom ramen för projektet. Vid elva av dem har studier gjorts i utsläppsområdet, medan det vid tre tillfällen enbart rört sig om information till allmänheten eller till samrådsgruppen.

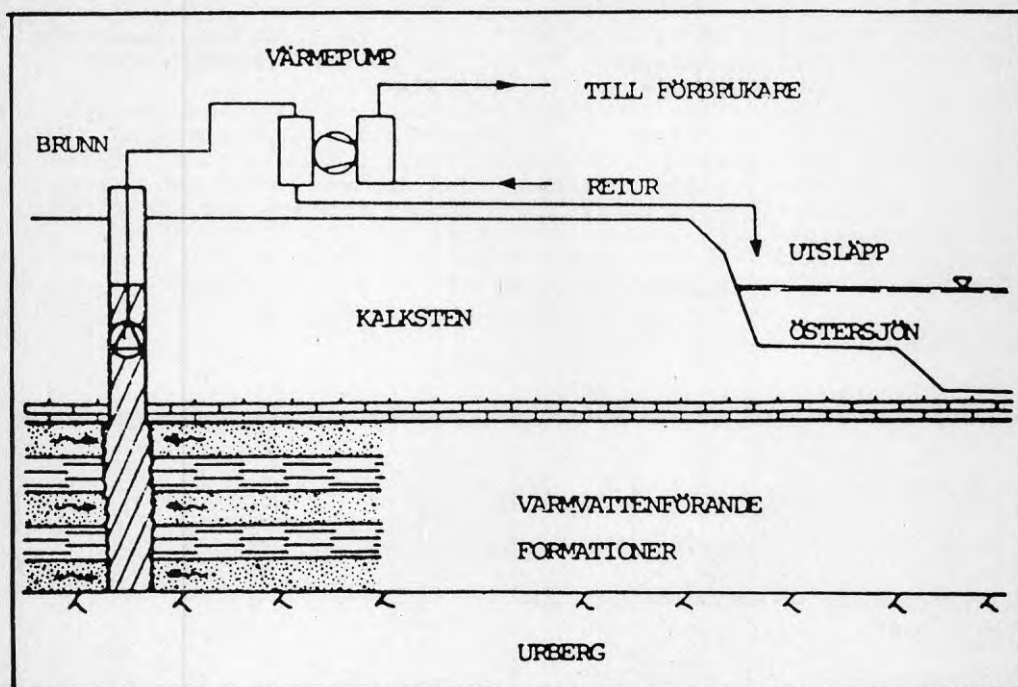
En av anledningarna till att mina miljökonsekvensstudier kom igång var oro hos de boende i Klintehamn. Skrivelser kom från ett flertal organisationer; Klinte båtklubb som har sina båtplatser längre in i Klintehamnsviken, Föreningen Varvsholms Pensionat som driver pensionats- och vandrarhemsrörelse på norra sidan av hamnområdet, samt yrkesfiskarna i Klintehamn. Orsaken till oron var att det vatten som pumpades upp under projektets försöksfas 1983, släpptes ut på plats vid Odvalds och fick rinna ut i Varvsholmsviken, nära gamla reningsverket, i den befintliga bäcken. Kontakten med luftens syre medförde då naturligtvis en snabb utfällning av de stora mängder järn som fanns lösta i vattnet. Den bildade järnhydroxiden färgade bäcken röd och rödfärgningen spred sig också i Varvsholmsviken när vattnet nådde viken.

Dessutom dog ett flertal träd (popplar) längs bäcken då deras rötter kom i kontakt med det, för deras del, oerhört salta vattnet. Som exempel på vad träd uthärdar kan nämnas att klibbal inte växer i kontakt med vatten av högre salthalt än ca 0.05%. I bäcken bör salthalten ha varit många gånger högre. Men några mätningar har, vad jag vet, inte gjorts.

En mängd personer har bidragit till att samla in material till undersökningen. Mats Rosén, VIAK, genomförde bottenfaunaundersökningarna 1985. Dykningen i augusti 1985 gjordes av Lars-Olof



Figur 3. Schematisk skiss av lagerföljd, borrhål och spolförlust. Spolförlusten visar de nivåer där merparten av det upp--pumpade vattnet tas in i det ofodrade röret (det mesta kommer in från sandstenen på omkring 400 meters djup). (Efter Andersson et al. 1984.)



Figur 4. Principskiss över pumpanläggningen vid Odvalds. Vatten hämtas upp ur ett 486 m djupt borrhål, värmen växlas av i en värmeväxlare och vattnet går sedan i ledning till utsläppspunkten i Klintehamnsviken (efter Andersson och Ericsson 1983).

Andersson, brandkåren, dykinventeringarna i oktober 1985 och 1987 av Hans Kautsky och dykare från Aqua Eco HB samt dykningarna i juni 1986 och 1987 av Sonia Eriksson, CONEC HB. Vid vattenprovtagningarna har Klinte båtklubb ställt upp med båt och deras lokaler har fått användas under provtagningarna och som omklädningsrum för dykarna. Protagningshjälp har givits av Kalle Nyberg, länsstyrelsen och Harry Söderstrand, Klinte båtklubb. Under 1987 deltog Ingela Andersson, KTH som assistent. Avsnittet "Dykinventering av växt- och djurliv höstarna 1985 och 1987" har skrivits av Hans Kautsky.

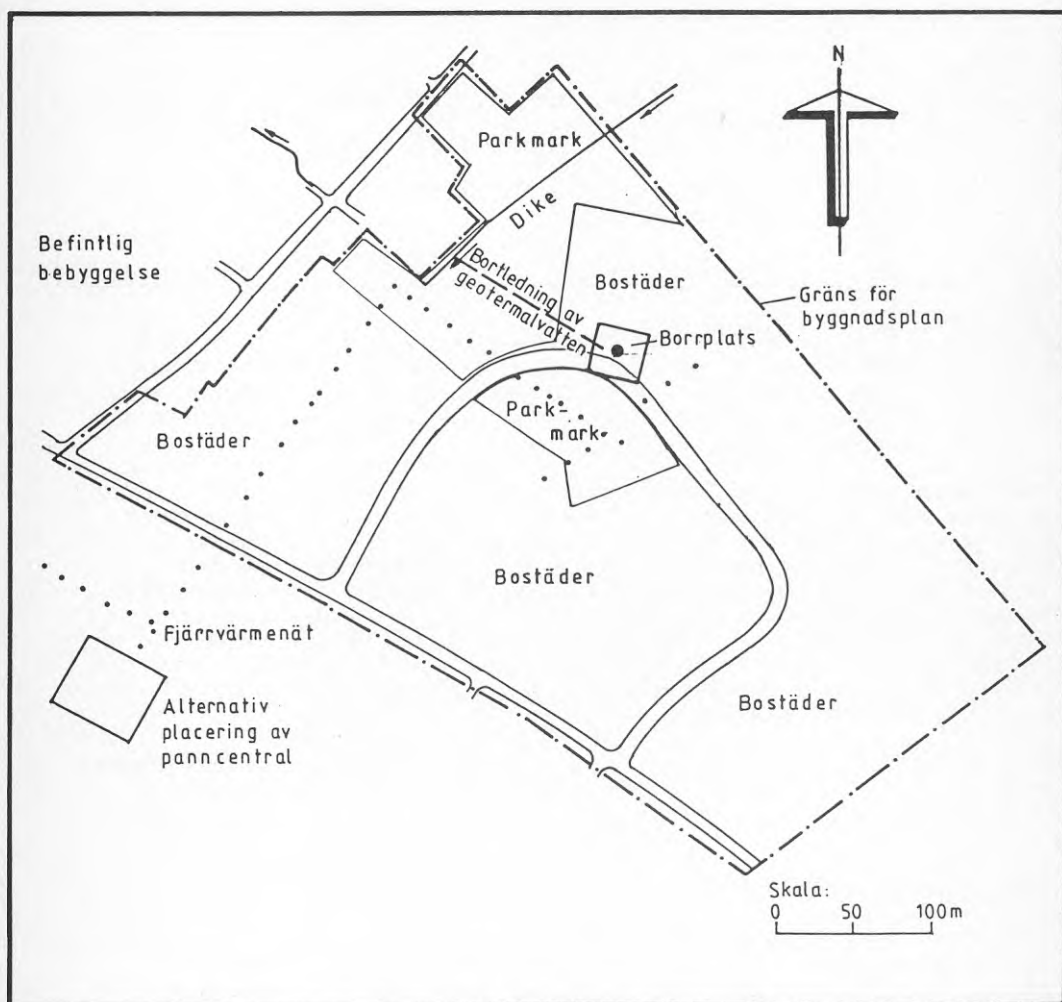
Ett särskilt tack vill jag rikta till Inga-Britt och Harry Söderstrand som alltid ställt upp med mat och husrum vid besöken i Klintehamn.

ODVALDSANLÄGGNINGEN

Vid Odvalds i östra delen av Klintehamns tätort (fig. 1) pumpas ett mycket starkt salthaltigt vatten upp från ett drygt 486 m djupt, ofodrat borrhål. Salthalten ligger nära 7% (mätt som totalsalthalt), vilket är tio gånger högre än salthalten i Östersjön runt Gotland. Järnhalten är också mycket hög, 50-100 gånger högre. Dessutom finns en hel del gas löst i vattnet. Gasen består till övervägande delen av metan (drygt 80%) och till övriga delen

av väte. Genom att röret är ofodrat tas vatten från det omgivande berget i proportion till hur lättörligt det är i olika nivåer.

Vid ca 400 m djup finns ett lager sandsten som levererar en stor del av vattenvolymen (fig. 3). Projektet har beskrivits mer detaljerat i Andersson och Eriksson (1983) och Andersson, Lindgren och Petersson (1984). Värmen i det uppumpade vattnet växlas av vid Odvalds (fig. 5) och vattnet rinner sedan i ett rör till Klintehamnsviken, där vattnet får rinna ut i Östersjön på ett djup av (vid medelvatten) ca 3 m (fig. 2). Röret är delvis nedgrävt i en befintlig bäck. Rördiametern är tio centimeter.



Figur 5. Skiss över Borrplatsen vid Odvalds (efter Andersson et al. 1984).

Anläggningen kom igång tämligen sent 1985 och vintern 1985/86 kännetecknades av stora inkörningsproblem. Även följande vintrar har det varit problem med värmeförsörjningen av framför allt skolan. Driften av värmeväxlaren har därför inte varit optimal och som mest har en utpumpning av ca 7.3 l salt vatten per sekund uppmätts, mot maximalt flöde 10 l/s. Från april fram till augusti har uttaget som regel legat på ca 4 l/s, vilket är den minsta mängd vatten de använda pumparna kan ställas in på. Av den anledningen har belastningen på recipienten, Klintehamnsviken, inte varit maximal.

Temperaturen i det upptagna vattnet har 1986 normalt legat på mellan +18 och +20C, under 1987 och 1988 ganska konstant kring +18C. Temperaturen på utgående vatten har varierat kraftigt beroende på effektiviteten i värmeuttaget samt på att flödet inte kan ställas lägre än 4 l/s. Det medför att under perioder med mild väder har förhållandevis lite värme tagits ut ur vattnet. Temperaturen på utgående vatten låg 1986 på mellan +14.8 och +18.8C, samt åren 1987 och 1988 mellan +6.3 och +15.8C. Värmefaktorn har 1987-88 i medeltal legat på 2.8-2.9. För vidare information hänvisas till årsredovisningarna från projektet (VIAK 1987, Gotlandshem 1988, 1989).

PROGRAM FÖR RECIPIENTUNDERSÖKNING

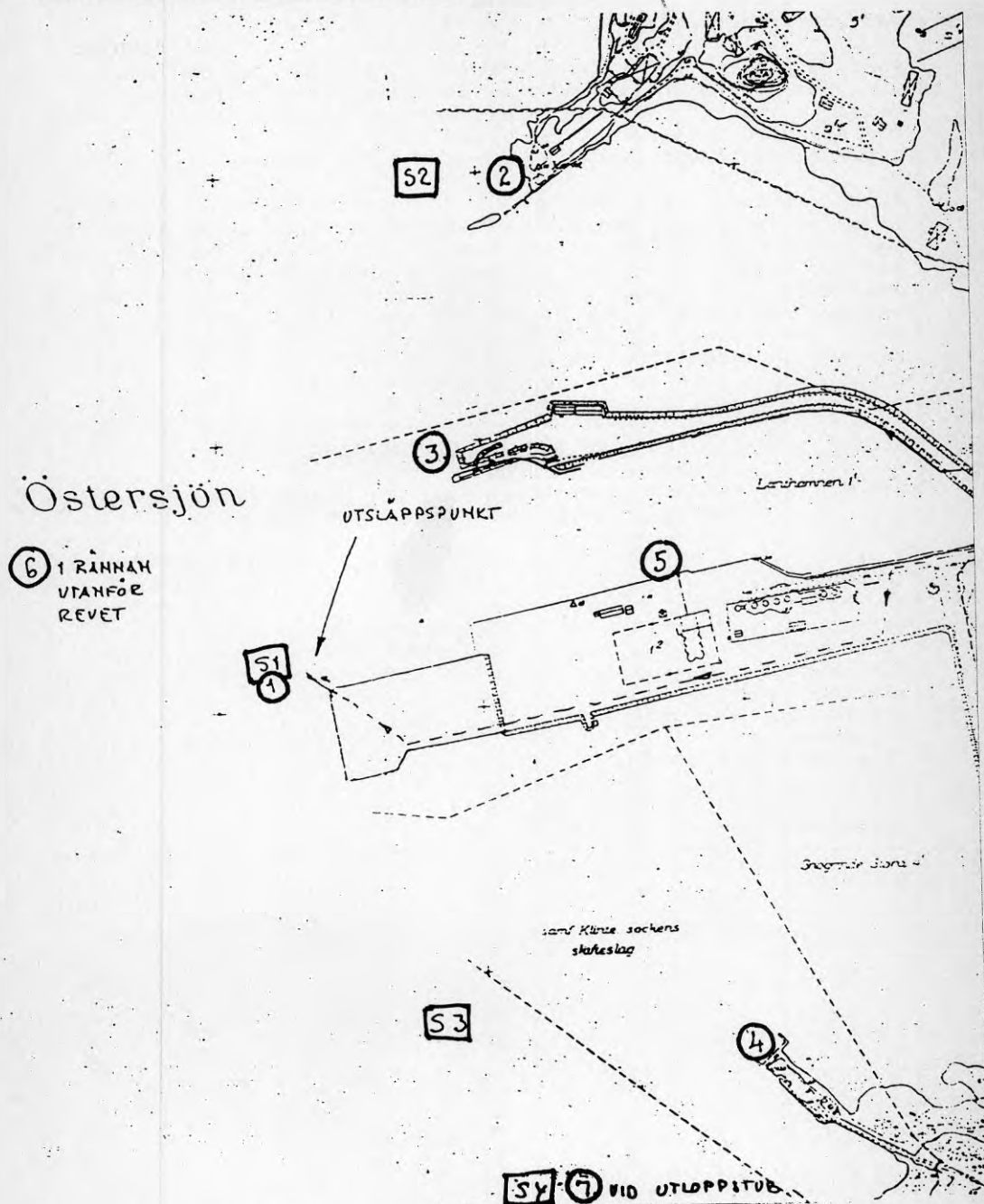
Undersökningsprogrammet inleddes 1985 av VIAK, som genomförde ett provtagningsprogram gällande bottenfauna/bottenflora och kemiska parametrar i området från reningsverkets utsläppspunkt, söder om hamnen, till Varvsholm. Undersökningen genomfördes 1985. Avsikten var att provtagningen skulle upprepas efter två års drift. I augusti kopplades KTH in eftersom det uttryckts önskemål om en så opartisk miljöutredning som möjligt. Jag ansåg det viktigt att botten allra närmast utsläppet skulle ägnas större intresse än som skett i VIAK:s program, varför en detaljerad dykundersökning gjordes där i oktober 1985. De senare vattenundersökningarna visade att saltvattnet uppförde sig på ett förutsägbart sätt, som påverkade mycket få av de i VIAK:s program upptagna punkterna. Allt detta medförde att VIAK:s program inte upprepades, utan undersökningsprogrammet begränsades till att omfatta strandinventering, dykundersökning samt vattenprovtagning i rörmyningens närhet och längs inseglingsrännan.

Inom ramen för kontrollprogrammet har besök på Gotland gjorts vid fjorton tillfällen:

Datum	Arbetsmoment
1985-08-19/20	Vattenprovtagning, bottenfauna och bottenflora, strandvegetation
1985-09-30/10-01	Strandvegetation
1985-10-05	Vattenprovtagning, bottenfauna och bottenflora, dykundersökning
1986-03-21/22	Vattenprovtagning
1986-04-08/09	Strandbesiktning, samrådsgruppsmöte
1986-06-08/10	Vattenprovtagning, dykundersökning
1986-09-18/19	Vattenprovtagning, strandvegetation
1986-09-29/30	Samrådsgruppsmöte
1987-03-02	Redovisning för allmänheten
1987-04-14/15	Vattenprovtagning

1987-06-28/30	Vattenprovtagning, strandbesiktning, dykundersökning
1987-08-24/25	Vattenprovtagning, strandvegetation
1987-10-22	Bottenfauna och bottenflora, dykundersökning
1987-12-01	Samrådsgruppsmöte

DOKUMENTATION AV BOTTENFAUNA 1985



Figur 6. Provstationer som användes vid VIAK:s provtagningar under 1985. S1-S4 är stationer för undersökning av bottenfauna/bottenflora. 1-7 är stationer för vattenprovtagning.

Under 1985 genomförde VIAK två provtagningsomgångar, 13 juni, resp. 20 augusti. Vid det senare tillfället deltog jag med bl a vattenprovtagning.

På fyra punkter (se figur 6) togs bottenfauna- och sedimentprov. Som provtagare användes en Ekmanhämtare med arean 225 cm². På varje station, där det över huvud var möjligt, togs tre hugg. För sällning användes ett såll med maskvidden 0.6 mm. Efter utplockning konserverades funna djur i 70% etanol.

Punkt 1 ligger i anslutning till utsläppsröret, punkt 2 utanför piren på Varvsholm, punkt 3 nära stranden söder om Barlastkajen och punkt 4 i närheten av reningsverkets utsläpp. Punkt S1 och S2 har ett sandigt underlag. Vid punkt 1 observerades bankar av sädeskorn, skal, gräs, m m. Vid S2 fanns fläckvis med stenar och växter. Punkterna S3 och S4 har ett mer stenigt underlag. På sterna växte tång. På dessa stationer kunde kvantitativa prov inte tas med Ekmanhämtaren, på grund av den steniga botten. Därför anges endast förekomst/icke förekomst i tabell 1.

 Tabell 1. Bottenfauna på några provstationer i Klintehamnsviken 1985

Siffrorna avser antal djur per kvadratmeter botten omräknat från ett medeltal av tre Ekmanhugg (675 cm²)

PROV	13/6	20/8	13/6	20/8	13/6	20/8	13/6	20/8
	S1	S1	S2	S2	S3	S3	S4	S4
Iglar	-	-	176	-	-	-	-	-
"Havsborstmask"	2713	279	5925	997	x	-	-	-
Märlkräftor	44	132	15	-	x	x	x	x
Idothea baltica	-	29	-	-	x	x	x	x
Snäckor och musslor								
Hydrobia sp.	88	-	190	15	x	-	x	x
Theodoxus fluviatilis	-	15	15	-	x	x	x	x
Östersjömussla	396	15	410	15	-	-	x	-
Hjärtmussla	15	-	-	-	x	-	x	x
Blåmussla	-	15	-	-	-	-	x	x

DOKUMENTATION AV STRANDVEGETATION 1985-87

Vid strandinventeringarna undersöktes ett antal strandsträckor söder och norr om utsläppspunkten (fig. 7). Det som noterades var de växtarter som fanns på de olika strandavsnitten, vallar av drift (främst växtmaterial som drivit upp på stranden), samt ev. pålagring av annan typ. Stränderna fotograferades också med diafärgfilm. Bilderna finns arkiverade hos ABCONEC AB, Täby. För Varvsholmsviken ritades en enkel vegetationskarta upp (fig. 8).

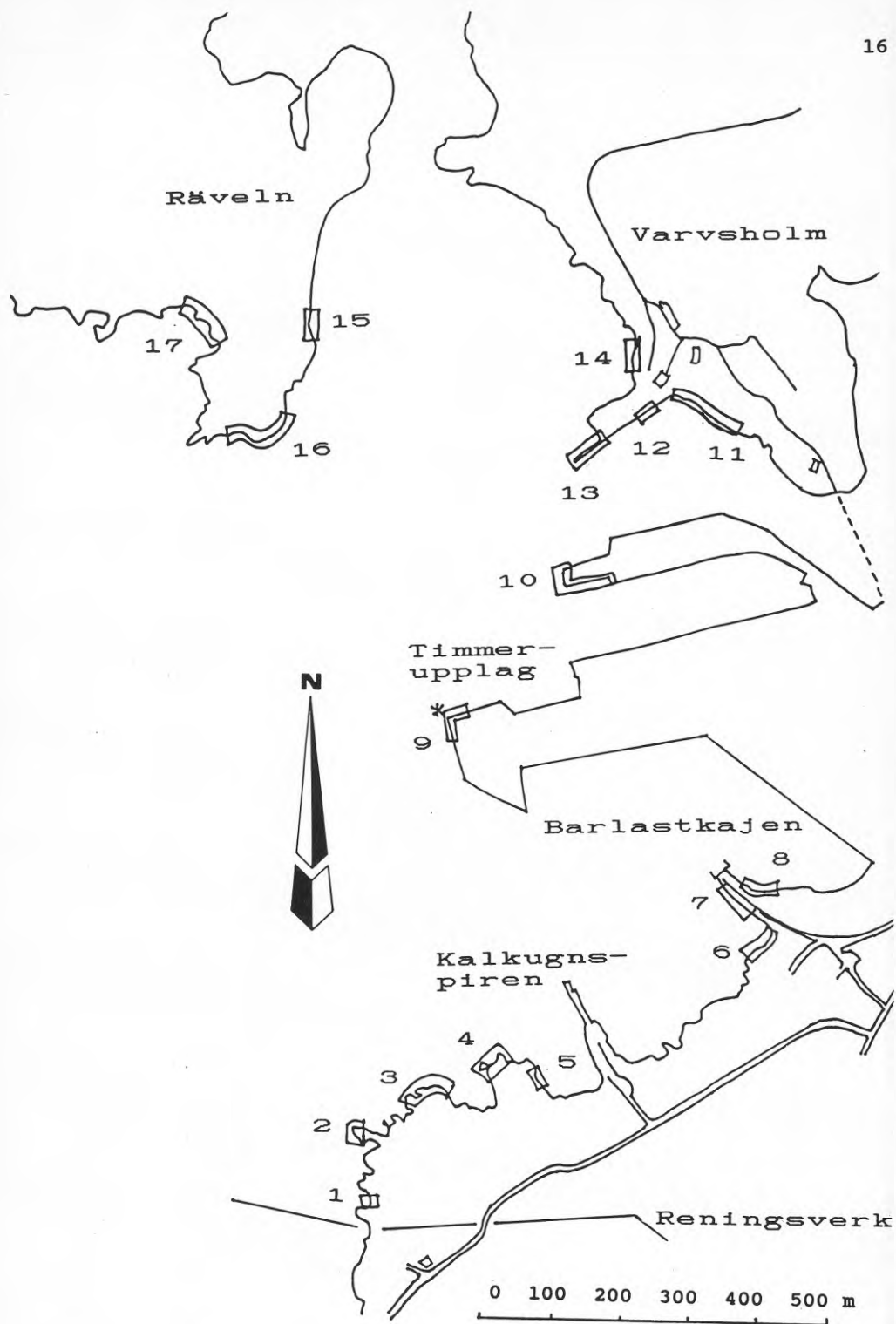
De områden som regelbundet besöktes framgår av figur 7. Inte på någon av stationerna kunde påverkan från det salta odvaldsvattnet konstateras. Både 1985 och 1986 konstaterades kraftiga driftvallar av bandtång och alger, vilka bidrog till att sprida en mindre angenäm doft. Mängden drift var mindre 1987. På några ställen hade, speciellt 1985 och 1987, skära bakteriemattor utvecklats. För en oinitierad betraktare skulle de kunna tolkas som en järnutfällning.

Som en följd av den stora mängden drift, där mycket närsalter frigörs vid nedbrytningen, domineras stränderna av en blandning av "äkta" strandväxter samt kvävegynnade ogräs och driftvallsarter.

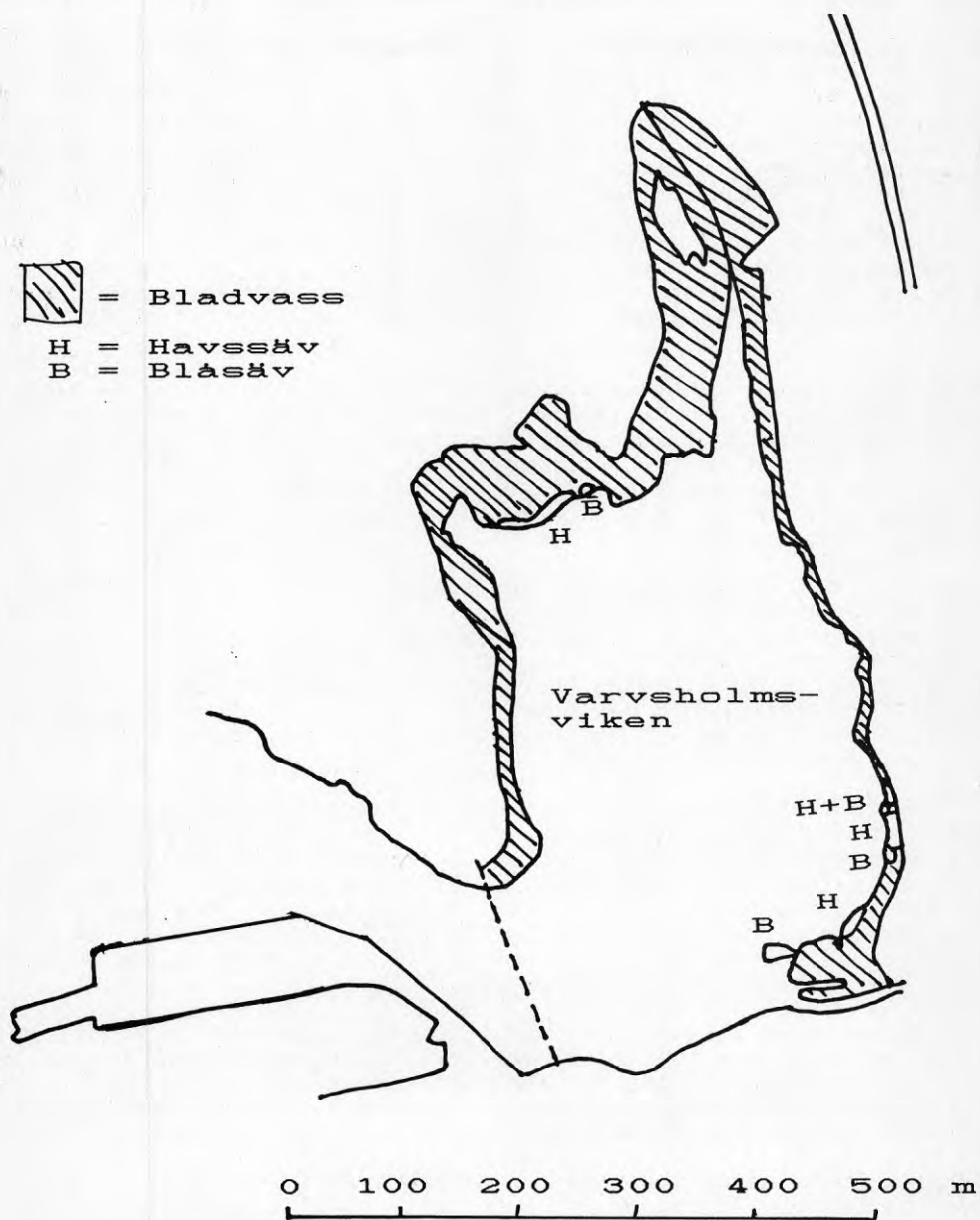
En detaljerad beskrivning av vegetationen inom resp. strandavsnitt ges i bilaga 1.



Bild 1. Undervattensfoto av rörmynningen i Klintehamnsviken (se fig. 2). Foto: L-O Andersson.



Figur 7. Undersökningsstationer för dokumentation av strandvegetation 1985-87.



Figur 8. Översiktlig vegetationskarta över Varvsholmsviken 1985
(delvis efter flygfoto)

VATTENPROVTAGNINGAR 1985-1987

PROVTAGNINGAR I KLINTEHAMNSVIKEN

Vid provtagningarna från oktober 1985 och framåt har liten vikt lagts vid de mätpunkter som VIAK lagt ut. Intresset har istället riktats mot att följa det salta vattnet så långt som möjligt. Därför har provtagningsnätet sett olika ut vid de olika provtagningsomgångarna. Det har visat sig att förhållandena på utsläppsplatsen varierar kraftigt från gång till annan. Det beror på bl a strömmar (yt- och bottenströmmar), vind, isförhållanden, båttrafik, etc. Om provtagning skall ske bestämda veckor får slumpen därför mycket stor betydelse då det gäller de effekter som kan upptäckas. Det är i stället effektivare att ange en provtagningsperiod och inom denna välja en tidpunkt med lämpliga förhållanden, företrädesvis lugnt väder och ingen mer omfattande båttrafik.

Vid dykningarna i början av oktober 1985 hade Odvaldsanläggningen, efter många besvärigheter, kommit igång. Genom de "sliror" som bildas vid kontakten med östersjövattnet, kunde det salta odvaldsvattnet följas i rörmyningens förlängning. De kemiska analyserna från detta tillfälle, liksom övriga kemiska mätvärden, redovisas i tab. 2. Samtliga kända mätvärden för utgående odvaldsvatten redovisas i tab. 3.

Mot bakgrund av kunskaperna från dykningarna i oktober 1985, lades strategin för provtagningen i mars 1986 upp. Eftersom odvaldsvattnet genom sin höga salthalt är tungt och dessutom relativt kallt, ansåg jag att det borde söka sig längs botten i bottenlutningens riktning. Förutsatt att vattnet fortsatte i rörets riktning sedan det kommit ut i Klintehamnsviken, borde det alltså snart komma att "rinna ned" i inseglingsrännan och sedan följa denna utåt eller inåt.

Vid marsprovtagningen 1986 togs därför vattenprov vid ytan, vid botten och på en mellannivå. Proven togs längs en profil från rörmyningen mot farleden och längs farleden från hamnbassängen ut mot prickningens slut, vid den förlista Benguela. Prover togs också vid sidan av farleden. Där är dock vattnet inte så djupt och proverna togs företrädesvis för att styrka teorin om att vattnet följer inseglingsrännan. Läget hos de punkter som användes för provtagning framgår av fig. 9.

Eftersom ingen dykare fanns med, gick det inte i den sjöhävning som var i området, att ta prover precis i rörmyningen. Därför är sammansättningen på det utgående vattnet okänd. I mars 1986 påverkades ytvattnet dessutom starkt av smältvatten, speciellt i vikens inre delar och på inseglingsrännans norra sida.

I fig. 10 visas salthaltens förändring i farleden bl a vid marsprovtagningen. Den punkt, där det salta odvaldsvattnet rinner ut i rännan har markerats. Det salta vattnet späds ut med östersjövatten, men en svag förhöjning kan ändå spåras i rännan till femte prickparet, vilket motsvarar VIAK:s station 6 (se fig. 6). Spridningen inåt mot hamnbassängen var obetydlig och här blir mätningarna också osäkrare beroende på det kraftiga tillflödet av smältvatten.

TABELL 2. Vattenkemiska undersökningar 1985-08-20 -- 1987-08-25

Notera att Station 1 och Rörmynning är identiska, liksom Station 6 och Prickpar 5!

Provstation	Ledn.förm. (mS/m)	pH	Alkalinitet (mekv/l)	Järn (mg/l)	Kadmium (µg/l)	Kalium (mg/l)	Natrium (g/l)	Calcium (g/l)	Magnesium (g/l)	Klorid (g/l)	Sulfat (g/l)	Nitrat (mg/l)	Ammonium (mg/l)
1 9 8 5 - 0 8 - 2 0													
Station 1, ytan	1130	8.33	1.52	0.04	<2	0.073	2.02	0.09	0.24	3.68	0.49	-	-
"- 1, 3 m	1130	8.30	1.48	0.04	<2	0.073	2.00	0.10	0.24	3.66	0.50	-	-
"- 2	1130	8.20	1.57	0.05	<2	0.072	1.97	0.11	0.24	3.59	0.49	-	-
Station 3	1150	8.19	1.50	0.05	<2	0.072	2.02	0.10	0.24	3.66	0.50	-	-
Station 4	1130	8.24	1.65	0.05	<2	0.072	1.97	0.10	0.24	3.57	0.50	-	-
Station 5	1140	8.27	1.50	0.03	<2	0.074	2.00	0.10	0.24	3.66	0.50	-	-
Station 6, ytan	1130	8.40	1.43	0.03	<2	0.072	1.96	0.09	0.24	3.66	0.49	-	-
"- 6, botten	1150	8.25	1.44	0.03	<2	0.074	2.13	0.10	0.25	3.70	0.50	-	-
Station 7	1120	8.37	1.52	0.04	<2	0.071	2.03	0.10	0.24	3.53	0.48	-	-
Björkhaga	1130	8.15	1.63	0.04	<2	0.073	2.04	0.10	0.24	3.64	0.49	-	-
1 9 8 5 - 1 0 - 0 5													
Rörmynningen													
= Station 1	9630	5.65	0.14	53.0	-	0.124	16.20	9.95	1.19	45.40	0.30	0.65	2.19
10 m från rör-													
mynning, botten	1640	7.76	1.43	1.22	-	0.078	2.70	0.57	0.30	5.76	0.50	0.09	0.13
D:o 1 m över													
botten	1150	8.12	1.56	0.04	-	0.075	2.14	0.16	0.23	3.77	0.53	0.24	0.03
1 9 8 6 - 0 3 - 2 1													
Station 1, ytan	1180	8.32	1.59	0.05	<0.1	0.075	2.20	0.18	0.24	3.70	0.51	0.08	0.08
" 1, botten	1200	8.34	1.53	0.08	<0.1	0.076	2.10	0.19	0.24	3.80	0.52	0.06	0.08
Station 2	377	8.02	3.92	0.08	-	0.024	0.50	0.14	0.07	0.90	0.17	3.10	0.24

Provstation	Ledn.förm. (mS/m)	pH	Alkalinitet (mekv/l)	Järn (mg/l)	Kadmium (µg/l)	Kalium (mg/l)	Natrium (g/l)	Calcium (g/l)	Magnesium (g/l)	Klorid (g/l)	Sulfat (g/l)	Nitrat (mg/l)	Ammonium (mg/l)
Prickpar 2, 0.5 m	1160	8.32	1.56	0.06	-	0.076	2.10	0.15	0.24	3.90	0.51	0.08	0.06
" 2, 2.5 m	1180	8.36	1.57	0.09	-	0.076	2.20	0.14	0.24	3.80	0.50	0.11	0.07
" 2, 4.5 m	1440	8.00	1.51	0.28	0.14	0.077	2.40	0.41	0.26	4.80	0.49	0.11	0.13
Prickpar 3, 0.5 m	1190	8.35	1.54	0.05	-	0.078	2.10	0.14	0.24	3.80	0.50	0.04	0.08
" 3, 3.0 m	1190	8.34	1.54	0.05	-	0.075	2.10	0.16	0.25	3.80	0.49	0.09	0.14
" 3, 5.5 m	1480	7.98	1.50	0.41	-	0.076	2.50	0.47	0.27	4.90	0.50	0.03	0.16
Prickpar 5, 0.5 m													
= Station 7	1170	8.17	1.50	0.05	-	0.075	2.10	0.18	0.25	3.80	0.53	0.07	0.11
" 5, 5.0 m	1240	8.15	1.50	0.08	-	0.076	2.20	0.21	0.25	4.00	0.52	0.05	0.12
1 9 8 6 - 0 6 - 1 0													
Rörmyning	7910	6.06	0.23	25.4	0.5	0.11	13.00	7.40	0.94	37.20	0.36	0.17	1.45
Botten, 10 m från													
rörmyningen	1410	8.02	1.60	0.51	<0.1	0.078	2.40	0.33	0.26	4.80	0.54	0.09	0.14
Botten, 20 m från													
rörmyningen	1290	8.37	1.62	0.19	<0.1	0.078	2.20	0.20	0.25	4.30	0.59	0.11	0.11
Prickpar 1, 5.0 m	1220	8.26	1.58	0.05	-	0.081	2.20	0.14	0.25	4.10	0.56	0.14	0.15
Prickpar 2, ytan	1220	8.43	1.63	0.06	-	0.075	2.10	0.14	0.24	4.00	0.56	0.13	0.11
" 2, 2.5 m	1200	8.43	1.62	0.58	-	0.077	2.10	0.15	0.24	4.00	0.55	0.12	0.08
" 2, 5.0 m	1240	8.20	1.53	0.06	<0.1	0.077	2.10	0.15	0.25	4.10	0.59	0.04	0.17
1 9 8 6 - 0 9 - 1 8													
Rörmyning,													
botten I	1450	7.73	1.45	0.75	-	0.076	2.4	0.37	0.28	4.7	0.53	0.01	0.13
D:o, botten II	1300	7.96	1.49	-	-	0.076	2.1	0.11	0.26	3.8	0.54	0.01	0.08
Prickpar 1, ytan	1180	8.02	1.46	-	-	0.077	2.1	0.11	0.26	3.8	0.54	0.03	0.09
" 1, botten	1210	7.99	1.51	0.04	-	0.079	2.1	0.11	0.26	3.8	0.53	0.04	0.11
" 2, botten	1210	7.99	1.52	0.03	-	0.076	2.1	0.11	0.26	3.8	0.53	0.01	0.13
" 3, ytan	1210	8.04	1.50	-	-	0.076	2.2	0.19	0.27	4.1	0.54	0.01	0.08

Provstation	Ledn.förm. pH (mS/m)	Alkalinitet (mekv/l)	Järn (mg/l)	Kadmium (µg/l)	Kalium (mg/l)	Natrium (g/l)	Calcium (g/l)	Magnesium (g/l)	Klorid (g/l)	Sulfat (g/l)	Nitrat (mg/l)	Ammonium (mg/l)
Prickpar 3, botten	1210	1.52	-	-	0.075	2.1	0.11	0.26	3.8	0.54	<0.01	0.07
" 4, botten	1210	1.51	0.02	-	0.076	2.1	0.11	0.26	3.8	0.54	0.01	0.08
1 9 8 7 - 0 4 - 1 4												
Prickpar 1, botten	1330	1.57	-	-	0.081	2.5	0.18	0.29	4.5	0.58	0.02	0.08
Prickpar 2, ytan	1100	1.90	-	-	0.071	2.0	0.11	0.24	3.5	0.48	0.34	0.06
Prickpar 2, botten	1490	1.52	0.32	-	0.083	2.6	0.32	0.32	4.9	0.54	0.01	0.07
Prickpar 3, ytan	1150	1.80	-	-	0.073	2.1	0.11	0.26	3.8	0.50	0.22	0.10
Prickpar 3, botten	1580	1.56	0.52	-	0.083	2.7	0.39	0.31	5.2	0.53	0.01	0.11
Prickpar 5, ytan	1200	1.70	-	-	0.078	2.1	0.11	0.26	3.8	0.55	0.11	0.06
Prickpar 5, botten	1380	1.56	0.16	-	0.081	2.4	0.22	0.30	4.5	0.55	0.01	0.06
Prickpar 6, botten	1220	1.64	0.07	-	0.080	2.2	0.10	0.27	3.7	0.53	0.10	0.04
Prickpar 6, botten	1280	1.56	0.07	-	0.082	2.3	0.13	0.30	4.2	0.55	<0.01	0.03
Rör, ytan	1220	1.67	0.07	-	0.079	2.2	0.11	0.28	3.8	0.53	0.09	0.08
Rör, botten 1	1630	1.51	0.52	-	0.084	2.9	0.44	0.33	5.5	0.53	0.02	0.12
Rör, botten 2	1260	1.59	0.08	-	0.081	2.3	0.12	0.30	4.1	0.54	0.02	0.08
Hambassängen	1290	1.71	-	-	0.081	2.3	0.15	0.29	4.5	0.54	0.04	0.05
1 9 8 7 - 0 6 - 2 8												
Rörmynning	9320	0.32	29	-	0.12	15.4	9.2	1.3	41.5	0.40	0.01	2.30
1 m över rör	1230	1.61	0.04	-	0.086	2.3	0.13	0.32	4.4	0.54	<0.01	0.01
Botten 5 m fr. rör	1310	1.59	0.15	-	0.087	2.6	0.15	0.32	4.2	0.56	<0.01	0.02
5 m fr rör 1 m öv.	1270	1.62	0.04	-	0.086	2.3	0.12	0.31	4.0	0.55	<0.01	<0.01
10 m från rör,												
botten österut	1270	1.60	0.04	-	0.085	2.3	0.12	0.32	4.0	0.57	<0.01	0.01
d:o, västerut	1380	1.61	0.09	-	0.087	2.4	0.22	0.33	4.5	0.54	<0.01	0.03
Hambassäng, ytan	1260	1.71	-	-	0.089	2.3	0.12	0.30	4.0	0.53	0.04	0.03
Hambassäng, bott.	1260	1.67	-	-	0.086	2.3	0.12	0.31	4.2	0.54	0.01	0.02
Prickpar 1, ytan	1260	1.66	-	-	0.088	2.3	0.12	0.31	4.2	0.54	<0.01	<0.01
Prickpar 1, botten	1270	1.60	-	-	0.085	2.3	0.12	0.32	4.2	0.55	<0.01	0.03

Provstation	Ledn.förm. (mS/m)	pH	Alkalinitet (mekv/l)	Järn (mg/l)	Kadmium (ug/l)	Kalium (mg/l)	Natrium (g/l)	Calcium (g/l)	Magnesium (g/l)	Klorid (g/l)	Sulfat (g/l)	Nitrat (mg/l)	Ammonium (mg/l)
Prickpar 2, ytan	1260	7.92	1.65	-	-	0.086	2.3	0.12	0.32	4.2	0.54	<0.01	0.04
Prickpar 2, botten	1280	7.77	1.64	-	-	0.086	2.4	0.18	0.31	4.4	0.55	<0.01	0.04
Prickpar 3, ytan	1270	7.90	1.69	-	-	0.084	2.3	0.12	0.31	4.2	0.55	<0.01	0.06
Prickpar 3, botten	1280	7.80	1.68	-	-	0.089	2.3	0.13	0.31	4.0	0.56	<0.01	0.04
Prickpar 4, ytan	1290	8.08	1.58	-	-	0.084	2.3	0.12	0.31	4.0	0.57	<0.01	0.01
Prickpar 4, botten	1280	8.02	1.59	-	-	0.086	2.3	0.12	0.31	4.1	0.57	<0.01	0.02
Prickpar 5, ytan	1280	7.92	1.61	-	-	0.085	2.3	0.12	0.32	4.0	0.58	<0.01	0.05
Prickpar 5, botten	1270	7.97	1.58	-	-	0.085	2:2	0.12	0.31	4.0	0.56	<0.01	0.03
1 9 8 7 - 0 8 - 2 5													
Varvsholm, ytan	1180	8.14	1.58	-	-	0.081	2.2	0.11	0.31	3.8	0.55	<0.01	0.06
Prickpar 2, ytan	1210	8.06	1.49	-	-	0.084	2.2	0.10	0.31	4.0	0.56	<0.01	0.02
Prickpar 2, botten	1220	7.97	1.49	-	-	0.082	2.3	0.11	0.32	3.9	0.58	<0.01	0.02
Rör, ytan	1200	8.05	1.49	0.02	-	0.081	2.2	0.11	0.32	3.9	0.56	<0.01	0.01
Rör, botten	1210	8.02	1.49	0.23	-	0.081	2.2	0.12	0.32	4.0	0.57	<0.01	0.05
Hambassäng, ytan	1200	7.99	1.53	-	-	0.081	2.3	0.11	0.32	3.9	0.56	<0.01	0.03
Hambassäng, bott.	1200	7.99	1.49	0.04	-	0.084	2.2	0.11	0.32	3.9	0.58	0.11	0.02

Parametrar med
avvikande vär-
den för odvalds-
vatten

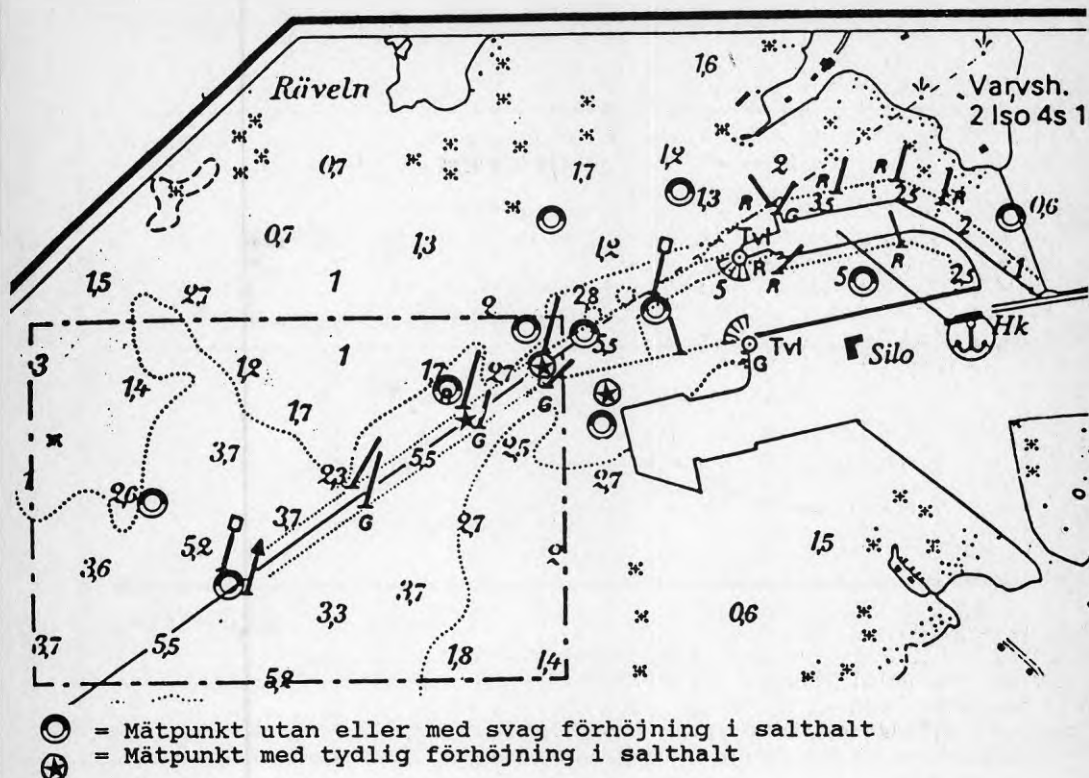
*** -** *** *

* = avviker från normalt havsvatten

** = d:o stark avvikelse

*** = d:o mycket stark avvikelse

- = avviker från normalt havsvatten genom lägre värden

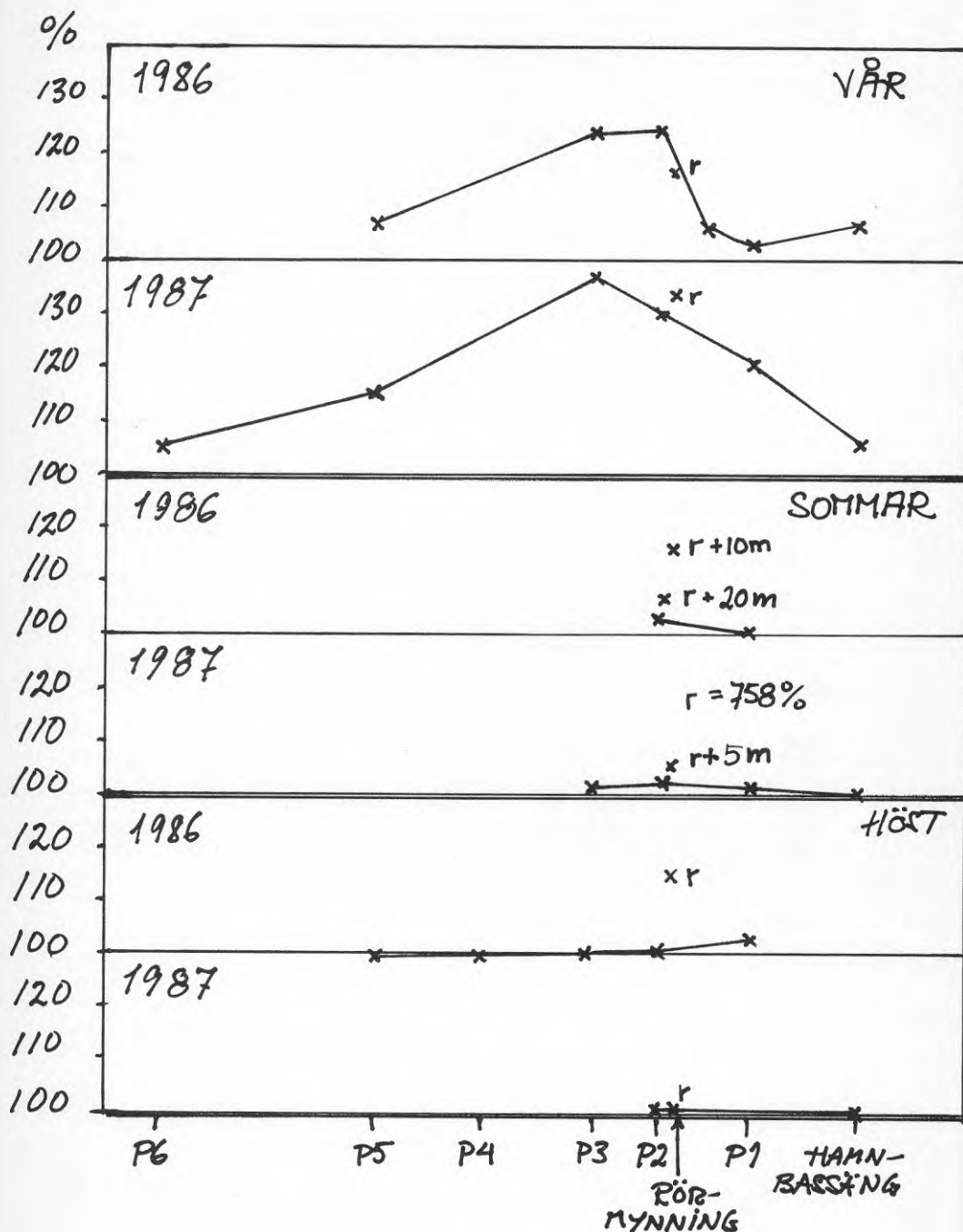


Figur 9. Provtagningspunkter vid marsprovtagningen 1986.

Vid provtagningen i juni 1986, kunde dykare åter ta vattenprov i rörmynningen. Detta visade att salthalten nu var lägre än tidigare, endast 7910 mS/m, mot nära 9950 i oktober 1985. Järnhalten hade också minskat från 53 mg/l till 25 mg/l, dvs. det hade skett en halvering av järnmängden. Kadmiumhalten låg i juni på 0.5 mikrogram per liter vid rörmynningen, medan den låg under detektionsgränsen på övriga mätta stationer. I mars låg värdena vid eller under detektionsgränsen (men något prov kunde alltså inte tas exakt i rörmynningen). De stora variationerna i salt- och järnhalt i det utgående vattnet framgår också av mätningar på utgående vatten (tabell 3).

Provtagningen visar att utspädningen i juni var än snabbare än vid marsprovtagningen, sannolikt beroende dels på strömmar, dels på båttrafik till och från hamnen. I vattnet kunde saltvattnet av dykaren spåras till ca 10 meter från rörmynningen, genom mätning av ledningsförmågan till ca 20 m från rörmynningen. Ett starkt utspätt odvaldsvatten hittades i bottenvattenproverna från första och andra prickparen.

Vid septemberprovtagningen 1986 hade det blåst starkt i området under en månads tid. Vattnet var därför så grumligt att det inte gick att se rörmynningen. Vattenproverna måste alltså tas på måfå och någon förhöjd salthalt kunde inte spåras annat än i direkt anslutning till rörmynningen. Vågorna hade sannolikt också bidragit till att saltvattnet späts ut mycket effektivt, vilket med-



Figur 10. Diagram över mätta salthalter i Klintehamnsviken under provperioden 1986-87, uttryckt som bottenvattnets salthalt i procent av ytvattnets.

fört att inget salt vatten runnit ut i rännan. Resultaten av analyserna visas, liksom för övriga mättillfällena, i tabell 2.

Provtagningarna i april, juni och augusti 1987 bekräftade de provtagningar som gjordes 1986. I april 1987 konstaterades förhöjda salthalter i bottenvattnet ända ut till det sista prickparet, 1986 hade prov kunnat tas endast ut till femte prickparet, där en förhöjning fortfarande kunde konstateras. Under sommar- och höstmätningarna kunde förhöjda värden bara konstateras alldeles intill rörmyningen och ibland inte ens där. En förklaring kan vara att det utgående vattnet under sommaren är förhållandevis varmt och därigenom lättare än under vintern. Omblandningen skulle då kunna bli effektivare. Å andra sidan är också havsvattnet varmare under sommaren, vilket motverkar denna effekt.

VATTENKEMISKA PARAMETRAR

Det vatten som pumpas upp ur brunnen i Odvalds har, som nämnts en mycket hög salthalt, ca 10 gånger högre än vad Klintehamnsviken har, eller kring 7%. Som jämförelse kan nämnas att oceaniskt vatten har en salthalt på omkring 3.5%. De mätningar av den kemiska sammansättningen av det utgående vattnet som jag känner till, presenteras i tab. 3. Då det rör sig om så höga saltkoncentrationer som 7%, ger de kemiska analysmetoderna ofta felaktiga eller ofullständiga svar, eftersom de höga salthalterna stör mätutrustningen. Därför kan det föreligga stora svängningar i uppmätta värden för vissa ämnen, medan t ex ledningsförmågan (konduktiviteten), som är ett mått på den totala salthalten, ligger konstant. Ett exempel är mätningarna i september och november 1986, där ledningsförmågan är oförändrad trots att kloriden i ena fallet är 45 g/l och i det andra 60 g/l.

Orsakerna till skillnaderna kan vara många, bl a att olika mätutrustning är olika känslig för höga salthalter, att provet späts i det ena fallet men inte i det andra, etc. Jag vill här inte gå in mer i detalj på detta utan konstaterar bara att vattnets sammansättning, då det kommer upp ur borrhålet, förefaller tämligen konstant. Det enda ämne som förefaller ha minskat är järn, som i början låg på halter kring 45-50 mg/l, men där medelvärdena under 1987 legat kring 25-30 mg/l.

För ett antal parametrar skiljer sig odvaldsvattnet mycket markant från vattnet i Klintehamnsviken. De viktigaste av dem diskuteras nedan.

Alkalinitet

Alkalinitet mäts ofta t ex i samband med analys av brunsvatten och då det gäller att spåra försurningshotade sjöar. Alkaliniteten ger ett mått på mängden kolsyra (koldioxid, vätekarbonat och karbonat) som finns löst i vattnet. Ju högre värde, desto mer finns löst och desto bättre kan vattnet stå emot en försurning. I östersjövattnet är alkaliniteten alltid hög, i vårt fall kring 1.6 milliekvivalenter per liter (mekv/l). Som jämförelse kan nämnas att en sjö betraktas som akut försurningshotad först då alkaliniteten gått ned till 0.05 mekv/l. Vatten med hög salthalt har normalt också hög alkalinitet. odvaldsvattnet har dock, trots sin mycket höga salthalt, en förhållandevis låg alkalinitet, bara

Tabell 3. Vattenkemi, utgående vatten 1983-87 vid Odvalds resp. rörmynningen i Klintehamnsviken

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Provplats	Odv	Odv	Odv	Rör	Odv	Odv	Odv	Rör	Odv	Odv	Odv	Rör	Odv 1)
Datum	830616	830808	850829	851005	851024	860127	860212	860610	860707	860915	8611xx	870628	870925
Provtagare	VIAK	VIAK	VIAK	Aqua-Eko	VIAK	VIAK	VIAK	CONEC	VIAK	VIAK	VIAK	CONEC	Gotl.hem
Grumlighet	76	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58
Konduktivitet	10000	10000	6700	9630	11000	10000	11000	7910	11000	10000	10000	9320	10000
pH	6.0	5.5	-	5.7	-	-	-	6.1	5.1	5.7	5.6	5.9	5.8
Järn, tot	47	43	-	53	-	-	-	25	36	41	28	29	24
Kadmium	140	140	0.5	-	<20	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	-	8.8
Koppar	260	190	-	-	-	<0.5	<0.5	-	-	-	0.05	-	0.2
Kalcium	9700	9700	-	9950	-	9600	9600	7400	10000	9800	9800	9200	8300
Kalium	120	120	-	124	-	140	140	110	130	150	110	120	99
Klorid	45000	32000	21000	45400	50000	28000	55000	37200	49000	45000	60000	41500	32000
Natrium	16000	16000	8600	16200	16000	17000	17000	13000	17000	17000	17000	15400	9800
Magnesium	1100	-	-	1190	-	1200	1200	940	1200	1200	-	1300	-
Salthalt 2)	71920	(59000)	(40230)	72864	(76630)	(55630)	82940	58650	77330	73150	(88200)	67520	(51400)
Fosfor, tot	15	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
Nitrat	0.1	10.1	-	0.7	-	-	-	0.2	-	-	-	0.01	-
Sulfat	740	330	-	300	-	-	-	360	-	-	-	400	-

1) Odv = Pumpstationen, Odvalds; Rör = Rörmynningen i Klintehamnsviken

2) Summa av kalcium, kalium, natrium, magnesium och klorid. Värdet inom parentes bygger på uppskattning av medelvärde för saknade parametrar.

 3) $\mu\text{g/l}$ = mikrogram per liter, mg/l = milligram per liter. FTU = enhet för grumlighet. mS/m = millisiemens per meter, mätt på den elektriska ledningsförmågan i provet

0.23 mekv/l. Detta är förvånande, eftersom berggrunden på Gotland borde kunna förse vattnet med obegränsade mängder kolsyra. Genom att värdet ligger väl över försurningsgränsen har knappast alkaliniteten någon ekologisk betydelse, men det är ett intressant konstaterande att odvaldsvattnet ändå skiljer sig så markant från havsvatten.

pH

pH, eller surhet, har ett högt värde i havet. Värdena i Klintehamnsviken ligger samtliga mellan 7.9 och 8.4, dvs. på den basiska sidan av neutralpunkten (pH 7). Men odvaldsvattnet har ett betydligt lägre pH-värde, mellan 5.1 och 6.1. pH är ett mått på hur mycket vätejoner som finns i vattnet. En sänkning med en enhet innebär att vattnet är tio gånger surare, en sänkning med två enheter 100 gånger, osv. Därför kan vi konstatera att vattnet från odvaldshålet är minst tio gånger surare än havsvattnet, någon gång kanske hundra gånger surare. Det är anmärkningsvärt, men kan ge en förklaring till den låga alkaliniteten; lågt pH kan vara en följd av låg alkalinitet. Den bakomliggande förklaringen kan vara att organiskt material i den gotländska berggrunden kan ha tärt på syreförrådet, vilket sänkt pH-värdet (ökat surheten) som i sin tur minskat förrådet av buffrande kolsyra.

pH-värdet är i sig så lågt att vattnet i "outspädd" form kan slå ut känsliga växter och djur.

Salthalt

Salthalten är som redan nämnts mycket hög. Ser man till den procentuella andelen av natrium, kalcium, magnesium och klorid, som är de vanligaste jonerna i vattnet, skiljer sig ändå inte odvaldsvattnet markant från havsvattnet utanför Klintehamn. Tab. 4 ger i grova siffror fördelningen mellan dem.

 Tabell 4. Procentuell andel och absolutmängder av natrium, kalcium, magnesium och klorid i odvaldsvatten och östersjövatten (medelvärden).

	Odvalds	Klintehamns-	Odvalds	Klintehamns-	
		viken		viken	
Natrium	25%	28%	15 100	2 100	mg/l
Kalcium	15%	16%	9 350	1 200	mg/l
Magnesium	2%	3%	1 160	250	mg/l
Klorid	58%	52%	35 470	3 900	mg/l
Summa:	100%	99%	61 080	7 450	mg/l

Då det gäller sammansättningen på saltet från Odvalds föreligger ingen misstanke om att den i sig kan ställa till skada, förutsatt att vattnet späds ut till motsvarande östersjövattnets salthalt.

Kloriden är procentuellt sett överrepresenterad i odvaldsvattnet, antagligen har klorid gått in i stället för kolsyrasystemets joner. Den låga alkaliniteten visar ju att dessa joner förekommer sparsamt i vattnet. Effekterna av klorid diskuteras mer ingående nedan.

Kalium är ett av de vanligaste grundämnena i naturen. I östersjövattnet utanför Klintehamn ligger halten på omkring 80 mg/l, medan det i odvaldsvattnet är något högre, eller omkring 120 mg/l. Den skillnaden kan inte ha någon biologisk betydelse.

Natrium, kalций och magnesium i odvaldsvattnet har däremot värden som är många gånger högre än i Östersjön. Outspätt kan magnesium i sig ha en giftverkan på levande organismer, medan salterna sammantagna har en så hög koncentration att biologisk vävnad som kommer i kontakt med vattnet snabbt torkas ut och dör.

Salternas ekologiska effekter

Förmågan att motstå salternas uttorkande verkan varierar med typ av organism, men generellt kan sägas att organismerna i Östersjön är av tre fysiologiska typer. Den första typen består av sötvattensorganismer, som har förmåga att "stå ut" med en viss salt-halt. Den andra typen består av organismer som lever i en marin miljö, men som har förmåga att klara låga salthalter. Den tredje typen, slutligen, är organismer som är direkt anpassade till Östersjöns vatten. Den vattenmiljö som är svårast att överleva i är när salthalterna ligger kring 0.6%, dvs. mycket nära den salt-halt som finns i vattnen utanför Klintehamn. I det intervallet är det för salt för sötvattensorganismer och för sött för saltvattensorganismer.

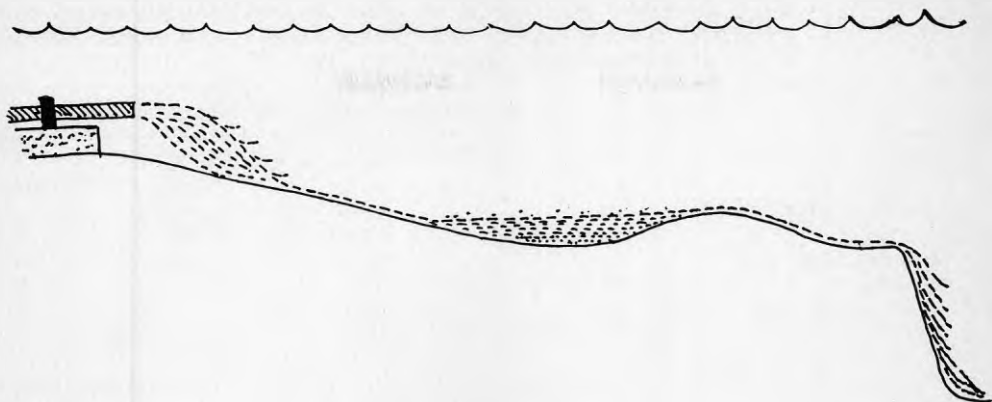
Då det salta vattnet kommer ut ur rörmyningen i Klintehamnsviken är det, genom det stora innehållat av salter, mycket tungt. Det kommer därför att "rinna" längs botten och samlas i gropar och bassänger, där salthalterna kan bli höga (fig. 11). Eftersom de flesta organismerna i vattnen runt Gotland är av den första typen, sötvattensorganismer med förmåga att uthärda en viss salt-halt, kommer en höjning av salthalten över ett visst gränsvärde, att innebära organismens död. Även organismer anpassade till östersjövatten kan dö om salthalterna ökar tillräckligt mycket. Det är denna effekt vi sannolikt kan se i dykinventeringen. Organismer av typ tre, dvs. arter som finns i marint vatten, men som finns även i dessa delar av Östersjön är främst blåmussla och blåstång. Men på de sandiga bottenarna utanför rörmyningen har de svårt att finna fäste och förekommer därför nästan inte alls. Dessutom kan de fysiologiskt anpassade till lägre salthalt och svårt att sekundärt åter anpassa sig till en saltare miljö.

Sulfat

Förhöjda mängder sulfat kan vara en indikation på att organiskt material brutits ned. Därför var det intressant att konstatera om odvaldsvattnet skulle innehålla förhöjda värden. Tvärt om mot vad som kunde förmodas, innehöll odvaldsvattnet lägre sulfathalter än Klintehamnsviken, 430 mg/l mot 530 mg/l.

Fosfat, nitrit/nitrat och ammonium

Nitrit/nitrat och ammonium har kväve som en huvudbeståndsdel och utgör tillsammans med fosfat de viktigaste närsalterna, vilka som bekant bidrar till övergödningen av Östersjön. Det var därför av intresse att konstatera om närsaltvärdena i utgående vatten var så höga att de skulle kunna bidra till en försämring av vattenkvaliteten i de inre delarna av Klintehamnsviken.



Figur 11. Schematisk skiss över hur det salta odvaldsvattnet kan tänkas uppföra sig då det kommer ut i Klintehamnsviken. Beroende på vågor, strömmar, temperaturer, båtar, m m, kommer vattenmassorna att blanda sig snabbare eller långsammare.

Fosfatvärden i utgående vatten har redovisats endast vid tre tillfällen, två under provtagningarna 1983 och en gång 1987. Värdenet 1983 låg på 15-20 mikrogram per liter och 1987 på 5 mikrogram per liter. Som jämförelse kan nämnas att östersjövattnet under 1987 hade en medelfosfathalt på 18 mikrogram per liter. Alla värden ges som totalfosfor, dvs innefattar även fosfor bunden i organiskt material. Fosforhalten är alltså så låg i utgående vatten att fosfor inte ökar mängden i havet, snarast sänker den i området närmast rörmyningen.

Nitrit/nitratvärdena är genomgående så låga att de ligger vid eller under den sk detektionsgränsen, dvs. halterna ligger under den gräns där de går att upptäcka med den kemiska analysmetodik som använts. Detta gäller såväl utgående vatten som havsvatten. Som regel är detektionsgränsen 1 mikrogram per liter (en miljondels gram per liter).

Ammoniumhalterna i utgående vatten är däremot högre. Som ett grovt medelvärde kan anges att halten i det utgående vattnet är ca 20 gånger högre än i havet, eller ca 2 mg/l jämfört med 0.1 mg/l. Detta kan synas högt, men kan knappast vara så högt att det påverkar vegetationen i någon högre grad. Däremot är värdet intressant som indikation på att organiskt material i någon form kommit i kontakt med vattnet i berggrunden under Odvalds. Under syrefrihet brukar ammonium anrikas i samband med att det organiska materialet bryts ned. Detta organiska material kan vara oerhört gammalt.

Vilken effekt kan då närsaltstillskottet få på Klintehamnsvikens vatten? En jämförelse med utsläppen från kommunens reningsverk kan vara av intresse. Typiska värden för åren kring våra provtagningar i Klintehamn har tabellerats nedan (tab. 5).

Tabell 5. Jämförelse mellan halterna av fosfor, kväve och järn, samt årligen utsläppta mängder från reningsverket och Odvaldsanläggningen. Som jämförelse visas normalvärdena i Klintehamnsviken under 1985-87.

		Reningsverket	Odvaldsanl.	Östersjön
Vattenmängd/år	m ³	ca 1 000 000	ca 220 000	-
Fosforhalt	mg/l	0.3-0.5	0.005	0.018
Fosformängd per år	kg	400	1.1	-
Kvävehalt	mg/l	9-12	ca 2	0.1
Kvävemängd per år	kg	10 000	450	-
Järnhalt	mg/l	0.5	35	0.5
Järnmängd per år	kg	500	7 700	-

Utsläppet av fosfor från Odvaldsanläggningen är försumbart jämfört med reningsverkets och med de uppmätta mängderna i havsvattnet. Kvävehalten är en tjugondel av utsläppet från reningsverket och är alltså jämförelsevis litet men skulle lokalt kunna påverka vegetationen, förutsatt att kväve är begränsande ämne. Är fosfor i stället begränsande har det vid försök i Asköområdet i Södermanland konstaterats att alger kan "lyxkonsumera" kväve. Följden blir att algen får en mörkare grön färg än exemplar som växer mer normalt. En sådan effekt syns ofta på algerna (främst grönslick och rörhinna) vid Barlastkajen. Detta kan vara en effekt av ökad vågexponering alternativt tillskott av kväve från reningsverkets utsläpp som ligger i sydväst. För en effekt från reningsverket talar att alger i motsvarande lägen längre norrut (t ex vid färjepiren och på piren vid Varvsholm) sällan uppvisar motsvarande mörkfärgning.

Växter tar normalt upp kväve i form av nitrat. Ammonium måste först genom bakteriella processer i vattnet omvandlas till nitrat, innan växterna kan tillgodogöra sig det. Men vissa alger kan direkt ta upp ammonium, speciellt om syreförhållandena är dåliga, vilket knappast är fallet i undersökningsområdet. I utgående vatten från reningsverket är huvuddelen av kvävet antagligen nitrat, medan det i odvaldsvattnet är ammonium. Växternas upptagning av kväve kring odvaldsutsläppet bör alltså ta längre tid än vid reningsverket. Vattnet hinner under tiden spädas ut och effekterna bör, med normala vattenrörelser, oftast bli små om de ens är märkbara.

Järn

Järnhalten är mycket hög jämfört med vattnet i Klintehamnsviken. I medeltal av de mätvärden som finns i tabell 3, har värdet legat på ca 35 mg/l under drifttiden, med en minskning mot slutet. Detta skall jämföras med den naturliga halten på omkring 0.5 mg/l i havsvattnet.

Då detta järn kommer ut i syrerik miljö, som i Östersjön, övergår det från en form som är löslig i vatten, till en form som faller ut i form av järnhydroxid. En sådan process förekommer ofta naturligt när grundvatten kommer upp i dagen.

En jämförelse med utsläppen från reningsverket visas i tab. 5. Den stora mängden järn, kombinerat med att det salta vattnet lägger sig i lokala fördjupningar utanför hamnen, kan lokalt medföra

stora effekter genom utfällning av järn. Detta har också konstaterats såväl vid vattenprovtagning som vid dykundersökning.

Järnutfällningen förefaller att förekomma i två skilda typer. Den ena typen utgör utfällning på föremål på botten, typ musselskal, stenar och sandkorn. Denna utfällning är mycket finkornig, mörkt rödbrun och hårt fastsittande. Samma typ av utfällning hittas ofta på botten i närheten av sjunkna fartyg av järn. Där har järn löst ut ur skrovet och åter fällts ut på föremål på botten.

Den andra typen av utfällning är en ljus rödgul, flockig och löst sammansatt massa, som driver omkring på botten med strömmarna. Denna fällning hittas ofta i anslutning till järnrika källor eller när man i laboratorieförsök faller ut järn i provrör. Denna typ av fällning skulle kunna nå ytan och förorena stränderna. Som regel kommer dock sannolikt vågrörelserna att slå sönder fällningarna i så små partiklar att de inte längre märks. Sannolikt är den utfällning som konstaterades 1986 av denna senare typ. Jag har dock själv sett fällning av den mörka typen virvla upp bakom en vändande fraktbåt. I det senare fallet rörde det sig antagligen om järnutfällning som skett på ler- och siltpartiklar på botten.

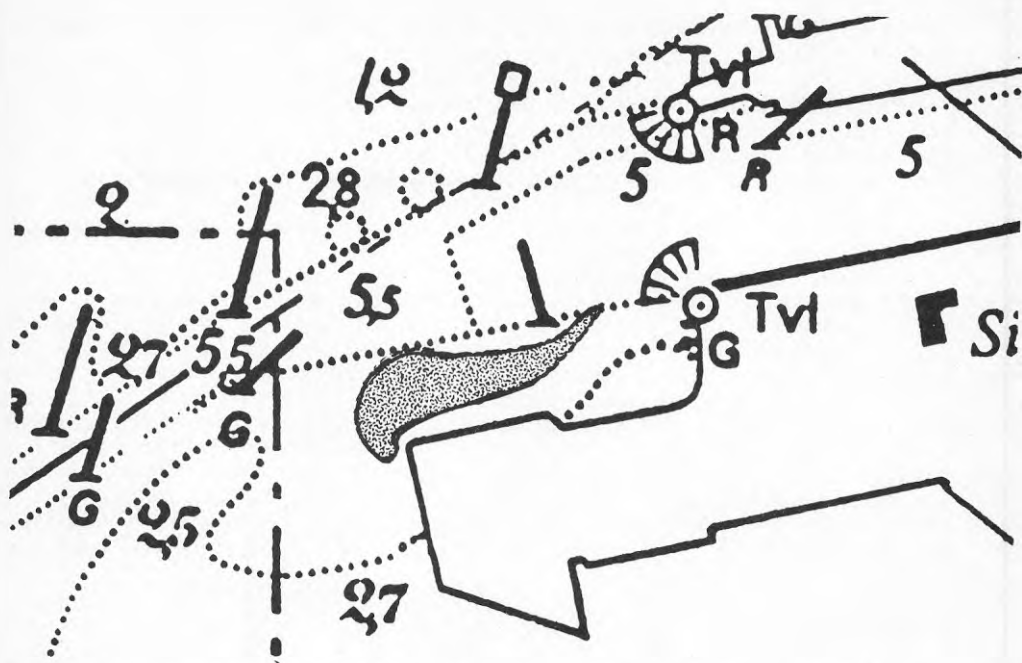
Sammanfattning

Saltet är tungt och följer botten samt ansamlas i svackor, där det lokalt kan få stor effekt på vegetation och djurliv. På dessa områden uppträder något som skulle kunna kallas för "marin öken". Orsaken är de höga salthalterna i de tunga vatten som kommer, bokstavligen talat, rinnande utefter botten och som torkar ut och dödar organismerna (se fig. 11). Den höga magnesiumhalten och det låga pH-värdet kan även var för sig orsaka att växter och djur dör. Järn kan fällas ut på botten eller i det bottennära vattnet och eventuellt ställa till besvär. Närsalthalterna är mycket låga, utom för ammonium, där värdet är ungefär 20 gånger

högre än i havsvattnet i Klintehamnsviken. Lokalt skulle det kunna få effekt på vegetationen.

JÄRNUTFÄLLNING I JUNI 1986

Den kustström som kunde misstänkas finnas periodvis (jfr diskussion med anledning av dykundersökningen 1986) bekräftades endast någon vecka efter juniprovtagningen 1986, då en kraftig rostutfällning observerades i riktning från röret in mot hamnbassängen och förbi den inre gröna pricken (fig. 8 och 12). Den 26/6 var det lugnt väder varvid detta kunde konstateras från båt. Den 3/7 passerade ett pråmsläp ut från hamnen och rörde därvid om vattnet så att den inre delen av utfällningsområdet försvann. Utfällningen har vid lämpligt väder kunnat observeras hela sommaren. Någon järnutfällning har dock inte kommit upp på stränderna. Det är intressant att konstatera att denna utfällning inte skett i det område som ligger mellan rörmyningen och rännan, utan fällningen viker först så småningom av från "huvudriktningen" och transporteras mot hamnbassängen. Detta kan tyda på att det under perioden fanns en svag, inåtriktad ström i området, eller att utbredningen helt är en effekt av vindverkan.



Figur 12. Rapporterad utbredning av rostutfällningen i Klintehamns hamn efter midsommar 1986 (efter skiss av Harry Söderstrand).

Vilka faktorer har då bidragit till att man fått en kraftig utfällning av järnhydroxid just vid denna tidpunkt? Placeringen i tiden (månadsskiftet juni/juli) antyder att vattentemperaturen kan ha en viktig roll i sammanhanget. Driftjournalen för Odvaldsanläggningen visar dessutom att man just vid denna tid "tog ut" mycket lite av värmen i det upptagna vattnet. 16 juni var temperaturen på det vatten som lämnade värmepumpen vid Odvalds hela +18.8°C! Vid transporten genom ledningarna har en del av värmen säkert avgivits till omgivande mark, men temperaturen på utgående vatten bör ändå ha varit minst +18°C. 23 juni var vattnet drygt en grad kallare, eller +17.5°C vid Odvalds.

Vid ungefär samma tidpunkt noterades också en kraftig ansamling av drivande alger i Klintehamnsviken. Av foton att döma (bild 2) bör det ha rört sig om brunalger av något av eller bägge släktena brunslick (*Ectocarpus*) och trådslick (*Pilayella*), vilka normalt växer som bottenvegetation bl a på Klintehamnsvikens botten.

Om dessa alger lever när de lossnar från botten kommer de genom sin fotosyntes att under dagen producera syre, som avges till det omgivande vattnet. I vissa fall kan mycket höga syrevärden uppmätas i vattnet, man kan t o m få "övermättnad", dvs. vattnet kommer tillfälligt att innehålla mer syre än som normalt kan lösas i det. Som exempel kan nämnas mätningar i Brunnsviken i Stockholm där vi under soliga dagar kunde mäta syremättnader på upp emot 200%. Om det järnrika, varma odvaldsvattnet träffar på detta syreövermättade östersjövatten är det sannolikt att det sker en mycket snabb oxidering av järnet till järnhydroxid. Med

strömmarna kan denna utfällning transporteras åt olika håll, helt oberoende av att saltet snabbt späds ut.



Bild 2. Indrivna brunalger vid småbåtshamnen i Klintehamn, slutet av juni 1986. Foto: P-G Olsson.

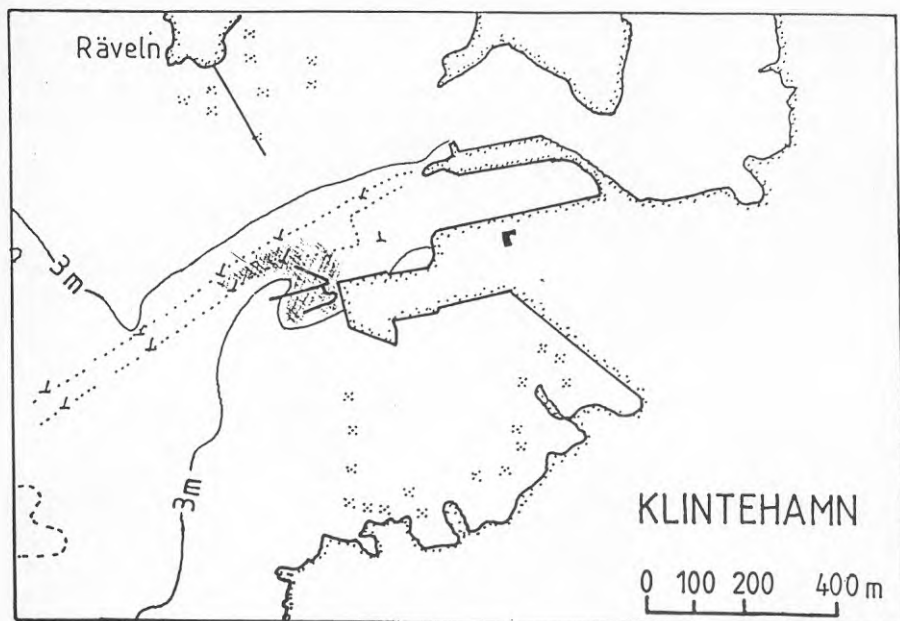
Jag vill dock betona att det här bara är en gissning. Utfällningen upprepades inte 1987 eller 1988, då vattentemperaturerna var lägre och värmeuttaget i odvaldsvattnet samtidigt var högre. Det är ändå viktigt att hålla ögonen öppna för flera utfällningar av denna typ; när de sker, under vilka väderomständigheter, temperatur m m i utgående odvaldsvatten, samt andra faktorer i omgivningen som kan ha betydelse.

DYKUNDERSÖKNINGAR

För att utröna eventuella skador och omfattningen av dessa gjordes två kvantitativa dykinventeringar av bottenarnas växt- och djursamhällen i anslutning till utsläppspunkten. Den första inventeringen gjordes alldeles i början av utsläppsperioden (4-5/10 1985) längs tre profiler. En av profilerna lades vid Räveln, där någon påverkan inte förutsågs, och användes som referens. Dessa tre profiler återbesöktes två år senare (22/10 1987) då inventeringen upprepades för att konstatera om en förändring hade skett under denna tidsperiod. Dessutom togs 1985 vattenprover på några definierade punkter vid rörmynningen. Dessa undersökningar genomfördes av Aqua Eco HB, Saltsjö-Boo.

Förutom vid dessa tidpunkter har dykning genomförts i augusti 1985, i juni 1986 och juni 1987. Vid det första tillfället utfördes arbetet av dykare från brandkåren. Vid de två senare tillfällena av dykare från CONEC HB. I augusti 1985 fotograferades botten på valda punkter. Vid dykningen i juni 1986 togs vattenprov på definierade punkter vid rörmynningen på samma sätt som i oktober 1985. Dessutom studerades bottenens utseende. Den salta vattenströmmen följdes så långt som möjligt från utströmningsröret. Även i juni 1987 togs prover av utgående vatten. Vid detta tillfälle fotograferades också valda bottenavsnitt.

DYKINVENTERING AV VÄXT- OCH DJURLIV HÖSTARNA 1985 OCH 1987



Figur 13. Undersökningsområdet i Klintehamnsviken. Profiler är markerade med ett streck och skuggade områden antas vara döda bottenar. Kurvan för 3 m djup är markerad.

Dykinventeringen omfattade alltså tre profiler. Två profiler utgick från utsläppspunkten med 45 graders vinkel mot varandra. En profil döks utanför Råveln, på den norra stranden av Klintehamnsviken (fig. 13).

Utmed varje profil lades en meter-märkt lina ut längs botten. Dykare skattade arternas utbredning i en ca 3-6 m bred korridor längs linan och antecknade dessutom bottentyp, ev. missfärgningar, slior från saltvatten, avståndet från linans nollpunkt, samt djupet (mätt med en kalibrerad djupmätare av typ SOS Helium). Täckningsgraden hos växter och djur skattades i en sjugradig procentskala med klasserna + (för förekomst), 5, 10, 25, 50, 75 och 100 procent.

Kvantitativa prover togs i olika växtzoner med hjälp av ramar med sidlängd 15, 20 eller 50 cm beroende på vilken växttyp som förelåg. Proverna frystes genast i fält och sorterades senare i laboratorium där växter och djur bestämdes till art, räknades och torkades i 60°C. Mängden växter och djur beräknades och redovisades i g torrsvikt/m² (inklusive skal om de föreligger). Organismerna dokumenterades även med hjälp av stereo-fotografier samt översiktsfotografier av bottenarna. Fotografierna finns arkiverade hos Aqua Eco HB, Saltsjö-Boo. Samma metodik användes både år 1985 och 1987. De kvantitativa proverna togs i samma växtzon, på samma djup och liknande avstånd på linan de båda åren, för att lättare kunna jämföra resultaten.

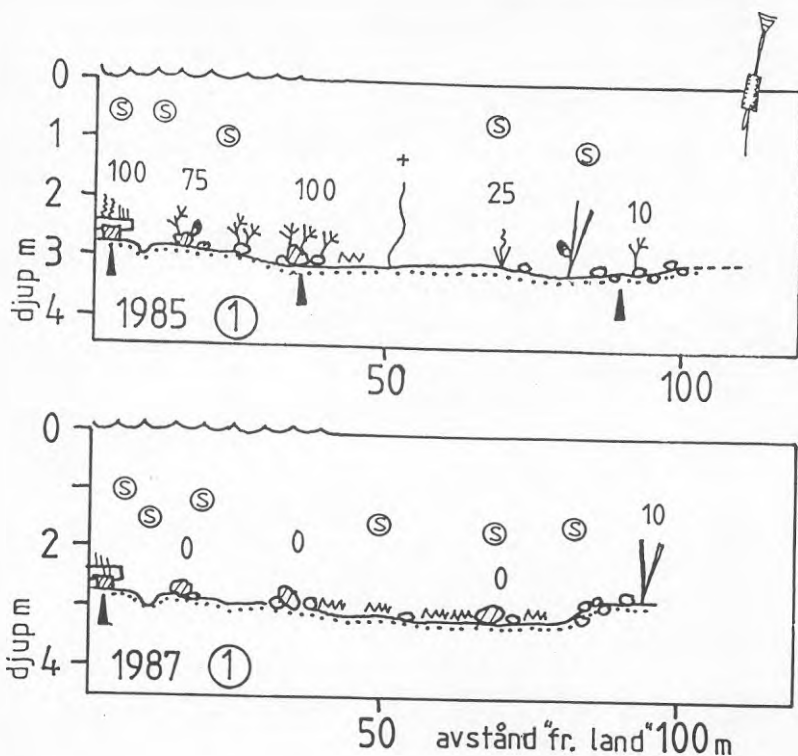
Profilerna vid rörmynningen

Den första av de två profiler som döks i direkt anslutning till rörmynningen lades ut med riktningen 270° (i den 360-gradiga skalan). Linjen utgjorde en rak fortsättning av utsläppsröret mot den muddrade farleden. Profilen avslutades ca 10 m från den södra pricken i "prickpar 2" (fig. 14). Längs profilen, som är ca 90 m lång, lades en mätlina ut. Profilen karakteriseras av en mycket svagt sluttande sandbotten med ett litet inslag av grus, större stenar eller mindre block. Denna bottentyp är i Östersjön naturligt fattig på makroskopiska arter (= växter och djur större än en mm).

År 1985 observerades kraftig påväxt på rörfundamentet av grönalgen rörhinna (*Enteromorpha* sp.) och brunalgen trådslick (*Pilayella littoralis*). På de enstaka stenarna och blocken längs profilen fanns också kraftig påväxt, men här framför allt av rödalgen fjäderslick (*Polysiphonia nigrescens*). På vissa sandfläckar växte sudare (snärjtång, *Chorda filum*) och nating (*Ruppia* sp.) sparsamt. Bottenarna var delvis täckta av löst liggande döda alger, ditdrivna från omkringliggande områden.

År 1987 fanns endast sparsam växtlighet kvar på rörfundamentet, framför allt grönslick (*Cladopora glomerata*) och lite rörhinna. Stenar och block som 1985 hade riklig påväxt var helt kala, och inga levande arter kunde hittas på bottenarna (fotodokumenterat). Däremot var bottenarna till stor del täckta med döda, löst liggande alger som var kraftigt belagda med rödbruna utfällningar av järnhydroxid.

Sandbotten var reducerad bara några millimeter ned i sandbotten, framför allt i vågdalarna av de böljeslagsmärkena. På sina håll var sanden t o m reducerad ända upp på sandytan.





Figurförklaringar


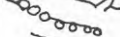

VÄXTER

-  Rörhinnor
-  Grönslick
-  Blåstång
-  Trådslick
-  Sudare
-  Rödalger (fr.a. släke och rödslick)
-  Nating, Särv
-  Borstnate
-  Bandtång
-  Löst liggande växter





DJUR

-  Hjärtmussla
-  Havstulpan

BOTTENTYP

-  Blockbotten
-  Sten- & grusbotten
-  Sandbotten

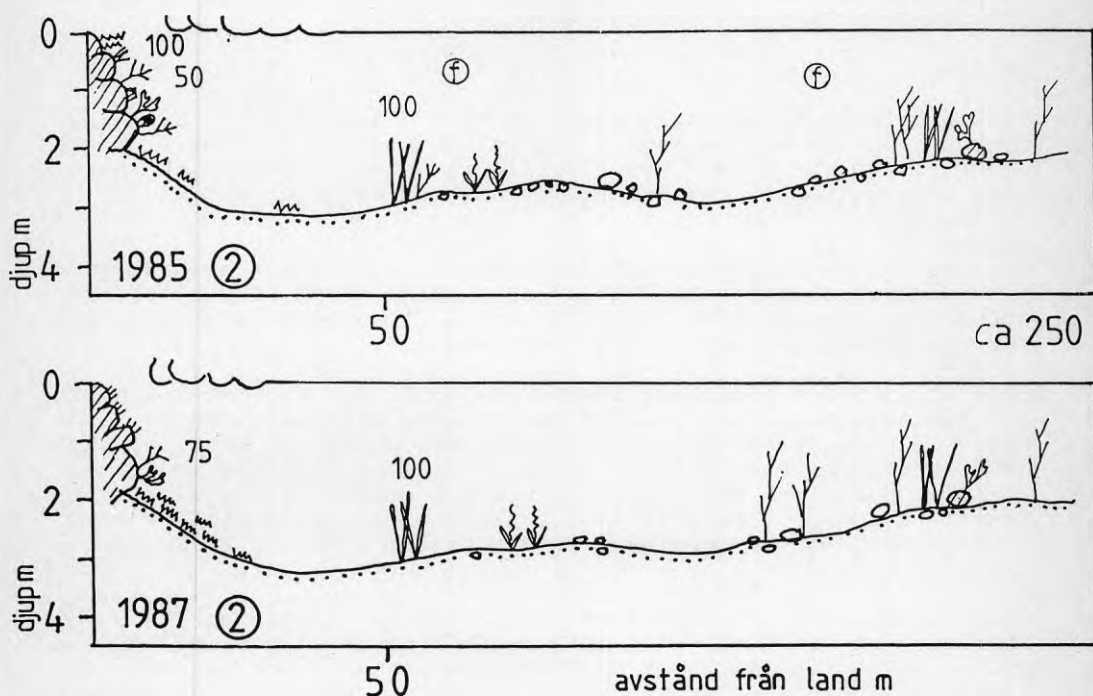
SYMBOLER

-  provtagningspunkt
-  S stereofotografi
-  f sv/vit fotografi
-  100 täckning av bottenyta

Figur 14. Dykprofil 1, vid utsläppspunkten i Klintehamn. Den övre delen av figuren är profilen från 1985, den undre delen profilen från 1987. Använda symboler finns förklarade under figuren.

Böljeslagsmärken utbildas på sandstränder tvärs vågornas (strömmarnas) riktning. Reducerad innebär att järnhydroxid omvandlats till järnsulfid. En reducerad botten får därför svart färg, mot gråaktig färg hos en normal botten. Detta inträffar då syreförrådet tagit slut i vattnet. Eftersom odvaldsvattnet, som är ett rent grundvatten, bör vara i stort sett syrefritt då det kommer ut i Klintehamnsviken, måste allt syre som behövs tas från bottenområdet, som då reduceras och järnhydroxiderna i botten övergår i järnsulfid.

Vid slutet av profilen (ca 90 m ut) höjde sig botten, från 3.2 m till 2.8 m djup, i en grusig undervattens-sanddyn. Vid ca 3 m djup kunde man se en skarp gräns mellan rödanlupen bottenyta (järnutfällning) och en normalt gråaktigt färgad sandbotten. 10 m in på dynen växte ett glest bestånd av bandtång (ålgräs, *Zostera marina*) med följearter. Djupare än 3 m kunde det saltare odvalds-vattnet lätt observeras längs hela profilen (i det rödanlupna området) i form av slior. Slior uppstår då vatten med olika sammansättning kommer i kontakt med varandra, som då man blandar saft och vatten.



Figur 15. Profil 2, vid utsläppspunkten. Förklaringar, se fig. 14.

Ytterligare en profil, ca 250 m lång, döks med utgångspunkt i utsläppsröret och i 45° vinkel (riktning 235°) mot föregående profil (fig. 15). Längs denna profil skattade dykare endast arternas utbredning och fotodokumenterade. Inga kvantitativa prover togs.

År 1985 var dessa bottenar mer eller mindre rena sandytor med ytterst lite vegetation och endast fläckvis förekomst av rödfärgad järnoxid, framför allt i böljeslagsmärkenas vågdalar. År 1987 hade denna profil kraftigt järnhydroxid-färgade bottenar under 3 m djup. Ca 150 m från utsläppet grundade bottenen upp lite och ängar med bandtång förekom fläckvis 1987. Bottensamhället blev därefter snarlikt det som observerades på samma avstånd från utsläppet 1985.

Även på piren närmast utsläppet skattades bottenvegetationen. 1985 växte vid ytan en tät bård av grönalgerna rörhinna och grönslick. Lite längre ner observerades rödalgerna fjäderslick, ullsläke (*Ceramium tenuicorne*) och några exemplar av blåstång (*Fucus vesiculosus*). Dessa alger täckte piren till ca 25-50 %. Havstulpaner (*Balanus improvisus*) och blåmusslor (*Mytilus edulis*) observerades.

År 1987 växte sparsamma mängder av små tofsar trådslick och lite rödslick ner till 1 m djup. Mellan 1 och 2 m djup var pirens block täckta av rödslick till 75-100 %. Blåmusslor förekom på sidorna av blocken. Vid 2 m djup började en svagt sluttande sandbotten som delvis var täckt med löst liggande döda alger som drevit dit från omkringliggande områden.

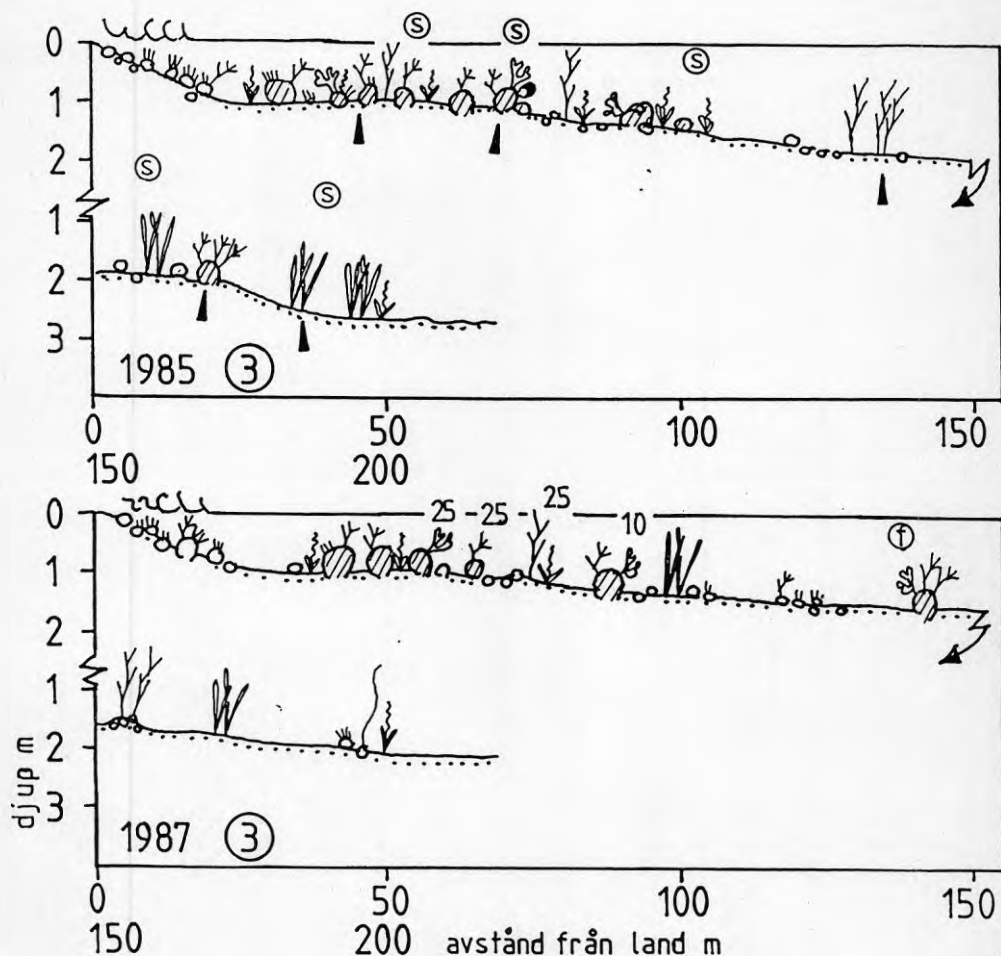
Räveln

Räveln är belägen på norra sidan av Klintehamnsviken, i riktning norrut från utsläppspunkten i hamnområdet. En lina lades ut längs en profil på ca 250 m i sydsydostlig riktning (kompassriktning 150) från mitten av reveludden mot spetsen av piren med utsläppspunkten (figur 13).

Området är långgrund och bottenarna består i huvudsak av sandiga grus- och stenbottenar med inslag av enstaka block (figur 16). Ca 100 m från strandlinjen, på ca 2 m djup, överväger rena sandbottenar med inslag av enstaka grus- och stenåsar.

Både år 1985 och 1987 karakteriserades profilen av växter typiska för tämligen skyddade, steniga och sandiga bottenar längs Gotlands kust. Sålunda fanns olika kärlväxter, såsom nating, särv, borstnate och trådnate samt lite djupare ner fläckvis ängar med framför allt bandtång. På stenar och block i området växte alger. Närmast stranden t ex trådslick och grönslick, lite djupare ner rikliga mängder med rödalger, främst rödslick och ullsläke samt fläckvis blåstång.

Dykobservationer och skattningar av arternas utbredning vid Räveln visar ingen påtaglig skillnad mellan de båda åren. Inte heller en jämförelse av de kvantitativa proven tagna de två åren visar några klara eller enhetliga tendenser, vare sig hos växterna (figur 17) eller hos djuren (figur 18). De kvantitativa prover som togs i det fleråriga bandtångsbältet, visar i stort identiska biomassor de två åren. Däremot visar de prover som domineras av årenuella (ettåriga) arter en något större variation. Detta kan

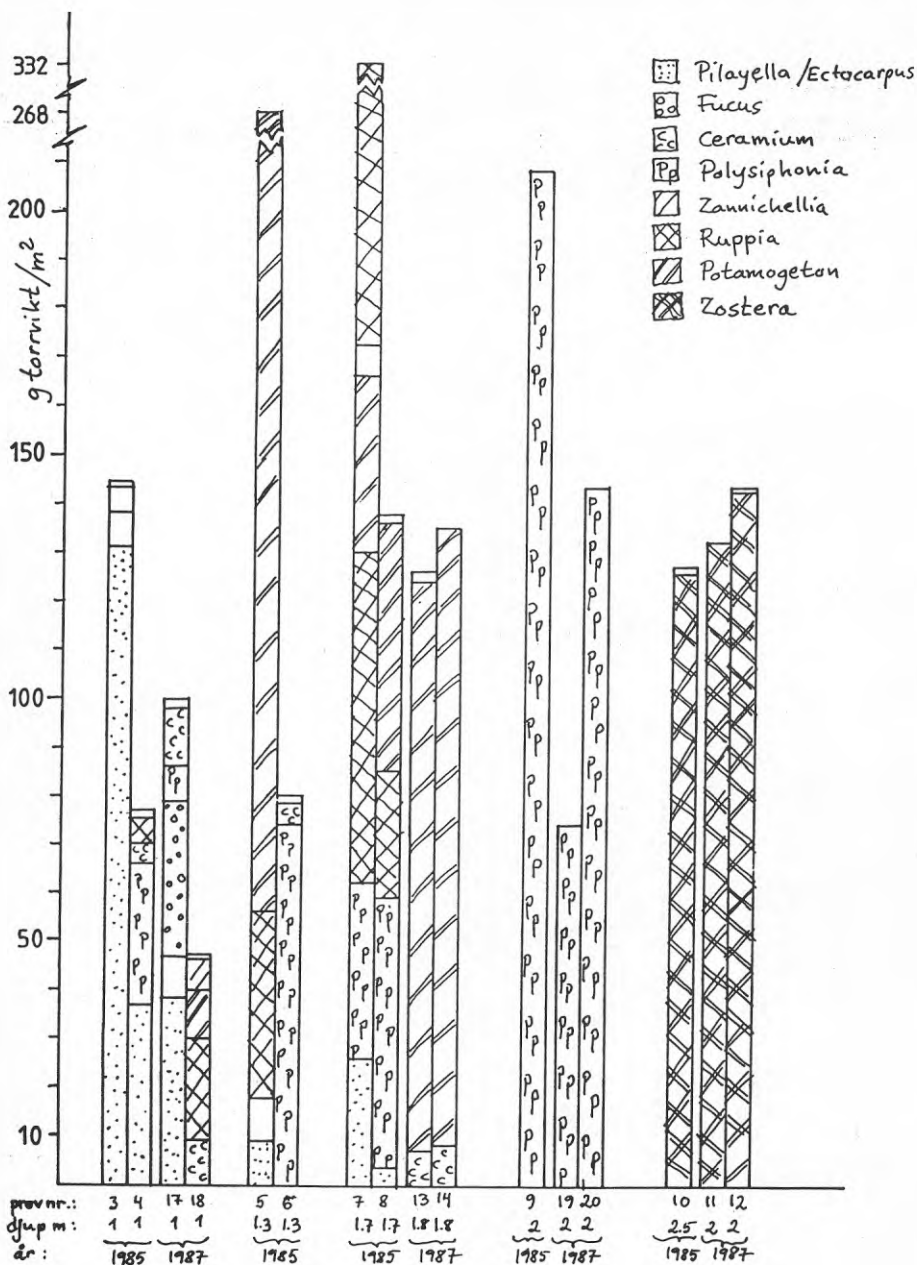


Figur 16. Profil 3, vid Räveln. Figurförklaring, se fig. 14.

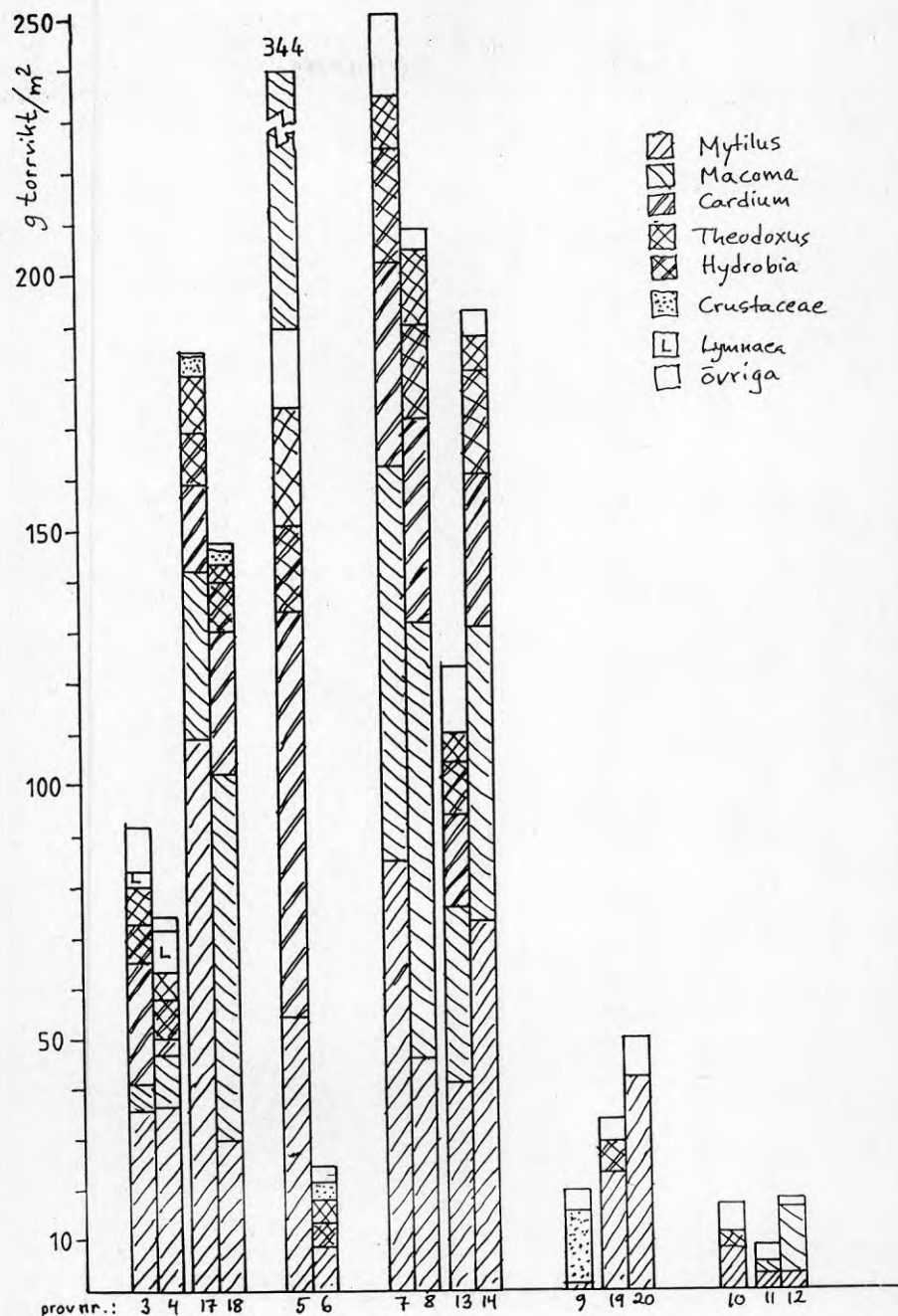
delvis förklaras med mellanårsvariationer i förekomsten hos dessa växter, beroende på hur växtsäsongen har varit. Men man kan även se en större heterogenitet i dessa växtbälten, vilket framgår tydligt vid jämförelse mellan dubbelprover i ett bälte tagna samma år.

Sammanfattning

Visserligen kommer man aldrig ner under 3 m djup i Räveln-profilen, men man kan nog dra slutsatsen att ingen påverkan har skett i området norr om hamninloppet. Det tunga salta vattnet tycks i stället, vilket redan konstaterats i det vattenkemiska avsnittet, ha runnit ner i den muddrade rännan till hamninloppet för att sedan förmodligen rinna ut ur hamnbassängen.



Figur 17. Biomassefördelningen hos växter längs dykprofilen vid Råveln i oktober 1985 och 1987 (jämför med figur 16). Dominerande arter har indikerats. Dubbelprover (vid förekomst) är redovisade var för sig i form av dubbelstaplar. Staplarna är ordnade i ökande avstånd från land ut mot farleden, varvid den vänstra dubbelstapeln visar biomassa mätta 1985 och den högra 1987. Nummer på varje prov och provtagningsdjup är angivna.

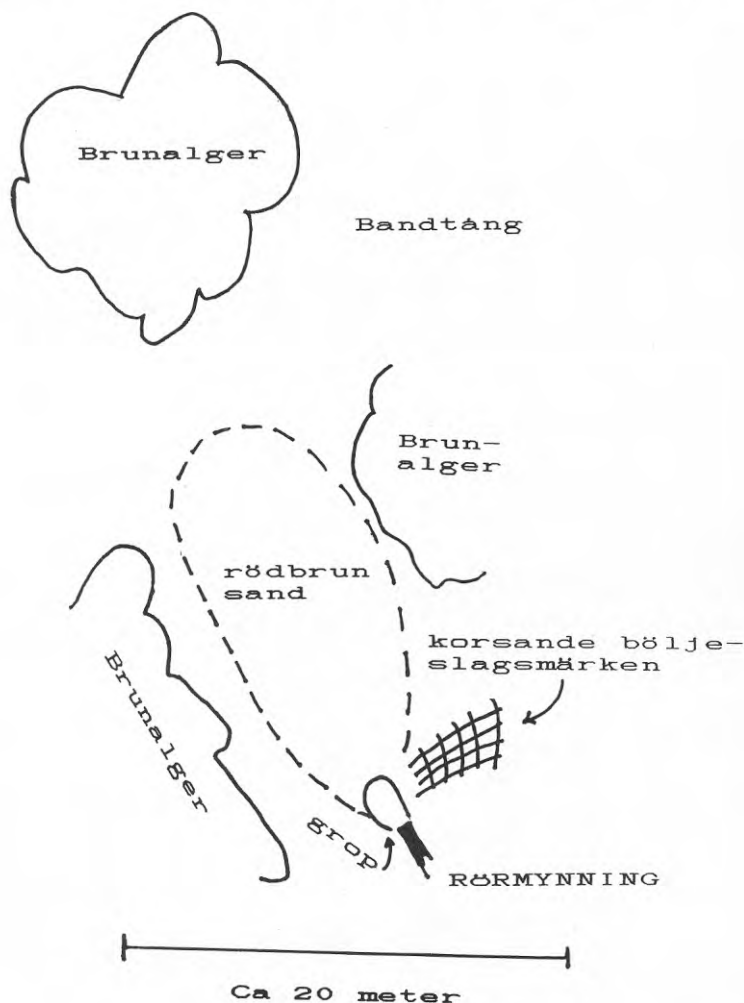


Figur 18. Biomassefördelning av djur längs profilen vid Räveln i oktober 1985 och 1987 (se förklaring i figur 17).

Däremot förefaller det klart att samtliga bottenlevande, makroskopiska, arter som levt under 3 m djup, har dött i området närmast saltvattensutsläppet (figur 14). Detta beror på den höga salthalten och de reducerade bottnarna som uppstår när järnet i utsläppsvattnet oxideras och förbrukar syrgasen vid bottnarna. På grundare djup tycks bottensamhället inte ha förändrats nämnvärt mellan de två åren 1985 och 1987.

DYKUNDERSÖKNINGAR SOMRARN 1986 OCH 1987

18 juni 1986 undersöktes området närmast utsläppsröret. I vattnet kunde dykaren spåra det saltare odvaldsvattnet till ca 10 meter från rörmynningen. Genom mätning av ledningsförmågan kunde vattnet spåras ytterligare tio meter, dvs. till ca 20 m från rörmynningen.



Figur 19. Bottnens utseende i juni 1986 (efter undervattensskiss av S. Eriksson, CONEC)

Vid dykningen undersöktes också bottenens utseende (fig. 19). Det vatten som strömmar ut ur röret har grävt en grop framför rörmynningen (se även fig. 14). Gropen är orienterad i rörets längsriktning. Bortom gropen vidtar en ca 5 m bred och ca 20 m lång vegetationsfri yta. Den har böljeslagsmärken, vilket beskrivits i föregående avsnitt. Inom detta område var botten svagt brunfärgad av utfällt järn, medan ingen utfällning kunde konstateras utanför den bildade fördjupningen. Dessutom fanns närmast rörmynningen i riktning in mot hamnbassängen ett mindre område med dubbelriktade böljeslagsmärken, vilket antyder att en vattenström längs stranden från söder under vissa förhållanden kunde föra odvaldsvattnet i en riktning 90° mot den normala och in mot hamnbassängen (jfr avsnittet om järnutfällning).

Som figuren antyder, finns bälten med brunalger på lite längre avstånd från utsläppspunkten. Det rör sig sannolikt huvudsakligen om lösliggande alger, vilket konstaterades vid de noggrannare undersökningarna 1985 och 1987. Bandtång växer här och var i sanden. Vid en artbestämning i juni 1987 fanns följande arter i området kring utsläppet; brunalgerna representerades av brunslick (*Ectocarpus* sp.) och trådslick, rödalger av rödslick och ullsläke samt grönalger av rörhinna (flera arter) och grönslick (mycket). Artinnehållet bör ha varit i grova drag detsamma 1986. Merparten av algerna är sannolikt neddrivna från stränderna runt om.

Dykningen 1987 visar i grova drag samma bild. Järnutfällning konstaterades nu mer allmänt på botten och på föremål, t ex muskelskal och stenar. Vid provtagning med bottenhuggare under hösten 1987 kunde denna typ av utfällning konstateras också på sandkornen, som blivit rödfärgade.

Dykinventeringarna 1985 och 1987 genomfördes bägge i oktober, medan sommardykningarna 1986 och 1987 genomfördes under juni. Det förefaller vid en jämförelse mellan dykningarna som om det salta vattnet snabbare blandades med havsvattnet under sommaren, eftersom sliorna i vattnet då syntes bara relativt nära utsläppspunkten, medan de i oktober kunde konstateras längs botten i hela det område som omfattades av dykprofil 1 (dvs från rörmynningen och ut till rännan. Utfällningen av järnhydroxid på den lösliggande algmattan var inte påtaglig i juni, men kraftig i oktober. Likaså förefaller utfällningarna på botten att vara mer uttalade under hösten.

Dessa konstateranden antyder att vattnet uppför sig olika under sommar och höst. Att det uppför sig olika vår och sommar/höst har redan tidigare konstaterats (se avsnittet "Vattenprovtagningar 1985-1987") och att det skulle finnas skillnader mellan sommar och höst är också sannolikt om vi antar att vattentemperaturen i Östersjön spelar en roll. Under sommaren, med relativt höga vattentemperaturer, ligger temperaturvärdena i utgående vatten och Östersjövatten relativt nära varandra (+17-18°C). De två vattens tätheter kommer då att ligga närmare varandra än under perioder med kallt Östersjövatten (undantagandes högvintern då utgående vatten kan ha en betydligt lägre temperatur). Det två vattenmassorna bör alltså ha lättare att blandas under sommaren.

Att utfällningarna på alger under sommaren inte är så omfattande har då samma förklaring; järnet hinner inte fällas ut innan om-

blandningen blivit för stor, så att järnhalterna i vattnet sjunkit ned mot det normala. I motsatt riktning talar dock att järnet faller ut fortare vid högre temperatur (se diskussionen om järnutfällning efter Midsommar 1986).



Bild 3. Utsläpp av salt grundvatten. Kontaktzonen mellan de två, olika salta vattenmassorna, syns som ett "dimligt" område utanför rörmyningen. Foto via vattenkikare: H-G Wallentinus.

KONTROLLPROGRAM FÖR UTSLÄPP AV SALT GRUNDVATTEN I KLINTEHAMNSVIKEN

I de föregående avsnitten har jag beskrivit hur det salta och järnrika vattnet från odvaldsanläggningen "uppför sig" då det kommer ut i Klintehamnsviken. Mot bakgrund av detta har ett förslag till kontrollprogram upprättats (se nedan). Detta har accepterats av AB Gotlandshem.

För perioden 1989-1992 föreslås följande program:

- * En gång per år kontrolleras med hjälp av dykare de utlagda profilerna i Klintehamnsviken. Redovisning av vegetationens utbredning, förekomst av djur, järnutfällningar, etc.
- * Förhållandena dokumenteras genom fotografering bl a från fasta fotopunkter.
- * Vattenprov tas på utgående vatten samt från ett antal punkter vid botten och vattnet närmast ovanför botten. Omfattning och analys, se följande punkt.
- * Genom Gotlandshems försorg tas vattenprover i upptaget brunns-vatten fyra gånger per år. Proverna utvärderas kontinuerligt av tillsynsmyndigheten och jämförs med tidigare provtagningar. Proven bör omfatta: pH, ledningsförmåga, alkalinitet, natrium, kalium, kalcium, magnesium, järn, mangan, klorid, sulfat, totalfosfor, nitratkväve, ammoniumkväve och totalkväve.
- * I augusti 1989 och augusti 1992 görs kontroller av strandvegetationen på samma sätt som gjorts under perioden 1985-87.
- * Driftjournal omfattande pumpad vattenmängd, samt temperatur på utgående vatten tillställs fortlöpande tillsynsmyndigheten, lämpligen i samband med att resultaten från vattenproven lämnas.

Om proven under denna period visar, att inga större förändringar sker, kan kontrollprogrammet därefter dras ned i intensitet till en dykundersökning vart tredje eller femte år och ett färre antal prover på brunnsvattnet, t ex ett per år. Sannolikt kan också antalet mätta parametrar i vattenproven minska.

Om tecken på oförutsedda effekter konstateras måste extra undersökningstillfällen kunna sättas in. Detta kan vara fallet om t ex järnutfällning konstateras i ytvattnet eller på stränderna, eller om större bottenområden blir vegetationsfria.

Vid val av tillsynsmyndighet bör samma regler gälla som för tillsyn av småindustri.

REFERENSER

- Andersson, O. och Ericsson, L.O. 1983. Geotermisk värmecentral i Klintehamn. Förprojektering. BFR Rapport R36:1983.
- Andersson, O., Lindgren, L. och Petersson, A. 1984. Geotermisk värmecentral i Klintehamn. Resultat av undersökningsborrning, Provpumpning och fortsatt projektering. Manus till BFR.
- Gotlandshem, AB 1988. Geotermiprojekt, Odvalds, Klintehamn. Årsrapport 1987. Gotlandshem 1988-06-13 med komplettering 1988-09-30.
- 1989. Geotermiprojekt, Odvalds, Klintehamn. Årsrapport 1988.
- Kautsky, H. 1988. Dykinventering av växt- och djurliv på bottenarna i hamnområdet vid Klintehamn - Slutrapport. Aqua Eco HB, 1988-07-06.
- VIAK 1987. AB Gotlandshem. Geotermiprojekt, Odvalds, Klintehamn. Årsrapport 1986. VIAK AB 1987-02-25

Bilaga 1.**BESKRIVNING AV OMRÅDEN LÄNGS STRANDEN VID KLINTEHAMNSVIKEN**

I undersökningen av effekterna från utsläppet av salt- och järnrikt grundvatten i Klintehamnsviken ingick också att kontrollera eventuella effekter på stränderna söder och norr om utsläppsområdet. Därför valdes 17 mindre områden ut från i närheten av reningsverkets utsläppsrör söder om hamnen till halvön Räveln norr om hamnen. I fig. 7 visas var dessa områden ligger.

Under undersökningsperioden 1985-87 kunde inga effekter av saltvattnet spåras, men det kan ändå vara av intresse att beskriva områdena med tanke på eventuella framtida förändringar. Sådana förändringar kan naturligtvis uppstå av andra skäl än av saltvattenutsläppet.

Gemensamt för många av stationerna är en "underliggande" vegetation av strandängstyp. Ovanpå detta har ofta en riklig drift av alger medfört att en driftvalls- och ogräsflora etablerats. På några stationer finns också rester av torrängsflora, som är typisk på anslutande alvar- eller betesmark. Några stationer utgörs av block som lagts upp för att förhindra erosion. På dessa stationer växer naturligtvis främst alger. I beskrivningen har jag försökt dela upp arterna i "äkta" strandängsarter, torrängsarter och kvävegynnade drift- och ogräsarter. I några fall har arterna en mellanställning och kan förekomma i än den ena, än den andra gruppen. Exempel på detta är gåsört, spjutmålla och kruskräppa.

BESKRIVNING AV PROVSTATIONER**Station 1. Grusstrand norr om utloppsröret från reningsverket**

Stranden är grusig och det finns en markerad stormstrandvall. Floran har här inslag av dels strandängsväxter, dels ogräs- och driftvallsflora. Även en del torrängsinslag återfinns.

I strandängsvegetationen växer salttåg, krypven, rödsvingel, blåsklöver och strandkrypa, samt den mer torrt växande rörsvingeln, ett högvuxet tuvat gräs, samt strandvial. Bägge dessa är typiska för grusiga havsstränder.

Driftvallsfloran karakteriseras av kruskräppa, gåsört, revfingerört, kvickrot, strandbaldersbrå, åkermolke, spjutmålla och strandmålla. Ogräsinslaget är dock stort genom den stora närings-tillgången i driftvallen. Här växer arter som åkertistel, hundkåx, brännässla, morot, sötväppling, lomme, maskros, foderlucern och kärtistel.

Torrängsfloran, slutligen, representeras av rölleka, gulmåra, vitklöver och svartkämpar.

Station 2. Markerad udde norr om utloppsröret från reningsverket

Vegetationen är, liksom på alla stationerna 1-5, en typisk strandängsvegetation med rödsvingel och salttåg som tongivande arter. Förutom dessa dominerar också krypven, strandaster och strandkrypa. Också andra, typiska, strandängsarter växer här:

havssälting, gulkämpar, strandvarianten av vårt vanliga groblad, gåsört, smågröe, vitklöver, rödklöver och höstfibbla. Lite högre upp står de typiska strandgräsen rörsvingel och svartkavle.

En driftvall förekommer här som på de flesta andra stationer. 1986 har noterats att vallen är kraftig. 1987 fanns både en äldre och en yngre driftvall här. Driften medför naturligtvis att en del näringskrävande arter kan finna bra växtbetingelser här, trots att stationen ligger ganska utsatt för vind och vågor från sydväst. Bland dessa arter märks bl a åkertistel, kärrtistel, gullucern, maskros och strandmålla.

Station 3. Uddar och småholmar söder om Kalkugnspiren

Även på station 3 finns en välutbildad strandängsvegetation, fastän stranden här och där är mer stenig. Kraftiga driftvallar finns normalt. Genom vågverkan har driften "släpats" över strandängsväxterna och rödsvingeln ser därför ofta "kammad" ut, medan annan vegetation, kanske salttåg, helt sonika är avklipt.

Driften hade 1985 ett stort inslag av bandtång (*Zostera*). 1987 fanns, liksom på station 2, två driftvallar. Den äldre innehöll blåstång, rödalger och bandtång, medan den nyare driftvallen hade ett blandat innehåll av brun- och grönalger, samt en del rödalger. Bland grönalgerna dominerade grönslick, en art som något gynnas av god näringstillgång.

Den typiska zoneringsen börjar utifrån med oregelbundna "ruggar" av strandaster, ibland med inblandning av krypven. Därefter kommer ett bälte med salttåg, vilket följs av mer fastmarksbetonad (geolittoral) strandäng med rödsvingel som helt dominerande art.

Strandängsvegetationen domineras, som antytts, av rödsvingel och salttåg, men bitvis dominerar också strandaster, åtminstone 1987. Andra strandängsarter som noterades på stationen är salttåg, krypven, gulkämpar, strandkrypa, gåsört, höstfibbla, rödklöver, smågröe, vitklöver och blåsklöver. Högre upp kan rörsvingel helt dominera vegetationen. Där växer också rölleka.

Även här förekommer en typisk driftvallsflora med arter som strandmålla, spjutmålla, kvickrot, åkertistel, maskros, gullucern, revfingerört, krusskräppa, strandbaldersbrå och åkermolke.

Station 4. Udde söder om Kalkugnspiren

Liksom på de föregående två stationerna är den naturliga vegetationen här en strandäng, men dominanterna är salttåg och krypven. Också på denna exponerade udde samlas en hel del drift och strandvegetationen "kammars" av driften. I driften finns mest rödalger och bandtång, samt en mindre andel blåstång. 1987 noterades en ny driftvall under bildande. Där dominerade brun- och grönalger samt en stor mängd små blåmusselskal. Musselskal har inte noterats tidigare år och uppdrift av så pass mycket skal kan tyda på en omfattande död bland blåmusslorna.

I strandängsvegetationen märks förutom salttåg och krypven även strandaster, gulkämpar, gåsört, havssäv, strandkrypa, havsstrandvarianten av groblad, rödsvingel och höstfibbla. I mindre, i stort vegetationsfria och saltpräglade gropar, växer saltnarv och saltgräs, två salttåliga strandängsarter. Högre upp växer som

vanligt rörsvingel samt svartkavle. Här växer också den ovanliga arten blankstarr (*Carex otrubae*).

Driftvallsfloran innehåller bl a följande arter: krusskräppa, strandskräppa, spjutmålla, åkertistel, strandbaldersbrå, kvickrot, dån och gulmåra.

Station 5. Viken söder om Kalkugnspiren

I viken har sannolikt samma vegetation som på stationerna 2-4 varit förhärskande. Genom de stora mängderna driftmaterial som samlas har dock driftvalls- och ogräsfloran helt tagit överhanden. Underlaget består av sand.

Driften fyller både 1986 och 1987 delar av viken. 1987 noterades att driftvallen är övervuxen med vegetation. Men stora, kringflytande, sjök av delvis nedbruten drift finns ute i viken. 1986 var driften fast, men upptog en stor del av viken. Vattnet vid stranden var av någon anledning alldeles mjölkigt. På driftbältena provianterar ett stort antal vadare, bl a noterades större strandpipare, grönbena, mosnäppa, brushane, enkelbeckasin, tofsvipa, gluttsnäppa, drillsnäppa och kärnsnäppa.

Vegetationen domineras av strandbaldersbrå, kvickrot, brännässla, ältranunkel (1987) och krypven. Krypven tillhör normalt strandängsvegetationen men har genom sin förmåga att bilda utlöpare möjlighet att snabbt invadera ett område där annan vegetation inte hindrar. Det kan ske t ex efter att en beläggning av driftmaterial försvunnit.

Övriga arter som noteras från denna extremt näringsrika station är krusskräppa, strandskräppa, åkermolke, åkertistel, tiggarranunkel, groblad (ogrästyten), spjutmålla, strandmålla, gråbo, snårvinda, snärjmåra, hundäxing och vägmålla.

Arter som kan spåras till den ursprungliga vegetationen är rörsvingel, havssäv, strandaster, vägtåg, gåsört, agnsäv, salttåg, gulkämpar, saltnarv och saltgräs samt eventuellt knäkavle och storven. De senare två arterna är gynnade av rik näringstillgång, men förekommer också naturligt på strandängar, precis som gåsört.

Station 6. Stranden söder om Barlastkajen

På stationen täcks viken 1985 av en mycket tjock driftvall med bandtång som dominant art. Ovanför den växer en utpräglad ogräsflora. Genom näringsrikedomen är floran utarmad, eftersom bara de mest näringstoleranta arterna finns kvar.

Dominanterna i ogräs-zonen är kvickrot och strandmålla. Övriga arter av ogräs- eller inkomlingskaraktär är sötväppling, gråbo, pepparrot (!), åkermolke, åkertistel, hästhov, brännässla, morot, cikoria, blålucern, gullucern och korsningen dem emellan, strandbaldersbrå och snårvinda.

Bland den mer ursprungliga strandfloran märks havssäv, rörsvingel, krypven, gåsört, stranddråg, svartkavle och strandaster samt av torrängsfloran rölleka.

Station 7. Stensatt strand, Barlastkajen

Eftersom stranden består av stora block, är vegetationen mycket sparsam och domineras av grönalger. 1985 och 1986 noterades att de var mycket mörkt gröna. Detta brukar vara tecken på rik tillgång på kväve och kan vara en effekt av extra närsalttillförsel från reningsverket. Den kan dock lika gärna vara en effekt av exponeringen mot havet, vilket kan medföra att vegetationen blir mer mörkgrön än normalt. 1987 var vegetationen inte lika mörkgrön som tidigare år.

Dominerande art är grönslick (*Cladophora glomerata*), men de mindre grönalgerna fransalg (*Urospora penicilliformis*) och gördelalg (*Ulothrix zonata*) förekommer också, åtminstone vår och höst.

Mellan stenarna kan växa sparsamt med strandmålla, åkermolke och kvickrot. Uppspolad drift består av blåstång, bandtång och olika rödalger.

Station 8. Sandstranden NO Barlastkajen

Även i denna förhållandevis skyddade vik förekommer en hel del driftmaterial. Det medför, precis som på tidigare lokaler, att det växer en frodig, kvävegynnad, driftvalls- och ogräsflora vid sidan av mer normala strandväxter. Driften bestod 1987 av trådformiga grön- och brunalger. Det fanns också äldre drift bestående av bandtång.

Grovt kan två vegetationsbälten urskiljas, det yttre med dominans av havssäv och gräs, det inre med dominans av ogräs.

I det yttre bältet dominerar havssäv, men här finns också kvickrot, rörsvingel, svartkavle, bladvass, strandaster, saltgräs, krypven och havssälting. På vissa sträckor dominerar i stället kvickrot och strandmålla. Sannolikt rör det sig då om rester av äldre driftvallar.

Ogräsazonen är artrik med strandmålla och kvickrot, samt vissa år åkertistel, som dominerar. I övrigt noterades gråbo, revfingerört, maskros, gullucern och foderlucern samt korsningen dem emellan, sötväppling, åkerfräken, kråkvicker, svinmolke, åkermolke, morot, dån, strandbaldersbrå, renfana, krusskräppa, brännässla, cikoria, besksöta och puktörne.

Den mer fastmarksbetonade strandens växter representeras av rölleka, svartkämpar, rörsvingel, björnbär, ängsgröe, rödsvingel, fårsvingel och storven.

Station 9. Piren vid rörmynningen

Piren har byggts upp med stora block av urberg. Drift förekommer knappast alls. Floran domineras helt av grönalger av samma arter som på station 7, dvs. grönslick, fransalg och gördelalg. Dessutom förekommer rörhinna (tarmtång).

Station 10. Färjepiren

Inga vegetationsundersökningar har gjorts här.

Station 11. Stranden öster om Varvsholms pensionat

Vid bron mellan Varvsholm och hamnen växer rikligt med borstnate, vitstjälksmöja och axslinga.

Stranden öster om pensionatet är en typisk strandäng där det går att spåra en zonerings med havssäv, salttåg och rörsvingel/svartkavle. En hel del drift finns dock även här. Driften, som till stor del består av bandtång, har pressat ned delar av gräsazonen och möjligtvis är äldre driftvallar en orsak till att lågvuxna strandängsväxter kan hålla sig kvar i konkurrensen med de höga arterna havssäv, rörflen och svartkavle.

I den yttersta zonen, med havssäv, växer också saltgräs, havssälting, bladvass och strandaster.

I de rester av strandäng vi kan hitta, växer salttåg som dominant. I övrigt noteras strandaster, saltgräs, strandkrypa, gulkämpar, krypven, rödsvingel, rörsvingel, storven, havssälting, gåsört, svartkavle och dvärgarun.

Ogräs/driftzonen är som vanligt artrik med dominans av rörsvingel, rödsvingel, kvickrot, svartkavle och strandmålla. En del av arterna är rester efter en mer fastmarksbetonad rödsvingeläng. I övrigt märks sötväppling, åkermolke, sparris, hundkåx, krusskräppa, åkertistel, gåsört, spjutmålla, strandbaldersbrå, morot, åkervinda, snårvinda, renfana, dån, gråbo, ängssvingel, svartkämpar (kulturform) och maskros samt gullucern och blålucern och korsningen mellan dem.

Närmare pensionatet förekommer samma vegetation, men det finns mer driftmaterial. Zonerings avslutas där uppåt av gräsmatta.

Station 12. Stranden söder om Varvsholms pensionat

Stationen är belägen omedelbart innanför piren och på den sida som vetter mot hamnen. Här finns en kraftig algvegetation med grönslick som dominant och i övrigt märks borstnate, blåstång, rörhinna (*Enteromorpha* spp.) och sudare (*Chorda filum*). Ute i vattnet växer också vitstjälksmöja. Drivande bandtång observerades 1985 och samma år noterades att grönslicken förekom i flera generationer, beroende på att de grott vid skilda vattenstånd.

Stranden utgörs av block och vegetationen mellan stenarna är delvis gynnad av den drift som förekommer. Driften var, åtminstone 1986, mest av rödalgstyp.

De arter som noterades var strandaster, salttåg, åkermolke, rörsvingel, rödsvingel, gråbo, hundkåx, gulfåra, maskros, gulkämpar, renfana, puktörne, björnfloka, revfingerört, gåsört, åkervinda, krypven, spjutmålla, strandmålla, sötväppling, korsört, morot, kickrot, havssäv, krusskräppa, björnbär och gullucern.

Station 13. Piren vid Varvsholm

Liksom på de andra ställena med vågbrytarmaterial, växer här endast alger. Grönslick dominerar också på detta strandavsnitt. På pirens översida växer den fågelspillningsgynnade grönalgen *Prasiola* (*Prasiola* sp.).

Station 14. Stranden NV Varvsholms pensionat

Sandstrand med stora stenar och en starkt driftgynnad flora. Driften domineras av bandtång, men vissa år finns också mycket rödalger. Mängden drift varierar starkt. 1985 och 1986 var den mycket kraftig, men inte speciellt påträngande 1987. Mot norr ansluter en större bladvassrugge.

Dominerande art är genom driften strandmålla, vissa år också rörsvingel. Övriga arter som noterats är strandaster, spjutmålla, åkertistel, sötväppling, strandklo, stånds, björnbär, brännässla, gåsört, åkermolke, revfingerört, maskros, lucern, morot, havssäv, svartkavle, krusskräppa, salttåg, strandbaldersbrå, mjukdån (?), kvickrot, snårvinda, kärrtistel och kråkvicker. I vattnet växer bl a grönslick och trådnate. Som framgår av artlistan är en del arter rester av tidigare strandängsvegetation.

Station 15. Råvelns ostsida

Råveln är en halvö som skjuter ut i Klintehamnsviken, norr om rörmyningen. Den är intressant som jämförelse med vegetationen på Varvsholm och söder om hamnen. Vid Råveln har en dykprofil lagts som jämförelse med profiler i anslutning till rörmyningen.

Stränderna på Råveln är grusiga eller sandiga. Station 15 har ett tydligt strandhak, som uppstått vid kraftiga stormar. Driften är kraftig, fastän denna strand ligger i lå för de kraftigaste vindarna. Driften består nästan enbart av rödalger, förutom enstaka grönalger och blåstång.

I den yttre zonen växer strandväxter som havssäv, spjutmålla, krypven, krusskräppa, salttåg, gulkämpar, strandkrypa, gåsört, vitklöver, blåsklöver och strandaster.

På erosionsstranden, där driftpåverkan gör sig mer påmind, hittas åkertistel, gåsört, saltarv, spjutmålla, revfingerört, storven, rödsvingel, kvickrot, åkermolke, krusskräppa, dån, gulmåra, brännässla, strandbaldersbrå, rölleka, maskros och mörkt kungsljus. De arter som dominerar, åtminstone 1987, är gåsört, åkertistel och rödsvingel.

I fördjupningarna inne på Råveln finns ett flertal extrema, salttåliga, strandängsarter som glasört, saltgräs, saltmålla, sodaört (endast på stränderna), saltört och saltnarv. Där växer också mer "normal" strandängsflora med arter som ängsgentiana, blåsklöver, strandmalört, dvärgarun, kustarun, salttåg, gulkämpar, krypven, havssälting, höstfibbla, havsstrandformen av groblad, storven, gåsört och strandrödtoppa.

Station 16. Råvelns södra udde

Zoneringen är här salttåg - rödsvingel - strandhak. Drift har lagt sig över en del av rödsvingelzonen. Vågorna har eroderat ut delar av finsedimenten på stranden och i de bildade groparna samlas drift och rutttnar. I övrigt täcks också ej eroderade delar av en drift som domineras av bandtång och rödalger. Driften var kraftigast 1985, intermediär 1986 och knappt märkbar 1987. En hel del skräp driver dock i land (plast och liknande). 1986 förekom två driftvallar; den övre med bandtång, den nedre mest med rödalger.

Vegetationen domineras av strandängsarterna salttåg, rödsvingel och krypven. 1987 var förekomsten av strandformen av groblad också mycket riklig. I övrigt förekommer strandkrypa, havssäv, strandaster, rörsvingel, gåsört, vitklöver, blåsklöver, maskros, gulkämpar, krusskräppa, saltgräs, åkertistel, åkermolke, spjutmålla, trampört, havssälting, strandbaldersbrå, gulmåra, smågröe, käringtand, storven, rölleka, höstfibbla och kulturformen av groblad.

I strandhaken växer åkertistel, revfingerört, krusskräppa och gåsört rikligt. I övrigt återfinns en blandning av kvävegynnade arter och torrängsarter. Här finns gulmåra, kvickrot, åkermolke, trift, duv/sparvicker, sandnarv, revfingerört, mjuknäva, rölleka, maskros, saltarv, gul fetknopp, svartkämpar, slån, åkertistel, åkermolke, snärjmåra, grässtjärnblomma, oxtunga, trampört, korsört och klubbkorsört.

Station 17. Grusstrand på västsidan av Råveln

Stationen ligger innanför en sandrevel som håller på att byggas upp utanför. Det fanns 1987 flera omgångar drift. I den senaste ingick mycket vattenfanerogamer som särv (*Zannichellia palustris*), trådnate (*Potamogeton filiformis*), nating (*Ruppia* sp.) och bandtång (*Zostera marina*) och dessutom en hel del grönslick.

Floran är ganska heterogen med strandängsarter, grusstrandarter, driftarter och ängsarter. Här noterades sålunda de extrema saltväxterna sodaört och saltgräs jämsides med trampört, klubbkorsört, strandbaldersbrå, krusskräppa, oxtunga, saltarv, gåsört, svartkämpar, åkertistel, maskros, blåmålla, spjutmålla, strandmålla, gulmåra, krypven, rödsvingel, kvickrot och smågröe (*Poa pratensis* ssp. *irrigata*).

Bilaga 2.

FÖRTECKNING ÖVER DIABILDER, stränder m m

1985-08-19/20

- CC 1314 Strand med driftvall, mellan Kalkugnspiren och Barlastkajen.
 CC 1315 D:o med åkermolke i förgrunden.
 CC 1316 Strand med driftvall och taggtrådsstängsel. Station 6.
 CC 1317 Samma område men längre söderut. Station 6.
 CC 1318 Småbåtsbryggan på Kalkugnspiren.
 CC 1319 Stenpir vid Barlastkajen. Station 7.
 CC 1320 Vadare på ruttnande alger vid stranden söder om Barlastkajen. Station 5.
 CC 1321 Detalj av driftvall med bandtång. Sannolikt station 4.
 CC 1322 Stranden mellan station 3 och 4. Mot station 3.
 CC 1323 Driftvall med hål efter vadarnäbbar (?). Station 3?
 CC 1324 Festuca-strand med driftvall. Station 5?
 CC 1325 Närsaltspåverkad grönslick-bård, Varvsholmspiren. Station 13.
 CC 1326 Stenlagd strand söder om Varvsholms pensionat. Station 12.
 CC 1327 Stranden norr om Varvsholmspiren, vid station 14.
 CC 1328 Varvsholmspiren. Station 13.
 CC 1329 Småbåtshamnen i dimma.
 CC 1330 Benguela och prickpar 2, sett från rörmyningen.
 CC 1331 Stranden väster om Varvsholms pensionat. Station 14.
 CC 1332 Skära bakterier på gammal drift.
 CC 1333 Kalle Nyberg
 CC 1334 Lars-Olof Andersson

1985-09-30/10-01

- CC 1417 Vägen över ene-alvaret vid skyttestugan. Karlsöarna.
 CC 1418 Strand och driftvall. Benguela i bakgrunden. Station 3.
 CC 1419 Klintehamnsviken mot hamnen, sett från station 3.
 CC 1420 Skära bakterier på vattenytan. Rödsvingel och gåsört. Station 3.
 CC 1421 Rödsvingelmatta som "kammats" av driftmaterial. Station 3.
 CC 1422 Rödsvingelstrand och driftvall. Strandaster. Station 3.
 CC 1423 Botten med döda alger och Beggiatoa-skikt. Station 3.
 CC 1424 Högvuxen grässtrand. Benguela i bakgrunden. Station 2.
 CC 1425 "Kammad" rödsvingelstrand och driftvall. Station 2.
 CC 1426 Grusstrand med algdrift i närheten av avloppsledningen. Station 1.
 CC 1427 Strand med driftvall. Station 1.
 CC 1428 Sandstrand vid Barlastkajen. Station 8.
 CC 1429 Högvuxen gräsvegetation på sand. Station 8.
 CC 1430 Rugge av havssäv på sand. Station 8.
 CC 1431 Block vid badhuset på Barlastkajen. Station 7.
 CC 1432 Tjock driftvall i viken öster om Barlastkajen. Station 6.
 CC 1433 Driftvall på högt gräs, viken öster om Barlastkajen.
 CC 1434 Alger vid färjepiren överdragna med detritus. Station 10.
 CC 1435 D:o
 CC 1436 Varvsholm och gångbron till Varvsholm.
 CC 1437 Havssäv öster om Varvsholms pensionat. Station 11.

- CC 1438 Havssäv öster om Varvsholms pensionat. Station 11.
 CC 1439 D:o, nedtryckt av drift. Pensionatet i bakgrunden.
 CC 1440 Havssäv och svartkavle. Pensionatet i bakgrunden. Station 11.
 CC 1441 D:o. 1440/1441 Stereopar.
 CC 1442 Stranden nedanför pensionatet. Station 12.
 CC 1443 Stranden väster om pensionatet. Mot station 14.
 CC 1444 Tjock driftvall och bladvass. Station 14.
 CC 1445 Betande kor, Räveln.
 CC 1446 Räveln mot hamnen. Station 16.
 CC 1447 Driftvall och driftvallsvegetation på Räveln. I bakgrunden Lilla Karlsö och Benguela. Station 16.
 CC 1448 Röd- och grönalger under nedbrytning. Station 16.
 CC 1449 Drift på stenstrand. Räveln. Station 16.
 CC 1450 Drift, rödsvingel och grusstrand, Räveln. Station 17.
 CC 1451 Drift på grusstrand, Räveln. Station 17.
 CC 1452 Drift och driftvegetation, Räveln. Station 15.
 CC 1453 Strand och båtar. Färjepiren.
 CC 1454 Färjepiren. Station 10.
 CC 1455 Flisupplag, hamnen.
 CC 1456 Från färjepiren mot rörmyningen och prickpar 1.
 CC 1457 Från färjepiren mot Räveln (station 16).
 CC 1458 Från färjepiren mot badhuset på Varvsholmspiren (station 13).
 CC 1459 Parkeringen på färjepiren, mot samhället.
 CC 1460 Varvsholms pensionat från färjepiren (station 12).
 CC 1461 Trutar på Varvsholmspiren (station 13).
 CC 1462 Vassruggar och höga gräs vid Varvsholmsvikens östra del (vid Texaco-macken).
 CC 1463 Vass, blåsäv och höga gräs vid Varvsholmsvikens östra del.
 CC 1464 Havssäv, blåsäv och vass vid Varvsholmsvikens östra del.
 CC 1465 Kraftig bladvass i Varvsholmsvikens nordligaste del. I bakgrunden siloanläggningen.
 CC 1466 Gångbron till Varvsholm från småbåtshamnen.
 CC 1467 Blockskonig och upplagt virke. Station 9.
 CC 1468 Gördelalg-vegetation (Ulothrix) på blocken innanför rörmyningen. Station 9.
 CC 1469 Blockskonig med vegetation av gördelalg och fransalg (Urospora). Station 9.
 CC 1470 D:o. I bakgrunden skymtar Räveln.
 CC 1471 Blockskonig med vegetation av gördelalg och fransalg. Station 9.
 CC 1472 D:o
 CC 1473 D:o
 CC 1474 Blockskonig med vegetation av gördelalg, fransalg och rörhinna. Station 9.
 CC 1475 Blockskonig på timmerpiren, mot hamnen.
 CC 1476 Färjpiren och Varvsholm från timmerpiren.
 CC 1477 Timmerupplagg, timmerpiren.
 CC 1478 Kalkugnspiren från timmerpiren.
 CC 1479 Barlastkajen från timmerpiren.

1986-03-21/22

- CC 1584 Uppkok från rörmyningen.
 CC 1585 Rörmyningen genom vattenkikare.
 CC 1586 D:o.
 CC 1587 D:o.

- CC 1588 Rörmynnningen genom vattenkikare.
 CC 1589 D:o
 CC 1590 På väg mot prickpar 5.
 CC 1597 Strandskoning med is och fransalg-påväxt. Station 9.
 CC 1598 D:o
 CC 1599 Färjepiren mot flisupplaget. Mängder med vigg i hamnbassängen. Station 10.
 CC 1600 Färjepiren. I bakgrunden timmerpiren. Station 10.
 CC 1601 Timmerpiren från färjepiren. Vigg i hamnbassängen.
 CC 1604 Isbelagda vikar kring Varvsholmspiren. Från färjepiren.
 CC 1605 Stranden vid Varvsholmspiren. Station 13.
 CC 1606 D:o
 CC 1607 D:o
 CC 1608 *Electra crustulenta* och skalfragment på sten. Varvsholm. Station 13.
 CC 1609 *Prasiola* (*Prasiola* sp.) på Varvsholmspiren. Station 13.
 CC 1610 Isbelagd strand väster om pensionatet. Station 14.

1986-09-18/19

- CC 1674 Sandstranden vid Barlastkajen. Station 8.
 CC 1675 Stranden sydost om barlastkajen. Station 6.
 CC 1676 Strandmålla (*Atriplex littoralis*).
 CC 1677 Vass och säv öster om Barlastkajen. Station 8.
 CC 1678 Spjutmålla (*Atriplex latifolia*).
 CC 1679 Gammal drift i viken öster om Barlastkajen.
 CC 1680 Drift och svingelvegetation. Station 5.
 CC 1681 Blockskoning vid Barlastkajen. Station 7.
 CC 1682 Gammal drift i viken öster om Barlastkajen.
 CC 1683 Rödalgdrift på rödsvingel. Station 2.
 CC 1684 Vegetationsrik strand öster om Barlastkajen. Station 8.
 CC 1685 Rödalgdrift och gultåtel. Station 2.
 CC 1686 D:o
 CC 1687 Rödalg, gräs och skum. Station 5.
 CC 1688 Strand med drift. Station 5.
 CC 1689 Rödalg- och blåstångsdrift på rödsvingel. Station 5.
 CC 1690 Blockskoning med fransalg-påväxt. Station 9.
 CC 1691 D:o
 CC 1692 Vattnet kring rörmynnningen. I bakgrunden prickpar 2 och Räveln.
 CC 1693 Blockskoning med fransalg-påväxt. Station 9.
 CC 1694 Tuvtåtelvegetation öster om Varvsholms pensionat. Station 11.
 CC 1695 Säv- och gräsvegetation öster om Varvsholms pensionat. Station 11.
 CC 1696 Drift i havssäv-bälte öster om Varvsholms pensionat. Station 11.
 CC 1697 Blockskoning med fransalg-påväxt. Station 9.
 CC 1698 Driftvall vid skyttestugan. Station 1.
 CC 1699 Drift och högvuxen strandvegetation vid Varvsholms pensionat. Station 12.
 CC 1700 D:o
 CC 1701 Stranden väster om Varvsholms pensionat. Station 14.
 CC 1702 Bandstångs(?) -drift på gräs.
 CC 1703 Drift och högvuxen strandvegetation vid Varvsholms pensionat. OBS! Stereopar med CC 1700! Station 12.
 CC 1704 Stranden väster om Varvsholms pensionat. Station 14.
 CC 1705 Kraftig driftvall av rödalger på Räveln. Station 15.
 CC 1706 Kraftig driftvall av rödalger på Räveln. Station 15.
 CC 1707 Varvsholmspiren.

- CC 1708 Driftvall och driftvallsvegetation. Räveln. Station 15.
 CC 1709 Driftvall, Räveln. Station 16.
 CC 1710 Driftvall och skräp, Räveln. Station 16.
 CC 1711 Glasört, Räveln.
 CC 1712 Driftvall och skräp, Räveln. Station 16.
 CC 1713 Fraktbåt i hamnen.
 CC 1714 Liten vik på Räveln. Station 17.
 CC 1715 Strandmalört, Räveln.
 CC 1716 Driftvall och skräp, Räveln. Station 17.
 CC 1717 Grusstrand, drift och krusskräppa, Räveln. Station 17.
 CC 1718 D:o
 CC 1719 Sänka med vatten och glasört (?) på Räveln.
 CC 1720 Klintehamnsviken.
 CC 1721 Färjepiren. Station 10.
 CC 1722 Timmerupplaget.
 CC 1723 Timmerupplag, silo och småbåtar.

1987-04-15/16

- CC 1791 Blockskoning med påväxt av fransalg och gördelalg (?).
 Station 9.
 CC 1792 D:o
 CC 1793 D:o
 CC 1794 Rörmyningen mot prickpar 2. Station 9.
 CC 1795 Slang vid timmerupplaget.
 CC 1796 D:o
 CC 1797 Stranden mellan Barlastkajen och Kalkugnspiren söderut.
 (Station 6).
 CC 1798 D:o längre söderut
 CC 1799 D:o
 CC 1800 Ene-alvar och tofsvipa innanför Kalkugnspiren.
 CC 1801 D:o
 CC 1802 Trådformiga grönalger vid reningsverkets mynningsrör,
 men uppe på stranden. Söder om station 1.
 CC 1803 Samma område från håll.
 CC 1804 Rensbrunn för avloppsledningen. I bakgrund skytte-
 stugan.
 CC 1805 Varvsholmspiren med pensionatet i bakgrunden.
 Station 13.
 CC 1806 Grön- och brunalger vid Varvsholmspiren. Station 13.
 CC 1807 Isskrapad strand vid Varvsholm. Station 11.
 CC 1808 D:o
 CC 1809 Isskrapad strand vid Varvsholm. Station 13.
 CC 1810 Stranden vid Räveln mot silona i hamnen. Station 15-16.
 CC 1811 (Brun)algsdrift vid Räveln. Station 16.
 CC 1812 Gräsmark och sänka på Räveln.
 CC 1813 Stenstrand på Räveln. Station 17.

1987-06-29/30

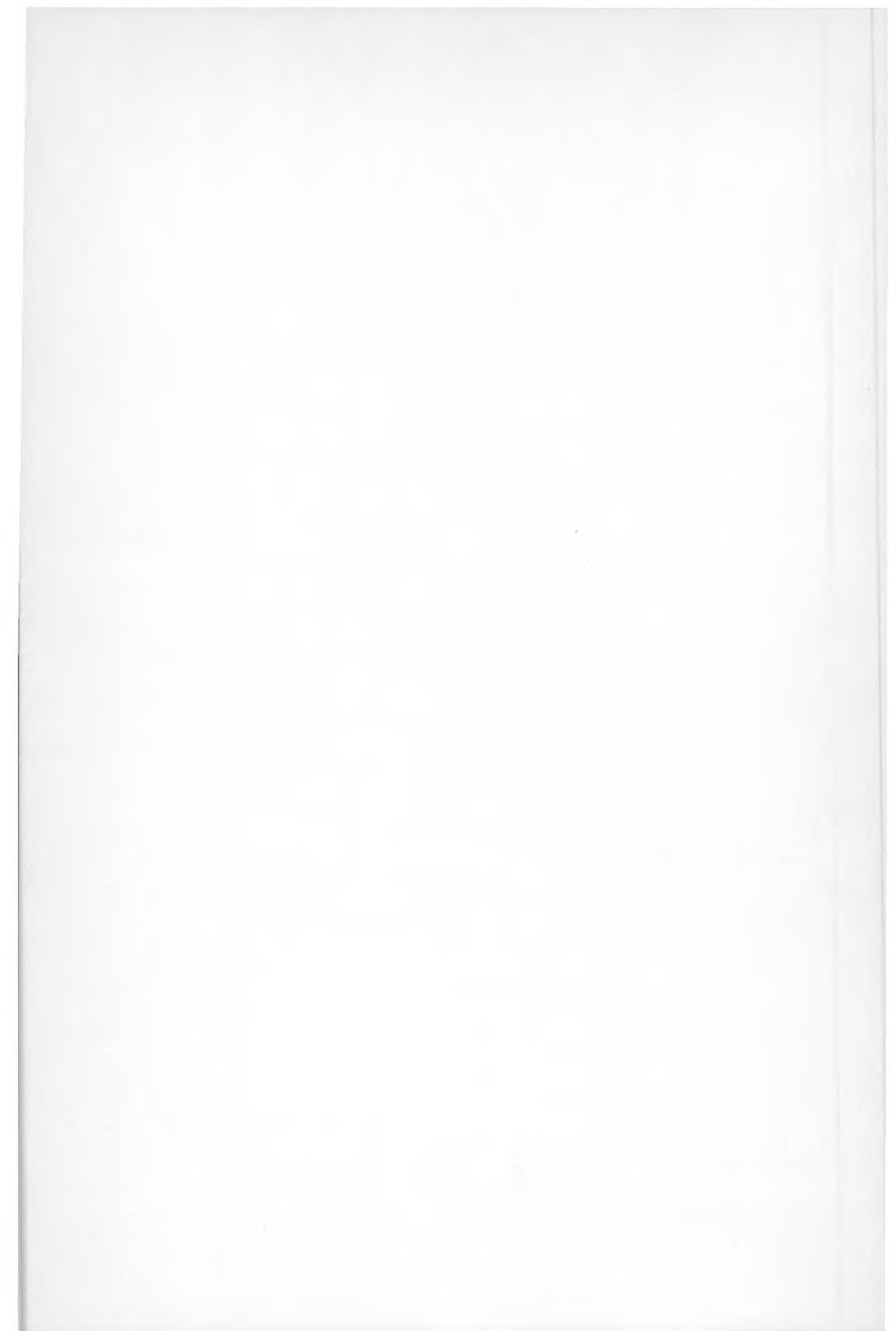
- CC 1850 Gräsälvar mot Kalkugnspiren. Starkt underexponerad.
 CC 1851 Puktörne.
 CC 1852 Sandstrand och vass innanför Barlastkajen. Station 8.
 CC 1853 Blockskoning med grönalgpåväxt, Barlastkejen.
 Station 7
 CC 1854 Tjock driftvall samt svartkavle i viken söder om Bar-
 lastkajen. Station 6.
 CC 1855 Rosa bakterier på drift. Station 6.
 CC 1856 Drift som "öar" utanför stranden. Station 6.
 CC 1857 Tjock driftvall, strandmålla, m m. Station 6.

- CC 1858 Strandskoning med algpåväxt. Station 9.
 CC 1859 D:o
 CC 1860 Vass och annan strandvegetation på Varvsholm.
 Station 14.
 CC 1861 Grönalgsvegetation på Varvsholmspiren. Station 13
 CC 1862 Blocks-koning, Varvsholm innanför piren. Station 13.
 CC 1863 Puktörne.
 CC 1864 Bälte av havssäv på Varvsholm. Station 11.
 CC 1865 Havssäv och salttåg på Varvsholm. Station 11.
 CC 1866 Strandbaldersbrå och strandmålla i driftvallen.
 Station 5.
 CC 1867 Strandvegetation och betande kor. Station 4.
 CC 1868 Drift av bandtång, musselskal och grönalger. Station 4.
 CC 1869 Betande kor med silon i bakgrundet. Station 4.
 CC 1870 Strand med gammal driftvall. Station 3.
 CC 1871 D:o
 CC 1872 Grus och stenstrand med grönalgsdrift. Station 15.
 CC 1873 Grusstrand med rödalgsdrift och krusskräppa.
 Station 17.
 CC 1874 Rödsvingelzon med (rödalgs)drift. Station 2.
 CC 1875 D:o
 CC 1876 Gåsört och krusskräppa. Station 16.
 CC 1877 Strand med algdrift. Station 17.
 CC 1878 Glasört.
 CC 1879 Glasört, rödsvingel och saltmålla (Halimione) på
 Råveln.

1987-08-24/25

- CC 1888 Sand från botten vid rörmyningen.
 CC 1889 D:o
 CC 1890 D:o
 CC 1891 D:o med järnutfällning.
 CC 1892 D:o med flockig järnutfällning.
 CC 1893 D:o med järnutfällning på småstenar.
 CC 1894 D:o

Bilderna har arkiverats hos ^{AB}CONEC, Täby.



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850870-9 från Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för kulturteknik (numera mark- och vattenresurser), KTH, Stockholm.

R104: 1989

ISBN 91-540-5122-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6709104

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 40 kr exkl moms