

STRÖMNINGSTEKNISK UTREDNING
AVSEENDE UTBYGGNAD AV
GIPSDEPONERING I LANDSKRONA

STRÖMNINGSTEKNISK UTREDNING
AVSEENDE UTBYGGNAD AV
GIPSDEPONERING I LANDSKRONA

Cecilia Ambjörn

1:e Statsoceanograf

Norrköping augusti 1990

Innehållsförteckning

1. Sammanfattning
2. Inledning
3. Djupförhållanden i Lundåkrabukten
4. Strömmätningar
5. Strömförhållanden
6. Modellsimuleringar
7. Referenser

1 SAMMANFATTNING

HYDRO SUPRA AB planerar att utvidga sin gipsdeponering utanför Landskrona söderut. SMHI har därför fått i uppdrag att beräkna eventuella förändringar av vattenutbyte och strömmar i norra Lundåkrabukten. Strömförhållandena idag och efter en utbyggnad simuleras med en numerisk tredimensionell hydrodynamisk modell. Beräkningarna stöder sig på strömmätningar i två punkter i det studerade området samt strömförhållandena i centrala Öresund.

Strömmen mättes under maj månad 1990. Resultaten visar att cirkulationen i Lundåkrabukten drivs av strömningen i centrala Öresund, speciellt gäller det för den långperiodiska strömningen. Tidvattnet har en viss betydelse i bukten och bidrar till relativt täta strömväxlingar. På det grunda området, mindre än 1 meter, har den lokala vinden stor betydelse för strömmarna. Innanför vågbrottszonen bildas intermittent en restström av de brytande ytvågorna.

Modellen är applicerad på hela Lundåkrabukten och strömberäkningarna är utförda för nuvarande förhållanden och med den planerade utbyggnaden av gipsdeponeringen inlagd. Fyra olika vanliga ström- och vindsituationer har simulerats.

Vattenutbyte

Vid nordgående ström och nordlig eller sydlig vind påverkas vattenutbytet i nordligaste delen relativt litet, det minskar med storleksordningen någon procent.

Vid nordgående ström och ostlig vind är förändringen av vattenutbytet något större. Strax öster om utbyggnaden sker en minskning på 50 procent över en bredd av cirka 600 meter. Öster härom sker ingen förändring. När utbytet betraktas i en linje från Gipsön och in mot land rakt österut, kan minskningen uppskattas till maximalt 10 procent. Denna strömsituation förekommer under 10 - 20 procent av tiden, vilket innebär att sett över en längre tidsperiod är förändringen 1 - 2 procent.

Vid sydgående ström och västlig vind är minskningen i det nordligaste delen av området cirka 10 - 15 procent. Totalt sett är volymerna här små. Vid svaga västvindar blir förändringen mindre. Förändringen är lokal strax öster och sydost om utfyllnaden. Västlig vind förekommer till cirka 40 procent under 1 år. Det ger totalt sett över en längre tidsperiod en minskning i nordligaste delen på 4-6 procent.

Strömförhållanden

Strömmen har studerats i närområdet före och efter utbyggnad. En förstoring av området gör att en visuell bedömning kan göras. För alla de fyra olika strömningssimuleringarna gäller att förändringen av strömmarna är obetydlig.

2 INLEDNING

Hydro Supra AB planerar att utvidga gipsdeponeringen utanför Landskrona. SMHI har därför fått i uppdrag att utreda eventuella konsekvenser av en utbyggd deponering för vattenutbytet i grundområdet i nordligaste delen av Lundåkrabukten, samt strömmarna i norra delen av bukten. Strömmen är av intresse för fisket och det är främst områdena runt 3 meters djup som studeras. SMHI:s arbete baseras på en tredimensionell cirkulationsmodell där fyra olika typiska ström- och vindtillfällen studeras. Strömmätningar har utförts under 1 månad.

3 DJUPFÖRHÅLLANDEN I LUNDÅKRABUKTEN

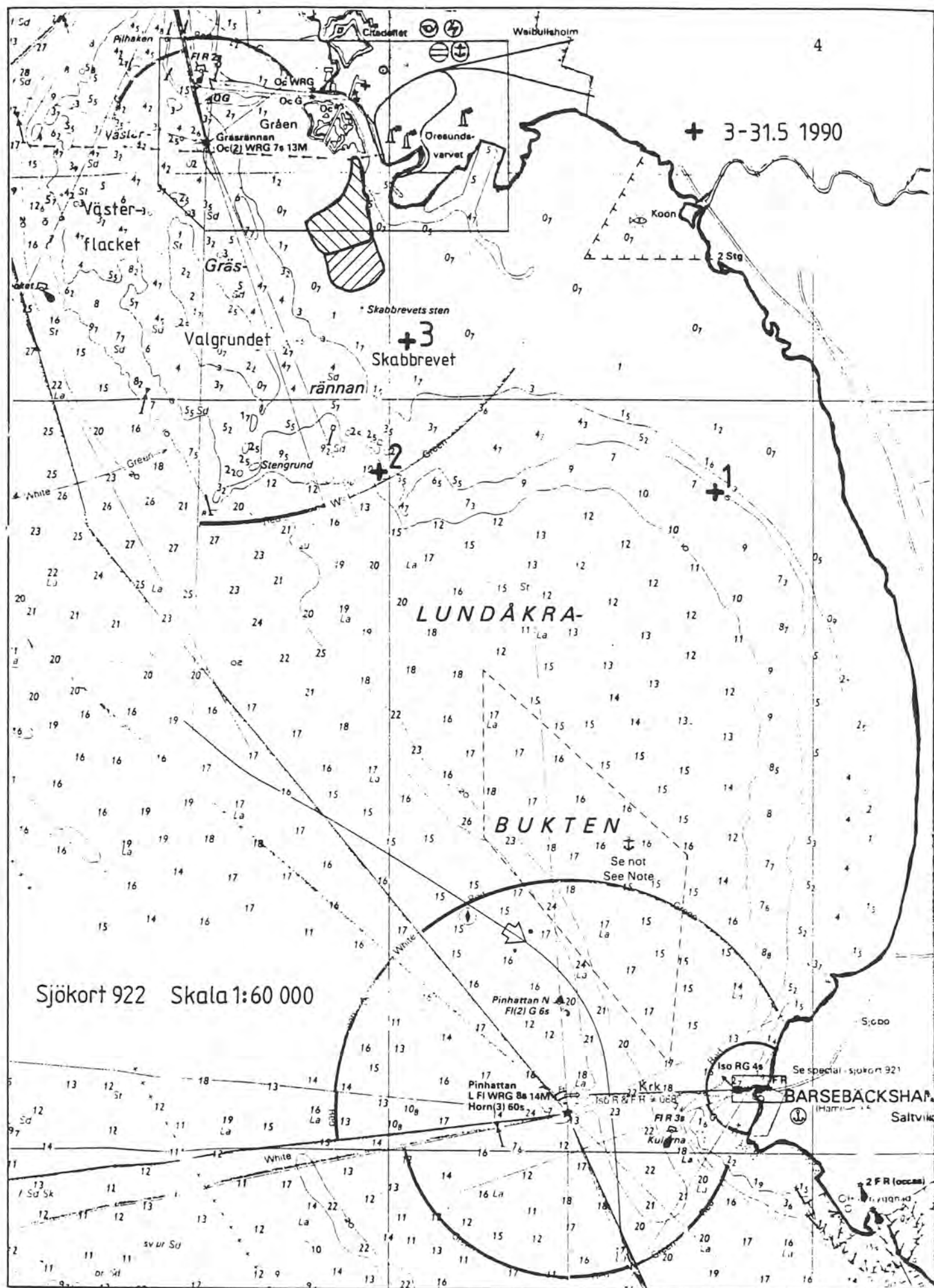
Lundåkrabuktens topografiska utseende kan beskrivas genom att dela in bukten i tre områden. Det första området omfattar de mycket grunda norra och östra delarna av bukten där vattendjupet sällan överstiger 1 meter. Detta grunda område täcker en relativt stor del av Lundåkrabuktens totala yta. I den centrala och södra delen av bukten dominerar ett område med vattendjup mellan 15 och 20 m. Mellan det grunda och det djupa området, löper en smal övergångszon, där botten stupar brant. Denna övergångszon är smal i den södra och centrala delen av bukten, men vidgar sig i buktens nordvästra del.

På Västerflacket ligger ett mindre område med ringa djup, Valgrundet. Mellan Valgrundet och Skabbrevet löper en ränna, Gräsrännan, i nordvästlig riktning. Vattendjupet här är 4 - 6 meter. Väster om Landskrona går farleden till hamnen, vars fortsättning söderut utgörs av hamnrännan och Saxåns tidigare åfåra.

4 STRÖMMÄTNINGAR

För att driva och kalibrera den numeriska strömmodellen krävs data i form av strömvärden; riktning och hastighet. För detta syfte har strömmätningar med registrerande mätare genomförts under maj månad 1990 i tre vertikaler i norra Lundåkrabukten, se figur 1. Strömmen har mätts på 2 meters djup i vertikal 1, och på 3 meters djup i vertikal 2. Mätaren i vertikal 3 har ännu inte kunnat tömmas på sina data. Från den 18 maj visar strömmätarna för låga hastigheter ty grönslick hade fastnat i rotorerna. Strömriktningarna är korrekta under hela perioden.

Mätningar under endast 1 månad ger information om strömningsmönster och strömhastigheter, men någon generell uppfattning om frekvenser, varaktighet och variationsbredd erhålls inte.



Figur 1. Karta med mätpunkter och planerad utbyggnad

5 STRÖMFÖRHÅLLANDEN

I det centrala Öresund karakteriseras förhållandena av höga strömhastigheter och stort vattenutbyte. Vattenutbytet i bukterna och vikarna är väsentligt mindre.

Strömförhållanden i Öresund

Förutom sötvännenöverskottet från Östersjön styrs strömförhållandena i Öresund av vind- och lufttrycksförhållandena i havsområdet Skagerrak-Östersjön. Andra faktorer som spelar in är Öresunds morfometri, den lokala vindens inverkan, tidvattnet och jordrotationen, vilken pressar vatten mot höger i förhållanden till rörelseriktningen. Strömhastigheterna i ytlagret vid Oskarsgrundet är mestadels 20 - 80 cm/s vid nordgående ström och 20 - 60 cm/s vid sydgående. Tidvattnet är också av betydelse och hastigheterna utanför Malmö är oftast mindre än 10 cm/s. Även då vattnet från ytan till botten strömmar åt samma håll finns ofta en tydlig hastighetsskillnad mellan ytvattnet och djupvattnet. Skiktgränsen mellan lagren ligger normalt mellan 10 och 15 meter.

Strömmen i Öresund har, av topografiska skäl, endast två riktningar, antingen sydgående in i Östersjön eller nordgående in i Kattegatt. Dietrich G, 1951, har bearbetat strömmätningar vid bl a Lappegrund, Svinbådan, Drogden och Oskarsgrundet, och visat på kopplingar till vinden över havsområdet Kattegatt - södra Östersjön.

Sydgående ytström förekommer vid västlig vind; från vindriktningar i intervallet 200 - 330°. Vid dessa vindriktningar sänks vattenståndet i södra Östersjön och stiger i Kattegatt varvid ett tryckfall i Öresunds vattenyta mot söder erhålls. Denna vindriktning innebär även lägre lufttryck över Sverige-Östersjön och högre över Danmark-Nordsjön, vilket gör att Östersjöns vattenyta ges utrymme att stiga.

Vid nordlig vind 4 - 5 m/s är ytströmmen nordgående, ty vattenståndet i södra Östersjön höjs, och det utbildas ett tryckfall i Öresund mot norr som är tillräckligt starkt för att övervinna den nordliga vindens uppstuvningseffekter i Kattegatt. Även vid nordlig vind 11 - 13 m/s erhålls nordgående ytström i Öresund samt i östra delen av Kattegatt, medan ytströmmen blir sydgående i sydvästra Kattegatt och Bälten. Det beror på att vatten stuvas upp i sydvästra hörnet som en följd av vinden och corioliseffekt.

Ostlig vind ger nordgående ytström enligt motsvarande resonemang som fördes för västlig vind.

Sydlig vind medför nordgående ytströmmar.

Medelvaraktigheten för nordgående ström har beräknats till cirka 3.4 dygn och för sydgående ström till cirka 1.9 dygn (ref 1). Mycket täta riktningsändringar med strömändringar oftare än var tredje timme förekommer i genomsnitt under 10 - 20 procent av tiden.

Strömförhållanden i Lundåkrabukten

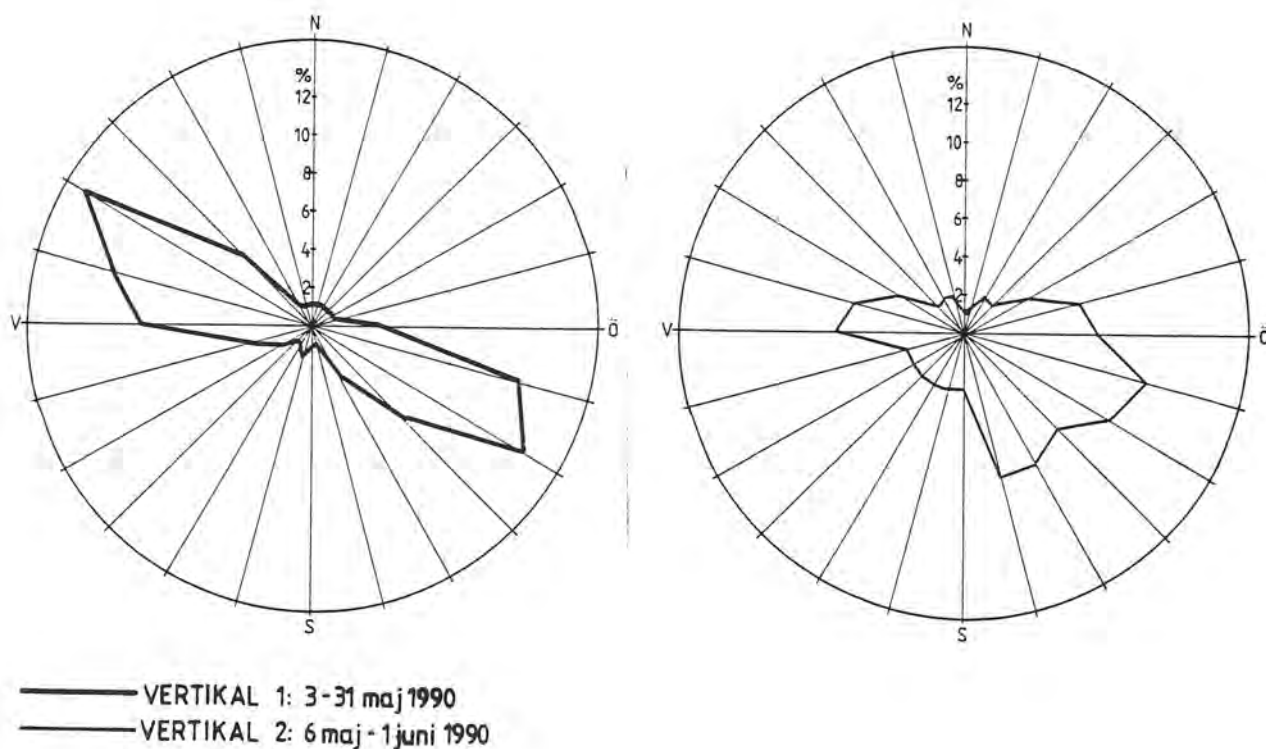
Strömförhållandena i Lundåkrabukten styrs i betydande utsträckning av huvudströmningen i Öresund, av de topografiska förhållandena i bukten samt även i viss utsträckning av den lokala vinden. I grundområdet drivs strömmen av vindens friktionseffekt, vattentransporten som erhålls när vågorna bryter och av vattenytans lutning.

Vind- och strömförhållanden under maj 1990

Lugna väderförhållanden rådde under maj månad. Endast några enstaka tillfällen med starka väst-nordvästvindar förekom.

Den storskaliga strömmen genom Öresund beskrivs väl av mätningarna vid Oskarsgrundet, som är beläget i Flintrännan sydväst om Malmö. Under maj erhöles cirka 60 procent nordgående och 40 procent sydgående ström, vilket även motsvarar den fördelning som erhålls över längre tidsperioder. Hastigheten var upp till 75 cm/s. Tidvattensvängningar utgör ett markant inslag i strömmen genom att de är överlagrade den relativt stabila strömmen. Tidvattnets amplitud är 9 - 11 cm/s i Oskarsgrundet enligt en analys som utförts över 2 månader, ref (2). Det är heldagligt soltidvatten, O1, med perioden 25.8 timmar och halvdagligt måntidvatten, M2, med perioden 12.4 timmar som är de mest betydelsefulla komponenterna. I Barsebäck i södra Lundåkrabukten erhöles t ex tidvattenamplituden 3 - 4 cm/s.

Strömmen i vertikal 1 och 2 var främst riktad mot ostsydost och västnordväst och den följer djupkonturen väl, se figur 2. Strömhastigheterna var oftast under 10 cm/s.



Figur 2. Strömriktningar under maj 1990 i vertikal 1 och 2.

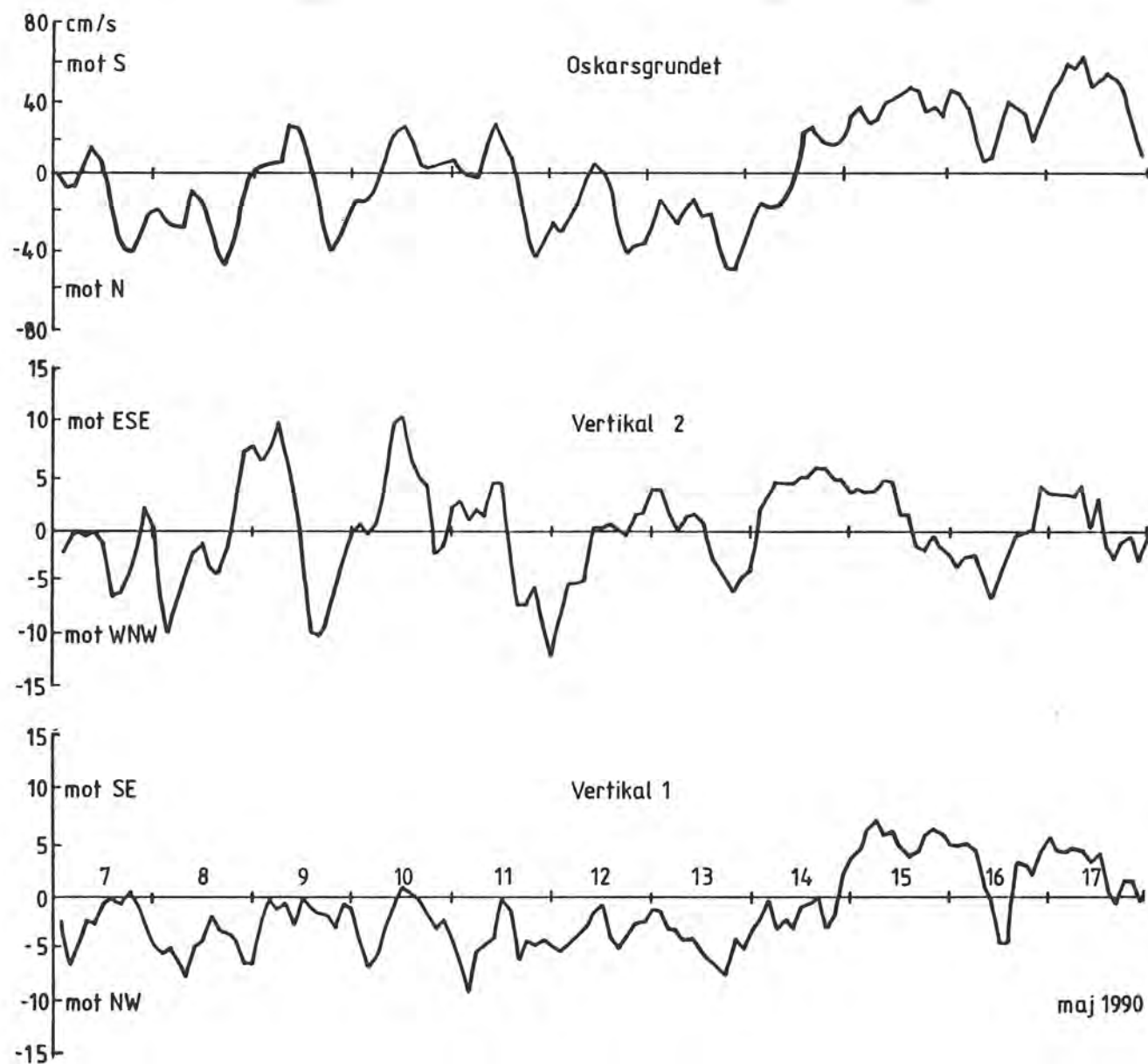
Både vertikal 1 och 2 representerar förhållandena som råder under en begränsad tid. Några långtgående slutsatser kan därför inte dras om cirkulationsmönster i Lundåkrabukten.

I figur 3 är strömmen projicerad på sin huvudriktning som i stort sett följer den lokala topografins djuplinjer. Kurvorna från de olika mätpunkterna ger en tydlig bild av hur strömmarna styrs och samverkar. Strömmen i Oskarsgrundet och i vertikal 2 uppvisar till stora delar ett likartat förlopp.

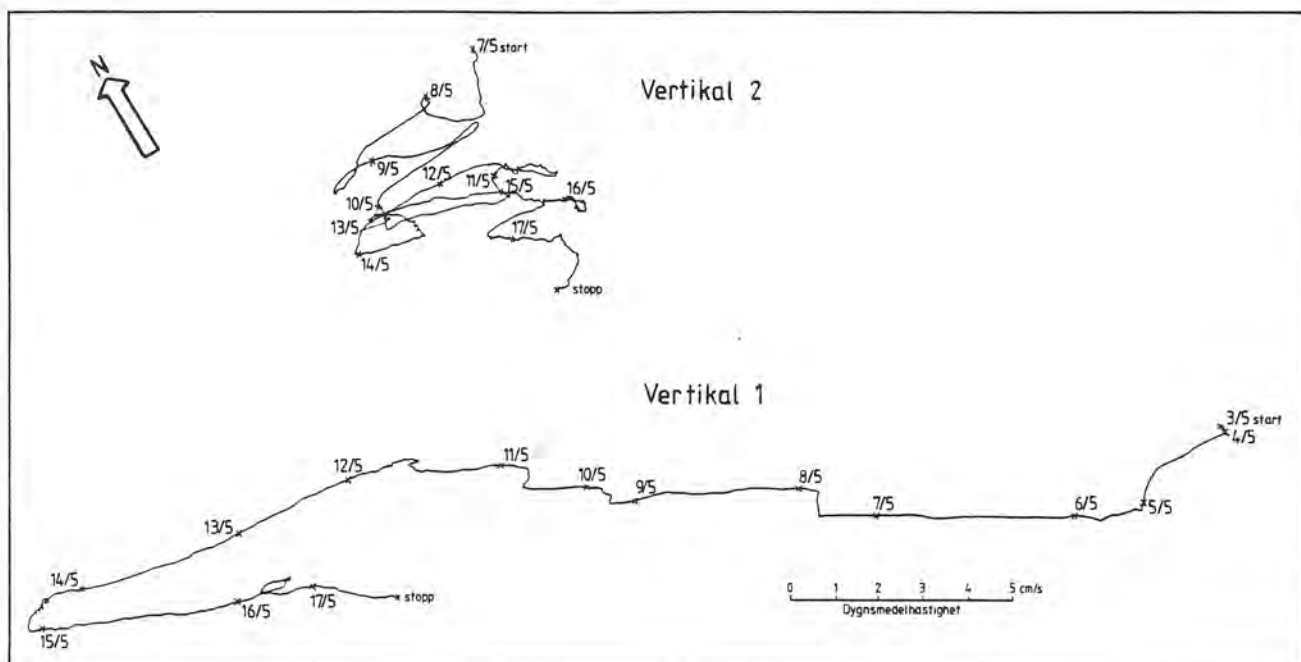
Ofta byter strömmen i vertikal 2 riktning några timmar tidigare än i södra Öresund. På en kortare tidsskala, mindre än 1 dygn, samverkar dessa på grund av överlagrat tidvatten. Vertikal 2 byter huvudriktning varje dygn, vilket gör att nettotransporten här är liten. I Oskarsgrundet däremot kan samma huvudriktning bibehållas under flera dygn. I vertikal 1 är strömmen stabil och den samverkar med strömmen i Oskarsgrundet över en tidsskala som är längre än 1 dygn.

Den 14 - 17 maj rådde stabil sydgående ström i Oskarsgrundet. Den 15 maj vred strömmen i vertikal 2 och blev nordgående. Stark västlig vind stuvade upp vatten mot kusten och när vinden mojade gav detta upphov till en ström mot västnordväst i vertikal 2. Strömmen i vertikal 1 var sydgående. Ett komplicerat strömningsmönster rådde. Vindeffekten i vertikal 1 var betydligt svagare än i vertikal 2 men kan iakttagas även här ty mitt på dagen den 16 maj vände strömmen inne i bukten mot norr, och i Oskarsgrundet minskade hastigheten kraftigt hos den sydgående strömmen. Exemplet visar på att cirkulationen i bukten påverkas av vinden förutom av den storskaliga strömningen i Öresund.

Trajektorierna i figur 4 visar karaktären hos strömmarna. En trajektoria skapas genom att varje registrering ritas med sin riktning och hastighet och vid vektorns spets ritas nästa registrerings strömvektor. Detta ger tidsutvecklingen av strömmen i mätpunkten. Figuren visar att strömmen i vertikal 2 varierade mycket och saknar i stort sett den vattentransport som karakteriserar strömningen i vertikal 1 och på Oskarsgrundet. Strömmen i vertikal 1 var stabil och med små variationer. Samma riktning rådde under flera dagar.



Figur 3. Strömkomponenter i Oskarsgrundet och vertikal 1 och 2
7 - 17 maj 1990



Figur 4. Strömtrajektorier

Figur 3 och 4 ger tillsammans följande information. Strömmen i centrala Öresund och i vertikal 1 visar samma långperiodiska strömning, med perioder längre än 1 dygn. Det framgår av att strömmen gick norrut den 7 - 14 maj i båda punkterna och söderut den 14 - 17 maj. Däremot i vertikal 2 så är nettotransporten liten. Strömmen här varierar mycket och det syns speciellt tydligt i figur 4. Detta kan bero på placeringen av mätaren, ty den ligger i ett grundområde där strömmen tycks bromsas upp av topografin samtidigt som lokalt skapade virvlar gör att strömmen ständigt ändrar riktning. Vindtransporten i vertikal 1 och 2 är ej så markant, vilket beror på att den är underordnad den storskaliga strömningen, samt att mätdjupen var 2 - 3 meter. Där är vindens inflytande betydligt mindre än närmare ytan.

Vågbrottdriven ström

Innanför den zon där det är så grunt att vågorna bryter bildas en kustparallell ström. Större ytvågor från Öresund bryter när de går in över Lundåkrabuktens grundområden. Innanför brytlinjen sätter vågbrotten upp strömmar, "longshore currents", som är parallella med strandlinjen. Strömmarna är överlagrade de oscillerande vågrörelserna i grundområdet och bidrar till ventileringen av detta. Här följer en beräkning av strömmens storlek i buktens norra del eftersom dessa strömmar är svåra att mäta.

Den vågbrottdrivna strömmen parallellt med en lång rak strand uppskattas med uttrycket (ref 3):

$$v = 20.7 \cdot s \cdot g h_B \cdot \sin 2\beta$$

v = medelvärdet av strömmen mellan brottlinjen och stranden

s = bottenlutningen, här satt till 10^{-3}

h_B = signifikant våghöjd vid brott

β = vinkeln mellan vågkammen och vågbrottlinjen

Området mellan Gipsön och Saxåns mynning betraktas. Strandlinjen approximeras till väst-östlig riktning i exemplet nedan. Vågor från sydväst ger ostgående ström och maximalt värde på våghöjden. Våghöjden i tabellen är uppskattad för en stryklängd för vinden på 17 km. Vågen har antagits bryta när våghöjden $h_B = 0,78 \cdot H$, där H är bottendjupet.

Vindhastighet	Signifikant våghöjd, h_B	Djup vid brott H	Strömmedelhastighet, v
m/s	m	m	cm/s
10	0,5	0,6	4
15	0,9	1,2	6

Vid svaga vindar bryter vågorna nära stranden och effekten är liten. Vid vindhastigheter över 10 m/s bryter vågorna längre ut på 1 - 2 meters djup och ger strömshastigheten 4 - 6 cm/s längs stranden.

Vid sydvästvindar skapas de högsta vågorna eftersom vinden har lång sträcka, stryklängd, att bygga upp vågorna över. I norra Lundåkrabukten ger detta ett tillskott hos strömmen mot öster. Förlängningen av gipsdeponeringen ökar främst strömhastigheten något innanför brottzonen. Vid vindar från mellan syd och ost erhålls mycket låga våghöjder eftersom stryklängden är så begränsad. Därför är den vågbrottsdrivna strömmen vid dessa vindar liten.

6 MODELLSIMULERINGAR

För att kunna studera eventuella förändringar hos strömmarna och vattenutbytet har en numerisk, hydrodynamisk modell applicerats på Lundåkrabukten. En tredimensionell modell tillämpas. Modellen benämns PHOENICS och är utvecklad vid CHAM i England. PHOENICS fungerar som en ekvationslösare för de hydrodynamiska momentum- och kontinuitets-ekvationerna. Beräkningarna har utförts dels med nuvarande förhållanden och dels med etapp 2 inlagd. Vid nordgående ström i Öresund är vinden ofta nordlig, sydlig eller ostlig. Vid sydgående ström är vinden normalt västlig. Dessa fyra tillfällen har därför simulerats och betraktas som representativa för de vanligaste förhållandena i Öresund. Vindens hastighet har satts till 7 m/s och strömhastigheterna bestäms av typisk medelström; 15 - 25 cm/s vid södra begränsningslinjen av modellen. Strömmätningarna driver modellen och de perioder under maj månad där dessa strömmar och vindar rådde jämförs med de strömmar modellen räknar ut. Härigenom kan man anpassa ingångsvärdena i modellen efter den verklighet som rådde.

Den numeriska modellen har satts upp för hela Lundåkrabukten med mycket tätt beräkningsnät i norra delen av bukten. Nätet följer kustlinjen i "body fitted coordinates", vilket optimerar beräkningarna.

För att erhålla korrekta randvärden mot övriga delar av Öresund har den västra sidan av modellen lagts utmed den storskaliga strömningsriktningen. Strömningen styrs till stor del av kustkonturerna på ömse sidor av sundet. Strömmen är noll tvärs en sådan strömlinje.

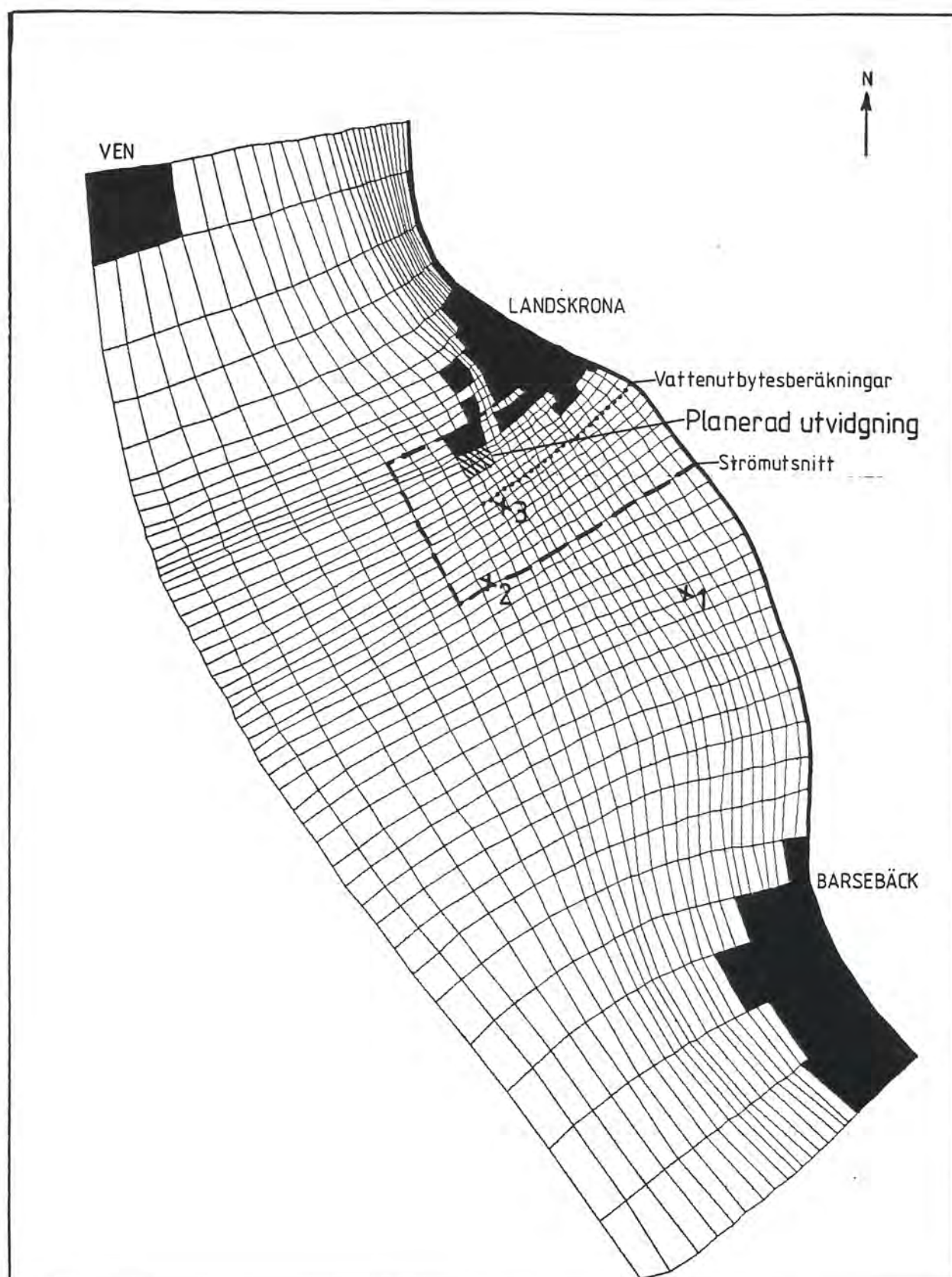
Vid nordgående huvudström ansätts strömvärden i södra begränsningsytan. I norra begränsningsytan ges dels strömvärden med nordgående ström, dels får modellen själv ge värden här. Beräkningarna får sedan hålla på tills ett stabilt resultat uppnåtts. Haloklinen i Öresund utgör falsk botten i de delar av beräkningsområdet där djupet överstiger 12 meter. Vi betraktar endast ytskiktet och är främst intresserade av strömmen på djup som är mindre än 3 meter. Därför är denna förenkling möjlig.

Vattnet betraktas som homogent, d v s samma densitet i hela ytskiktet. Friktionen med botten sätts högre mot den riktiga botten och lägre mot språngskiktet. Modellen beskriver vattenmassan med 8 olika lager, som blir mäktigare på större djup. Skikten följer alltså djupen. Att ett så stort antal lager används beror på att de grunda områdena är styrda av såväl vinden som bottenfriktionen och olika strömriktningar erhålls därför nära ytan och invid botten. Det vertikala vattenutbytet mellan lagren styrs av de i varje beräkningspunkt beräknade utbyteskoefficienterna vilkas storlek bestäms av den vertikala skillnaden mellan de horisontella hastigheterna.

Resultat av strömsimuleringarna

Vattenutbyte

För att erhålla en god kvantifiering av eventuella förändringar av vattenutbytet i norra delen av bukten har strömhastigheterna i en linje vinkelrätt ut från kusten, se markering i figur 5, jämförts "med" och "utan" utbyggnad. Vid ström mot norr och samtidig nordlig eller sydlig vind var förändringen relativt liten. Strömhastigheterna över den markerade linjen blev 1 - 3 cm/s lägre i området strax öster om utbyggnaden på en sträcka om cirka 600 meter. Längre österut skedde ingen förändring. Däremot vid östlig vind 7 m/s och nordgående ström minskade strömhastigheterna tvärs den markerade linjen med cirka 50 procent på sträckan 600 meter, vilket innebär att från att ha varit 5 - 15 cm/s så blev de 3 - 8 cm/s. Sett över hela tvärsnittet innebar det cirka 10 procent. Det blev ingen förändring längre österut. Vindarna i Öresund (Falsterbo) är östliga under 10 - 20 procent av tiden, sett över en lång tidsperiod. Det innebär att vattenutbytet minskas med 1 - 2 procent totalt sett i norra delen av bukten över en lång tidsperiod.



Figur 5. Beräkningsnät

Vid sydgående ström och västlig vind minskar vattenutbytet tvärs den i figur 5 markerade linjen. Det beror på att strömmen vid utbyggnaden är riktad mot öster och sydost. Det flödet hejdas och söder om utbyggnaden erhålls en svag motsolsvridning av strömriktningen. Den går mer mot ost än tidigare. Ventilationen lokalt, öster om utbyggnaden, kan uppskattas minska med över 50 procent. Längre österut är förändringen försumbar. Det innebär att öster och sydost om utbyggnaden sker en minskning av vattenutbytet. Vid svagare västlig vind blir effekten mindre. I procent av totala volymen längst i norr kan det röra sig om 10 - 15 procent vid denna strömsituation, som förekommer under cirka 40 procent under ett år. Det betyder en minskning över en längre tidsperiod på 4 - 6 procent.

Strömförhållanden

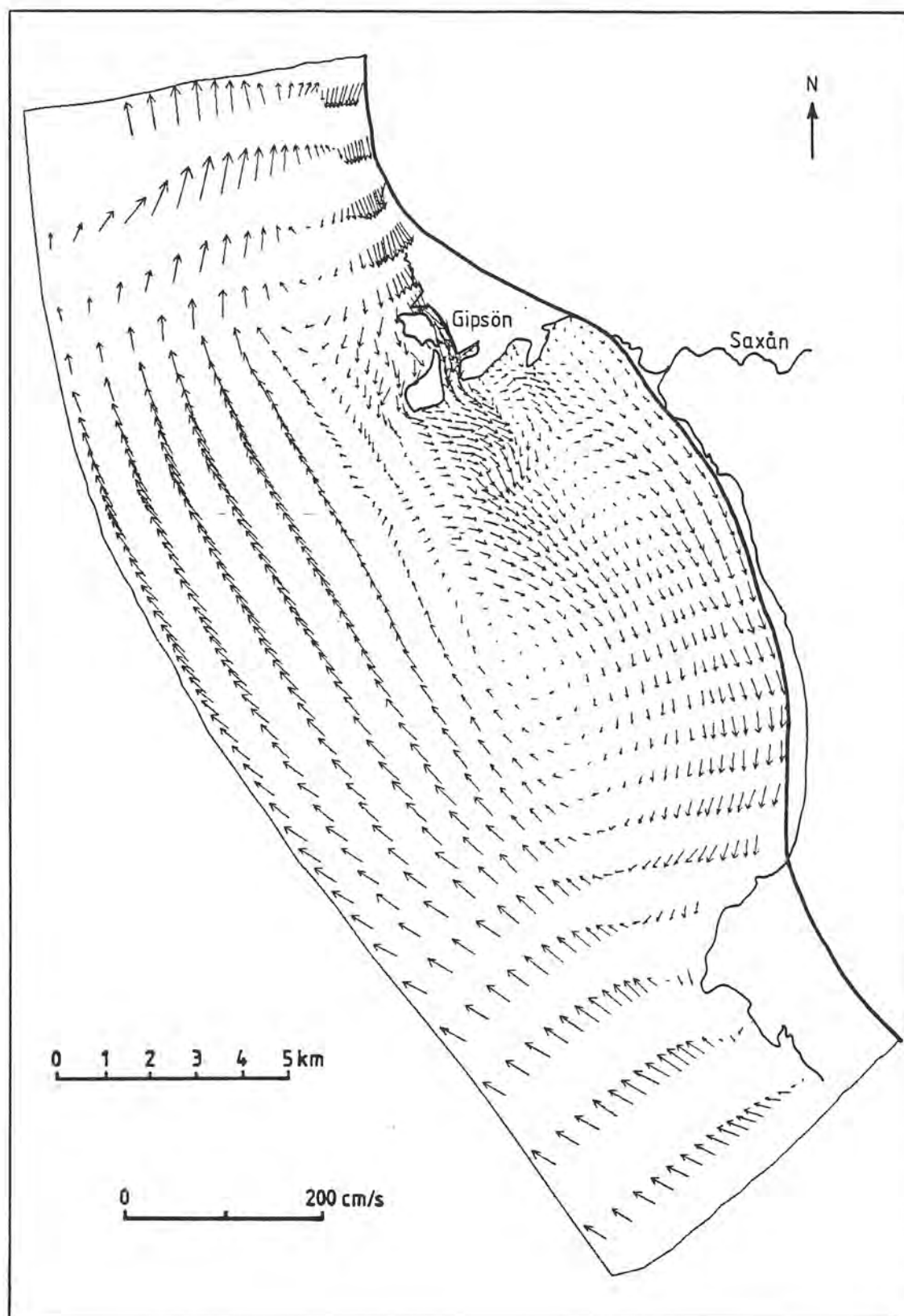
Förhållandena vid, det för fisket mest intressanta området, beskrivs genom att resultatet förstoras och ritas i form av ett utsnitt så att eventuella förändringar hos strömmen framgår.

Vid nordgående ström i Öresund samtidigt med vind från norr, erhålls följande cirkulationsmönster. Invid land var strömmen i Lundåkrabukten sydgående i ytskiktet medan en ostgående transport erhöles nära botten. En virvel låg i södra delen av bukten och en tendens till en virvel finns i norra delen. Figur 6 visar strömmen i ett ytnära skikt. Förstoringen av området i norra delen av bukten visar förändringen efter tillbyggnad, se figur 7. Förändringen blir mycket lokal, vilket främst beror på att de volymer som tas bort är relativt begränsade eftersom det är så grunt. Effekten märks mest hos strömmen mellan gipsdeponin och fastlandet där den starkare sydgående strömmen når längre söderut. Hastigheterna är 10 cm/s och lägre.

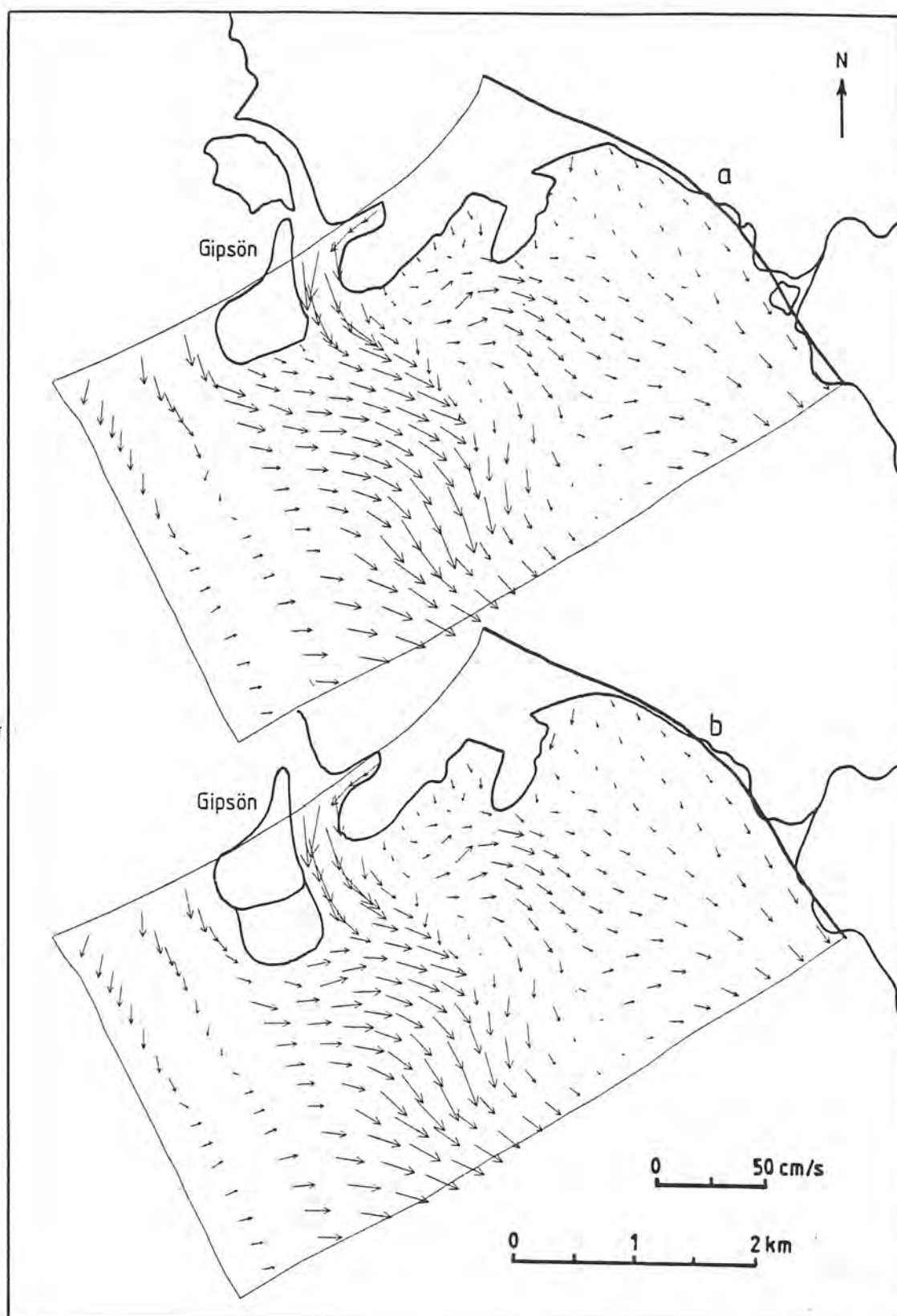
Vid nordgående ström och vind från söder, var strömmen nordgående i hela området. Figur 8 visar strömutsnittet och där framgår att förändringen var liten och begränsad till området nära utbyggnaden.

Vid nordgående ström och östlig vind erhöles nordgående ström i hela bukten, samt en virvel i södra delen. Utsnittet, i figur 9, visar att strömningsmönstret förändras obetydligt.

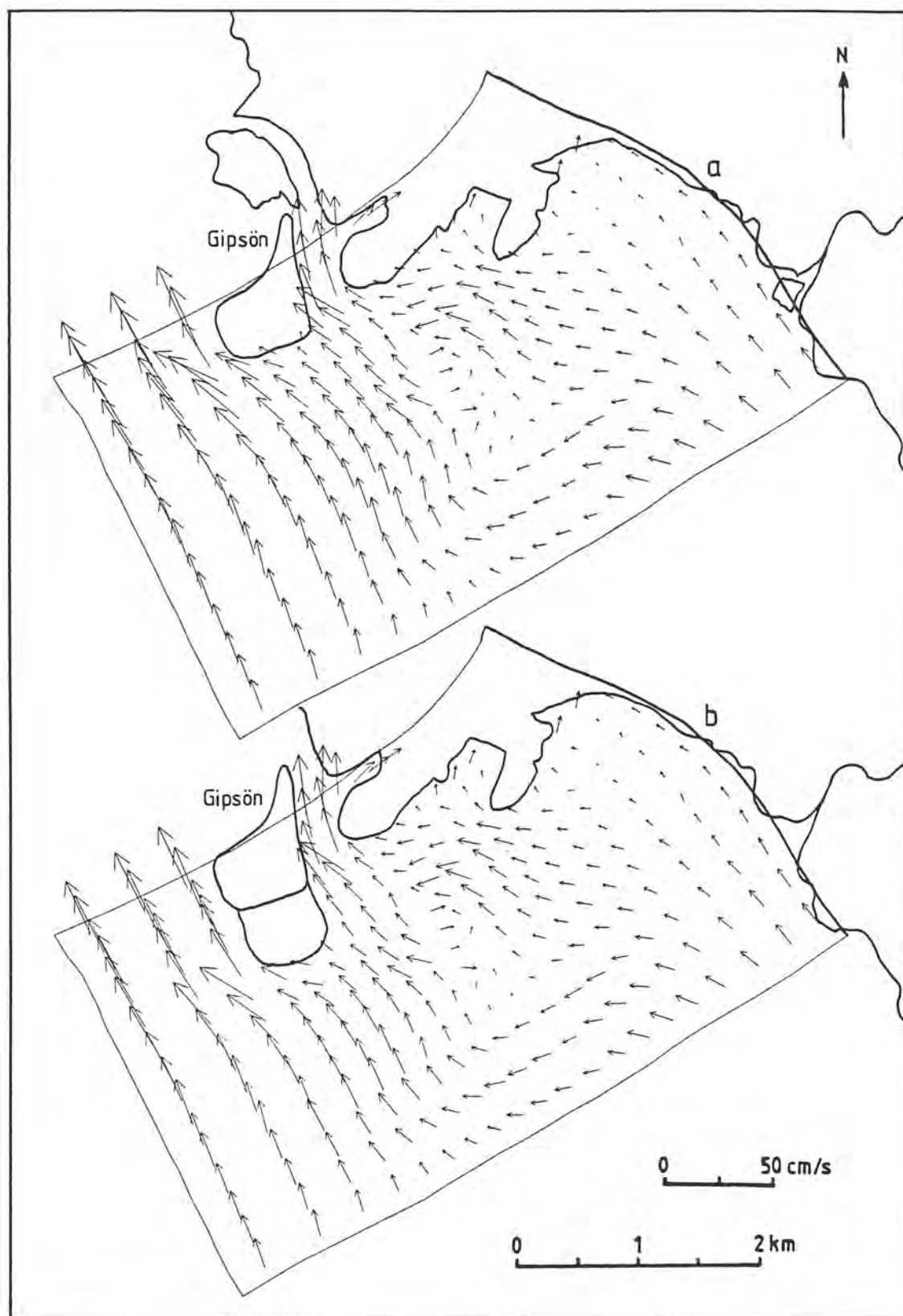
Vid sydgående ström och västlig vind var strömmen sydgående i hela modellområdet och en virvel erhöles i södra delen av bukten nära ytan och i centrala Lundåkrabukten nära botten. Riktningen är densamma som i strömmätaren i vertikal 2, men högre hastighet erhöles i simuleringen. Det kan bero på att läget för mätpunkten underskattar strömhastigheten, samt att strömmätaren ligger relativt nära botten och därmed i utkanten av den bottenära virveln. Figur 10 visar strömutsnittet och någon förändring syns knappast i den undre strömbilden.



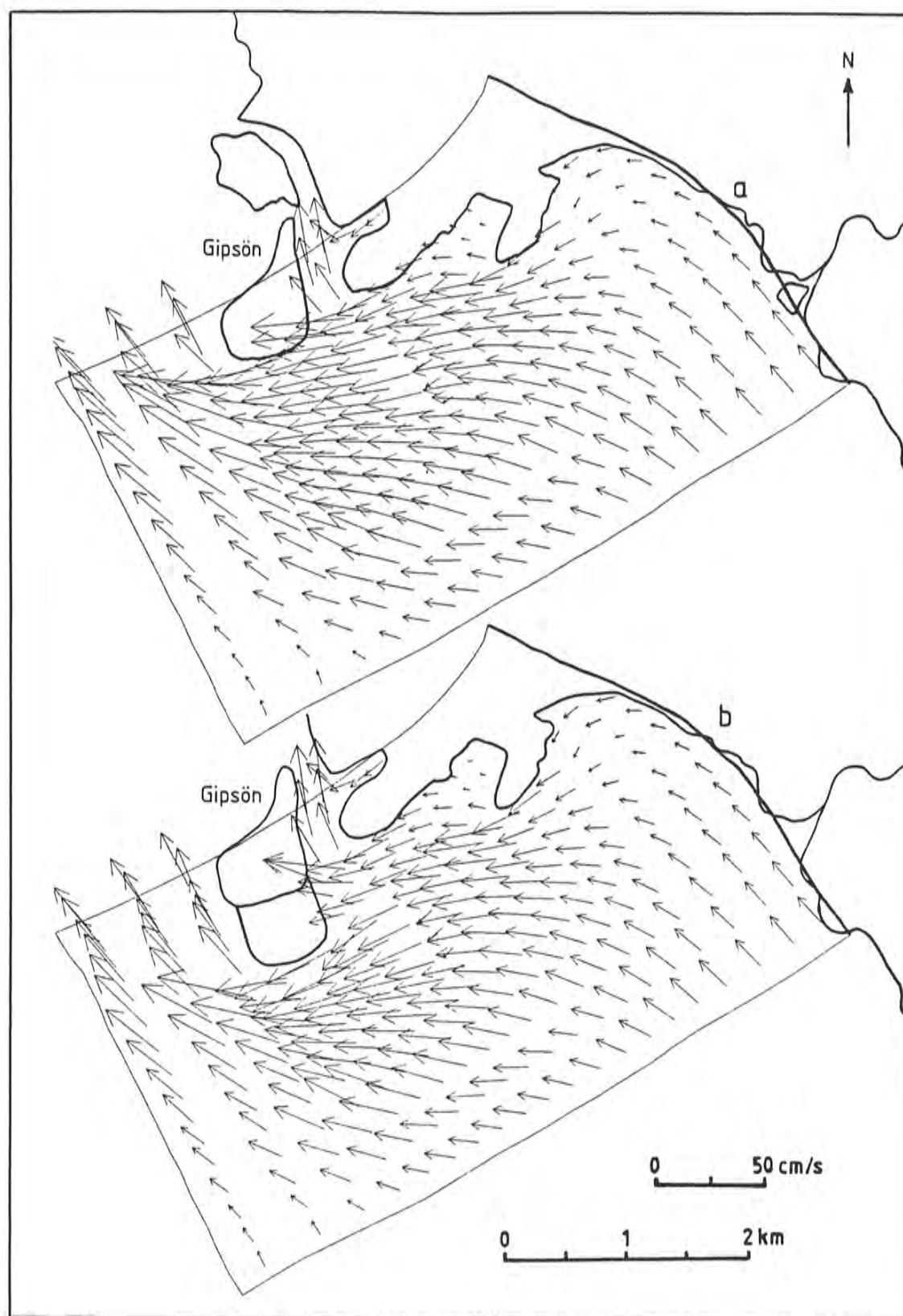
Figur 6. Strömsimuleringar vid nordgående ström och nordlig vind, ytskiktet.



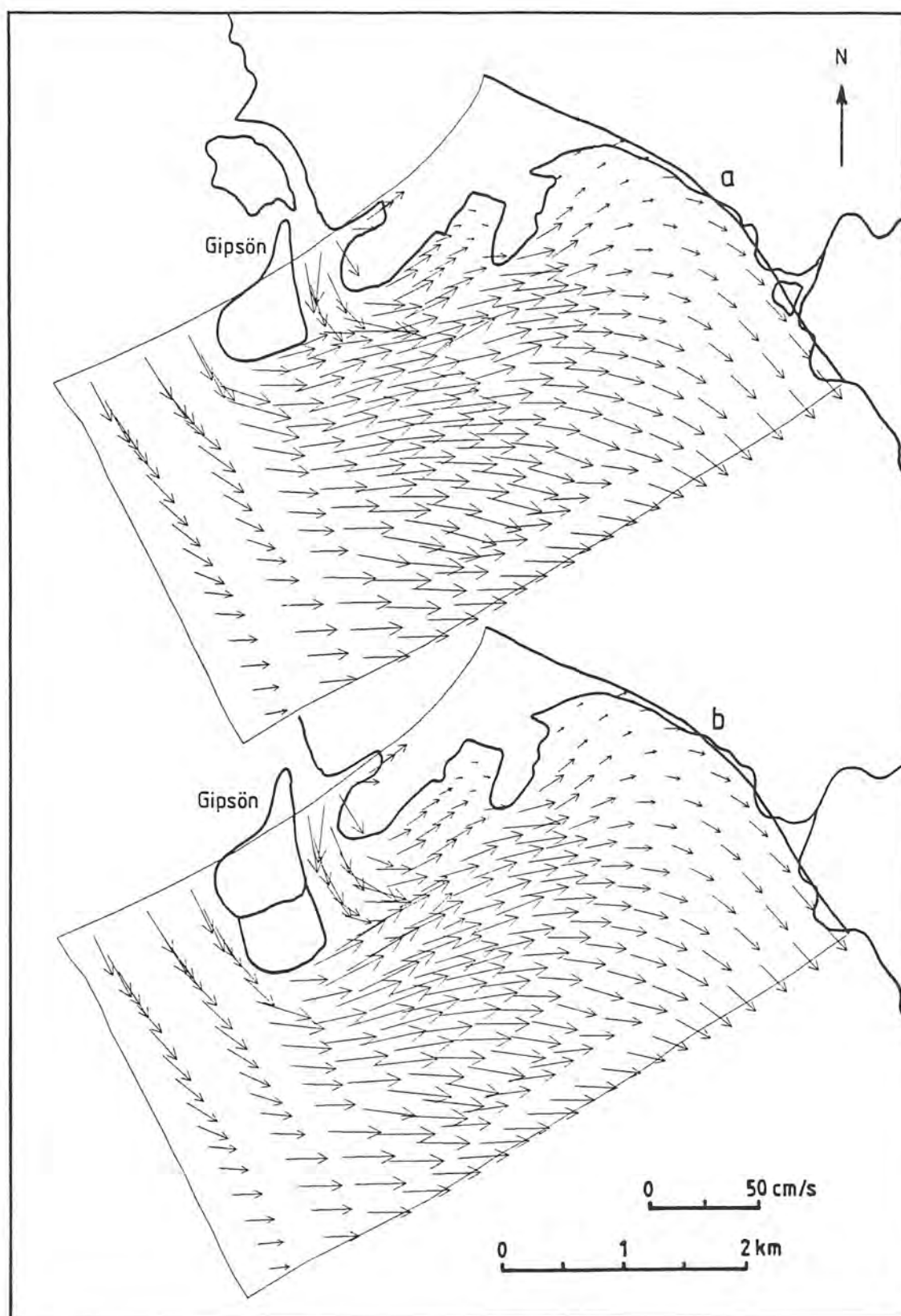
Figur 7. Strömutsnitt från ytskiktet vid nordgående ström och nordlig vind
 a) nuvarande förhållanden
 b) med utbyggnad



Figur 8. Strömutsnitt från ytskiktet vid nordgående ström och sydlig vind
 a) nuvarande förhållanden
 b) med utbyggnad



Figur 9. Strömutsnitt från ytskiktet vid nordgående ström och östlig vind
 a) nuvarande förhållanden
 b) med utbyggnad



Figur 10. Strömutsnitt från ytskiktet vid sydgående ström och västlig vind
 a) nuvarande förhållanden
 b) med utbyggnad

7 REFERENSER

- Ref (1) Preliminärt yttrande angående inverkan på de hydrografiska förhållandena av det planerade kärnkraftverket vid Barsebäck, SMHI Rapport 1969-05-08
- Ref (2) Ambjörn C, 1986. Utbyggnad av Malmö hamn; effekter för Lundåkrabuktens vattenutbyte. SMHI, oceanografi, nr 3.
- Ref (3) Shore Protection Manual, Volume 1. Department of the Army corps of engineers.

