

## Strömmar i svenska hav

Havsvattnet är alltid i rörelse i mer eller mindre regelbundna banor. De största rörelserna sker horisontellt medan vertikala rörelser är mindre på grund av densitetsskiktningar. Ytströmmarna har i allmänhet högre hastighet medan djupvattenströmmar rör sig mycket långsamt. Västerhavet har starkare och mera regelbundna strömmönster än Östersjön. Globalt sett har vi lugna vatten omkring oss främst på grund av att vi har ett svagt tidvatten som i andra områden orsakar starka strömmar. Jordens rotation påverkar alla strömmar på ett avgörande sätt.

I Malö strömmar, norr om Orust på västkusten, bildas starka strömmar då tidvattnet ska passera genom trånga sund.



## OBSERVATIONER AV STRÖMMAR

De första kontinuerliga svenska mätningarna av strömmar påbörjades i början av 1880-talet vid ett antal fyrskepp. Mätningarna gjordes manuellt med en äldre typ av strömmätare som kunde mäta både strömmens hastighet och riktning vid ytan och botten. Mätningarna pågick fram till 1972, då den svenska fyrskeppsverksamheten lades ned.

1978 påbörjades strömmätningar vid ett antal fyrkassuner eller bottenförankrade fyrar (figur 2) med en mätutrustning som automatiskt observerade och rapporterade in data varje timme till SMHI. Själva

mätutrustningen bestod av ett bottenplacerat instrument som mätte strömmens riktning och hastighet på det djup där instrumentet var placerat. Mot slutet av 1980-talet kom modernare mätutrustning som kunde mäta ström på flera olika djup. SMHI använde sig av fyrkassuner fram till 2004 för att samla in data. SMHI har också genom årens lopp drivit ett stort antal strömmätningprojekt, bl.a. utanför kärnkraftverken och före byggandet av Öresundsbron. Idag pågår permanenta mätningar av ström vid två platser runt den svenska kusten (figur 1).



Stationsnamn	Lat	Lon	Start	Slut
Almagrundet	59° 09'	19° 08'	1979	2003
Huvudskär Ost	58° 56'	19° 10'	2001	
Gustav Dahlén	58° 36'	17° 28'	1984	1986
Oskarsgrundet	55° 36'	12° 51'	1983	1996
Läsö Ost	57° 13'	11° 34'	2001	
Fladen	57° 13'	11° 50'	1988	1999
Trubaduren	57° 36'	11° 38'	1978	2004



■ Pågående station  
■ Nedlagd station

Figur 1. Det svenska stationsnätet för mätning av ström. Här visas också ett antal nedlagda stationer. Ner till höger syns en havsboj som mäter flera meteorologiska och oceanografiska parametrar, bl.a. ström.

Numera används nya typer av instrument för att mäta ström, s.k. Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), som med hjälp av dopplertechnik mäter strömmens riktning och hastighet på flera nivåer (figur 2). Instrumentet är kopplat till en ytboj som sänder data via satellit till SMHI. Att använda bojar för att samla in data möjliggör

också att man kan mäta ström där man vill och inte som tidigare där det var praktiskt möjligt att få in data (via fyrkassuner). Det finns även instrument som monteras direkt på bojar och som observerar nedåt i vattenkolumnen och mäter ström på flera olika nivåer.



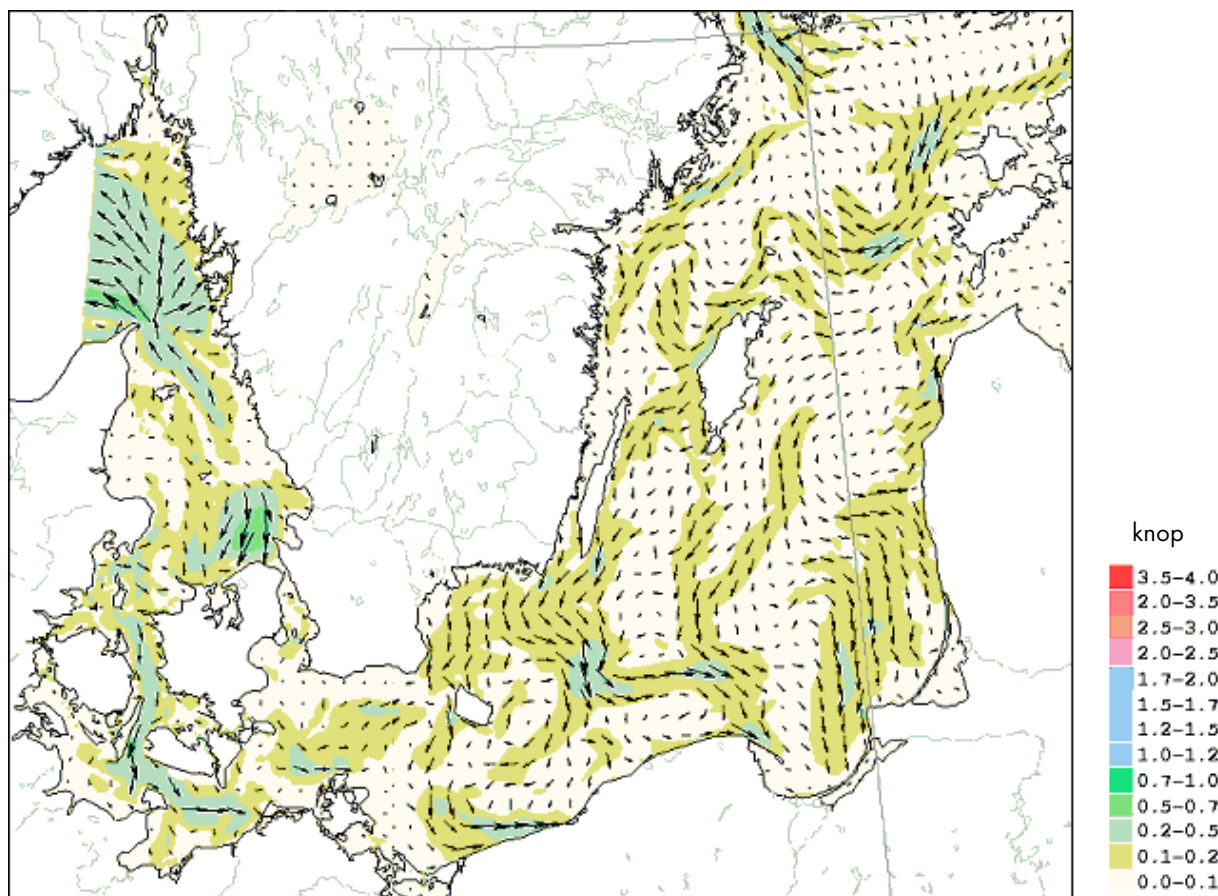
Figur 2. Till vänster visas fyrkassunen vid Fladens grundområde. I den övre till höger visas en DCM (Directional Current Meter). Instrumentet var placerat på 16 meters djup och kopplat via en sjökabel till en dator som var stationerad i fyren. Från fyren skickades sedan data till SMHI en gång per timme via mobiltelefonnätet. I den nedre till höger visas dagens teknik för strömmätning, en s.k. Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP).

### BERÄKNINGSMODELLER OCH PROGNOSE AV STRÖMMAR

HIROMB (High Resolution Operational Model for the Baltic Sea) är en havscirkulationsmodell som används operationellt vid SMHI. HIROMB prognosticerar: havsvattenstånd, ström, salthalt, temperatur, istjocklek, iskoncentration och isdrift. Havet är uppdelat i lådor (kuber) med sidan en nautisk mil och varierande djup i 10-tals meter. I varje kub görs beräkningar och informationen överförs mellan kuberna. HIROMB används i första hand för att göra korttidsprognoser upptill 10 dygn (figur 3).

Seatrack Web är ett system som används för att beräkna hur strömmar, vindar och isläggning ändras timme för timme och hur föroreningar, exempelvis olja, kommer att förändras och spridas.

I klimatarbetet används en beräkningsmodell för flöden som kallas RCO (Rossby Centre Ocean model). Den är anpassad för att göra beräkningar över lång tid och i samverkan med den meteorologiska klimatmodellen.



Figur 3. Modellerade strömmar med HIROMB. Skalan är angiven i antal knop, där 1 knop  $\approx$  0,5 m/s.

### GRUNDLÄGGANDE STRÖMPROCESSER

Strömmar i havet orsakas av vattenståndsskillnader, skillnader i salthalt och temperatur, månens och solens dragningskraft samt vinden. Strömmarna påverkas även av kustlinjen, bottenpografien, jordens rotation samt friktionen mellan vattenmassan och botten.

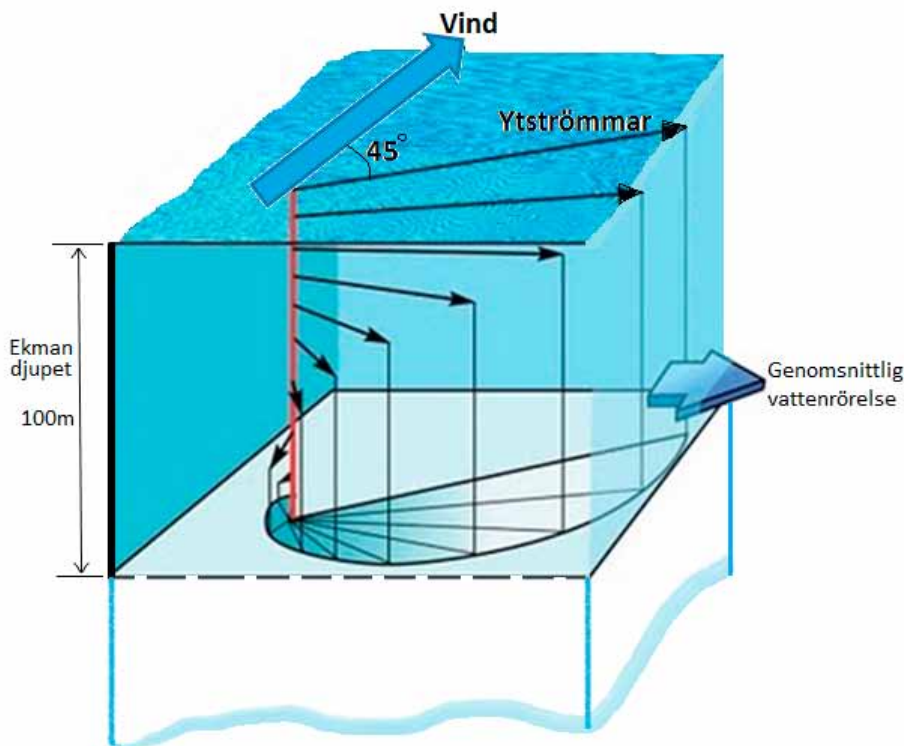
### CORIOLISKRAFTEN

Allt som rör sig på jordytan påverkas av jordens rotation kring jordaxeln (som går genom polerna). Föremål i rörelse på norra halvklotet vrider sig därför åt höger och på södra halvklotet åt vänster. Fenomenet kallas Corioliskraften. Kraften är fiktiv och är en vektorprodukt mellan föremålets hastighet och jordens rotation. Ju högre hastighet desto större kraft. Den blir då obefintlig vid ekvatorn eftersom föremålets rörelse är parallell med rotationen och som störst vid polerna, där rörelsen är vinkelrät mot rotationen. Den har stor betydelse för atmosfären och oceanernas allmänna cirkulation.

### VINDSTRÖMMAR

Vinden orsakar vågor och strömmar med varierande

styrka och riktning. Strömmarna påverkas av Coriolis-effekten och böjer av mot höger. Så länge vinden blåser strömmar ytvattnet ca 45 grader till höger om vindriktningen. På norra halvklotet vid svenska latituder är strömstyrkan ca 1,35 procent av vindhastigheten på 10 m höjd. Om det blåser 10 m/s är strömmen ca 0,15 m/s eller 0,3 knop och riktad 45 grader till höger om vindriktningen. Strömmen drar även med sig underliggande vatten som kommer i rörelse och även detta påverkas av Corioliskraften. Strömmens riktning ändras 2-3 grader per meters djupökning. Strömmen minskar samtidigt på grund av friktionen. Detta medför att vi får en lodrät strömspiral där strömmen på ett visst djup blir motriktad ytströmmen. Djupet är ca 100 m. Strömshastigheten är ca 4 % av ytströmmen. Fenomenet kallas Ekmanspiral (figur 4) och djupet där strömmen är motriktad kallas Ekmansdjupet. En ideal Ekmanspiral utvecklas sällan på grund av störningar från exempelvis kuster och botten.

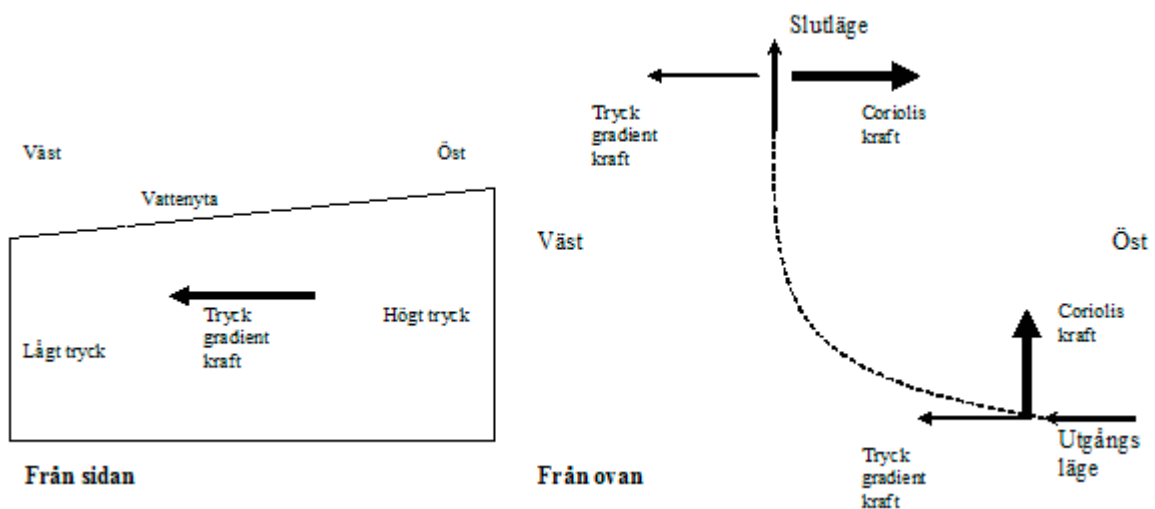


Figur 4. Ekman spiralen.

### GEOSTROFISKA STRÖMMAR

I stora havsbassänger utvecklas geostrofiska strömmar (figur 5) p.g.a. tryckgradienter när havsytan lutar. Den horisontella tryckgradientkraften från högre till lägre vattenstånd är samma på alla djup. Kraften gör att vattnet på alla djup börjar rinna mot lägre vattenstånd men då påverkas vattnet av Corioliskraften som gör att strömmen vrids mot höger i svenska vatten och jämvikt fås när strömmen är vinkelrät mot vattenytans lutning. Om temperatur och salthalt varierar horisontellt finns horisontella tryckskillnader även p.g.a. av de densitets-

skillnader som detta ger upphov till. Om densiteten är lägre där vattenståndet är högre motverkar detta tryckskillnaderna och detta leder till att tryckgradienten minskar med ökat djup och strömmen minskar med ökat djup. En effekt av dessa krafter i en havsbassäng är att när en vattenståndsskillnad skall utjämnas trycks vatten upp mot den högra kusten. Om en stående våg bildats kommer vattnet att i varje svängning strömma både mot bassängens ändrar och de högra kusterna. Fenomenet kallas amfidromi.



Figur 5. Geostrofisk ström.

### TRÖGHETSCIRKLAR

Ett vattenpaket i rörelse påverkas av corioliskraften. Eftersom accelerationen är vinkelrät mot rörelseriktningen, strävar den efter att driva rörelsen i cirkulära banor, medurs på norra halvklotet (moturs på södra halvklotet). Detta sker när inga andra krafter är verkamma. Cirkelrörelserna som skapas kallas tröghetscirklar (figur 6).

Tröghetscirklar förutsades teoretiskt i slutet på 1800-talet, men har varit kända av sjömän sedan lång tid. Till exempel hade eskimåer och säljägare lagt märke till hur isberg drev runt i cirklar efter en storm. På våra breddgrader är radien (i kilometer) av en sådan cirkel ungefär strömhastigheten (i m/s) gånger 8. Omloppstiden är cirka 14 timmar oberoende av hastigheten. Svenska hav som sträcker sig mellan 54 och 66 graders nordlig latitud påverkas alltså relativt kraftigt och rörelsen böjer av mot höger.

### STÅENDE VÅGOR (SEICHER)

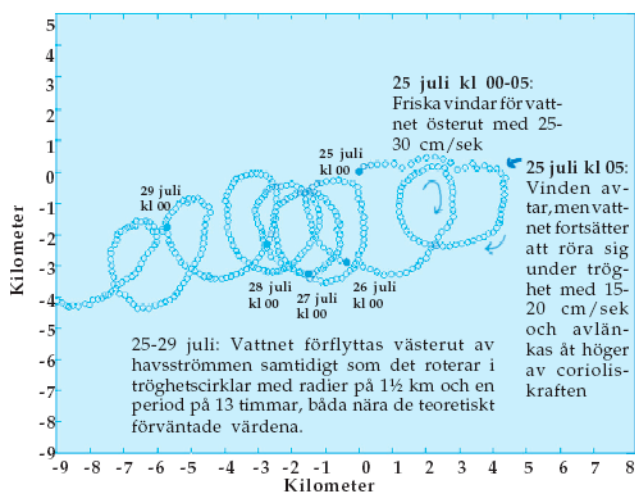
Lufttrycksvariationer, vindar och tidvatten orsakar vattenståndsskillnader i havsbassänger. Om lufttrycket ändras eller vinden slutar blåsa strävar vattnet efter att återgå till ett jämviktsläge. Detta orsakar en stående våg eller seiche där vattenståndet höjs och sänks i bassängens ändar och vattnet strömmar fram och tillbaka i mitten av bassängen. Strömmen är starkast när vattenytan är horisontell och vänder när vattenståndet i ändarna når maximum respektive minimum. Stående vågor förekommer i alla havsbassänger och sjöar.

### STRÖMMAR ÖVER GRUND

När strömmande vatten passerar ett grund ökar vattenhastigheten samtidigt som vattenståndet minskar (enligt Bernoullis lag). Förutom att det blir grundare sjunker alltså vattenståndet. För den erfarna sjöfararen kan detta vara ett hjälpmedel att läsa av vattnet och undvika grundstötningar, t.ex. i smala kanaler. Detta fenomen kan också observeras mellan bropelare som blockerar strömmen i trånga sund.

### SKUMRÄNDER OCH SKRÄPSAMLINGAR

Ibland ser man ansamling av skräp, tång eller annat flytande material i långa band på havsytan. Detta beror ofta på att vattenvolymer med olika temperatur eller salthalt möts och den ena vattenmassan trycks ner under den andra. Material som flyter blir då kvar och samlas i långa strängar. Skumränder med avstånd på 5 till 50 m kan också bildas när vinden blåser över havsytan. Detta beror på att vinden orsakar vattenströmmar som rör sig åt höger och det bildas vattenvolymer som har en rundcirkulation. Där vattnet sjunker samlas det skum.



Figur 6. I den övre visas tröghetscirklar. I den nedre visas en satellitbild över Östersjön som används för att se ansamlingar av alger. I formationerna syns tröghetscirklar.

### STRÖMMAR VID STRANDEN

När vågor från djupare områden närmar sig grundare områden nära en strand bryter de då vattendjupet är mellan 0.8-1.6 gånger våghöjden beroende på botten topografi och lutning. Vid en sandstrand finns strandparallella åsar och det är på dessa vågen bryter. Vatten transporteras över åsen och fyller på vattenvolymen innanför. Detta vatten rinner sedan ut över åsen där den är som djupast. Strömmen drar med sig sand och det bildas en ränna där vattnet strömmar ut. En s.k. ripström (figur 7) har bildats. Dessa områden med utström (ripström) är oftast relativt smala, men kan vara farliga för simmare som inte kan simma mot strömmen. Man skall då simma parallellt med stranden tills man är ute ur den utgående strömmen.



Figur 7. Ripströmmar som bildats vid en strand.

### OMRÅDEN MED STARKA STRÖMMAR

När strömmen skall passera trånga sund ökar hastigheten. Områden där detta sker är t.ex. Norra Kvarken, Ålands hav, Fårösund, Kalmarsund, Öresund, Malö strömmar och Nordströmmarna. Även ute i öppna havsområden där starka strömmar möts kan strömhastigheten vara betydande. Detta sker då och då på västkusten där den nordgående Baltiska ytströmmen från Östersjön möter den syd- eller ostgående Jutska strömmen från Nordsjön (figur 8).

### TIDVATTENSTRÖMMAR

I Malö strömmar och Nordströmmarna bildas starka strömmar då tidvattnet ska passera genom trånga sund. Ömsom rinner vattnet genom systemet under en halv tidvattenperiod (sex timmar) för att sedan rinna tillbaka igen under lika lång tid.

### STRÖMMAR I ÖRESUND

En relativt enkel beräkning av ström i Öresund kan göras genom att använda skillnaden i vattenstånd mellan Öresunds norra och södra ände. SMHI observerar vattenståndet i Viken och Klagshamn och från vattenståndskillnaden mellan stationerna kan strömmens riktning och hastighet beräknas. Oftast strömmar vattnet ut från Östersjön för att kompensera den stora tillrinningen och nederbörden som skapar ett överskott av vatten i Östersjön. Inlöden sker vid några tillfällen per år och har stor betydelse för tillförsel av syrerikt vatten till Östersjöns djupområden.

### FLODMYNNINGAR

Vattendrag som mynnar i havet bildar ytströmmar som viker av mot höger längs kusten p.g.a. Corioliseffekten. Det söta vattnet rinner ovanpå det salta i ett tunt lager, några meter ibland bara någon decimeter tjockt. Strömmen för med sig delar av det underliggande salta vattnet och vattenmassorna blandas så småningom. För att kompensera för det bortförda salta vattnet bildas en underström av salt vatten (en s.k. saltkil) som rör sig upp i vattendraget. Då flodvattnet ofta är brunfärgat kan man tydligt se gränsen mellan flodvattnet och havsvattnet.

### PERMANENTA STRÖMSYSTEM ÖSTERSJÖN

Östersjön har inga starka permanenta strömsystem. Sötvattentillrinningen från land via vattendrag rinner ut på havsytan där strömmen påverkas av Corioliskraften och viker av mot höger. Detta ger en svag moturs ytströmcirkulation längs Östersjöns kust. Sötvattenöverskottet ger också en nordlig medelström i Öresund och Bälten.

### VÄSTERHAVET

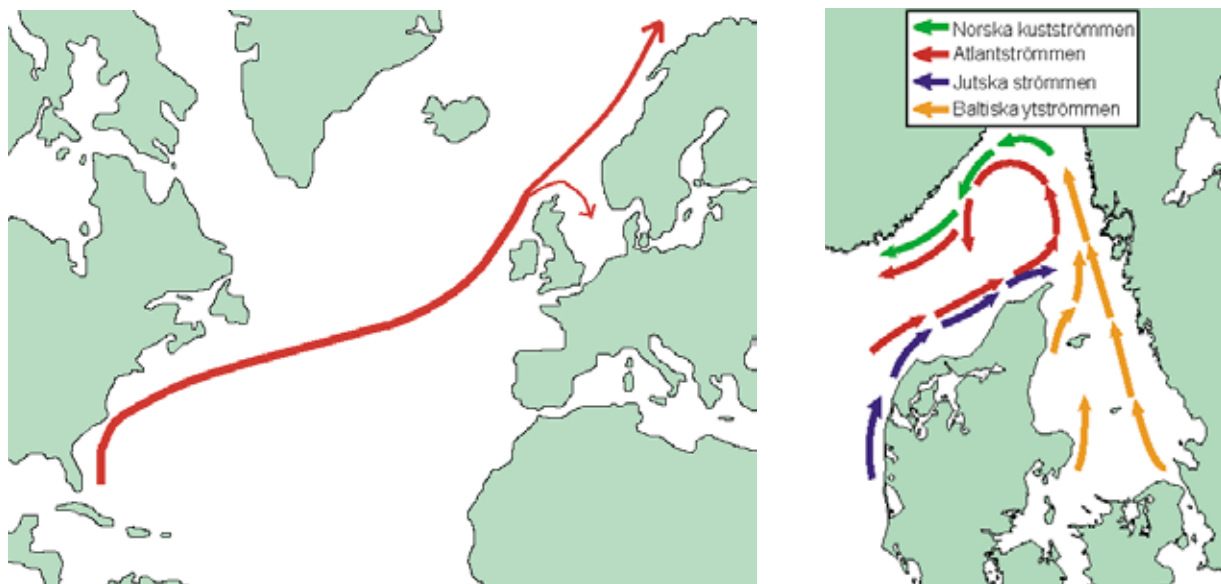
I Kattegatt och Skagerrak finns flera permanenta strömsystem (figur 8). Längs svenska kusten rinner Östersjövattnet i Baltiska strömmen. Strömmen förstärks av inflöden av sötvatten från land främst från Göta och Nordre älv. Den trycks mot svenska kusten av Corioliskraften. Längs norska kusten får strömmen påfyllning av i första hand Glomma och kallas här norska kustströmmen. Längs den danska Nordsjökusten rinner den Jutska strömmen också som en följd av Corioliskraften. Vid Skagen släpper strömmen land och rinner oftast

österut mot svenska kusten där den går ihop med och förstärker den Baltiska strömmen. Parallellt med Jutska strömmen rinner en ytström med atlantiskt vatten, en del av Golfströmmen. På västkusten finns också regelbundna tidvattenströmmar som ömsom förstärker den nordgående strömmen ömsom försvagar den.

### GOLFSTRÖMMEN

Golfströmmen har stor betydelse för vårt klimat. Den är en del i ett globalt strömsystem som inkluderar alla världshaven och som kallas Conveyor belt. I norra Atlanten kyls havsvattnet och sjunker mot botten och

strömmar söderut. Vattnet ersätts av den nordostgående Golfströmmen (figur 8) som från västra Atlanten strömmar mot nordost (Nordatlantiska strömmen) och transporterar varmt vatten till Norska havet och Nordsjön. På sin väg kyls den ned och när strömmen når Irlands västkust vintertid har den en temperatur på ungefär tio grader. Golfströmmen varierar både i styrka och riktning. Det finns inga tecken eller prognoser på att den skall förändras inom en nära framtid. En större förändring i Golfströmmen skulle dock få stora konsekvenser för vårt klimat här uppe i Skandinavien. Kallare vintrar och somrar skulle kunna bli en av konsekvenserna.



Figur 8. Till vänster visas Golfströmmen och till höger visas strömsystemen i Västerhavet.

#### För mer information kontakta:

[oceanograf@smhi.se](mailto:oceanograf@smhi.se)

Thomas Hammarklint

tel 011 – 495 8435

[thomas.hammarklint@smhi.se](mailto:thomas.hammarklint@smhi.se)

Torbjörn Lindkvist

Omslagsfoto Thomas Hammarklint. Övriga foton från SMHI.