

Åtgärder krävs för att möta värmeböljorna i Östersjön

Den globala uppvärmningen har redan förändrat Östersjön i grunden, och förändringen fortsätter: vattnet blir varmare och värmeböljorna allt vanligare. Detta påverkar marina organismer både direkt och indirekt, genom att övergödningen och andra stressfaktorer förstärks. Förutom att begränsa klimatförändringen är det avgörande att minska de lokala stressfaktorerna och värna ekosystemens funktion. Då klarar Östersjön uppvärmningen bättre, så att vattenkvalitet, biologisk mångfald och fiske kan bevaras.

Klimatförändringen har inte bara inneburit uppvärmning av luften utan också av havet. Globalt har havets ytemperatur stigit med omkring 0,9 °C sedan förindustriell tid. Vid sidan av denna gradvisa uppvärmning har extrema uppvärmningshändelser, så kallade marina värmeböljor, blivit betydligt vanligare och mer långvariga under de senaste decennierna. Marina värmeböljor kan snabbt förändra ekosystem och orsaka massdöd, och de är en viktig men ofta underskattad följd av klimatförändringen.

Liksom andra hav i kalla och tempererade områden har Östersjöns ytvatten värmts upp ungefär dubbelt så mycket som världs-

REKOMMENDATIONER

- Minska utsläppen av växthusgaser för att begränsa klimatförändringen.
- Öka ekosystemens motståndskraft mot värmeböljor genom att
 - » påskynda åtgärderna för att minska övergödningen,
 - » minska fysiska störningar av livsmiljöer, till exempel från bottentrålning och muddring
 - » och återställa kustnära livsmiljöer och bottensamhällen.
- Stärk den långsiktiga övervakningen av förändringar i ekosystemen.

havens ytvatten i genomsnitt. Östersjön drabbas också av fler och kraftigare marina värmeböljor än många andra havsområden.



Efter en marin värmebölja vid Finlands sydvästra kust dog stora mängder av musslan *Mytilus trossulus* på grunt vatten. De döda och förmultnande musslorna koloniserades av vita mattor av sulfidoxiderande bakterier.

Foto: Mats Westerborn

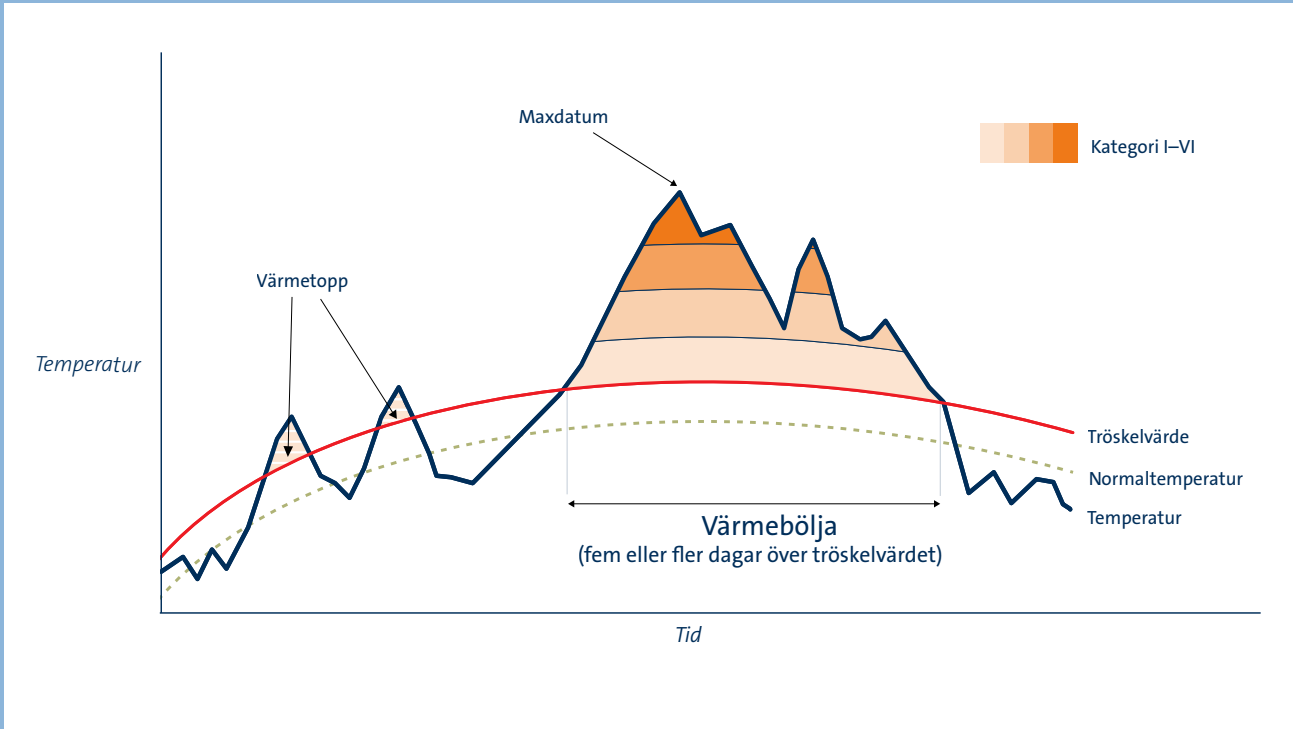
VAD ÄR EN MARIN VÄRMEBÖLJA?

En marin värmebölja är en period då havstemperaturen är onormalt hög.

Den definieras som att temperaturen under minst fem dagar i följd ligger över den 90:e percentilen av vad som är normalt på platsen, beräknat över en 30-årig referensperiod.

Eftersom tröskelvärdet räknas ut för varje plats och varje dag på året kan marina värmeböljor inträffa var som helst och under alla årstider, inte bara på sommaren.

Marina värmeböljor delas också in efter intensitet, från "måttlig" till "extrem" (kategori I–IV), beroende på hur mycket temperaturen avviker från det normala.



Schematisk bild av en marin värmebölja. En värmebölja är en period då temperaturen (mörkblå) ligger över tröskelvärdet (rött) i minst fem dagar. Skuggningen visar intensitetskategori I–IV. En kortare period över tröskelvärdet kallas värmetopp (heat spike). Figuren är modifierad från Hobday m.fl. *Categorizing and naming marine heatwaves*. Oceanography, 2018. (CC BY 4.0)

Mellan 1982 och 2023 registrerades 189 marina värmeböljor i Östersjön, och under de senaste åren har några av de högsta yttemperaturerna någonsin uppmätts. Enbart under 2022 drabbades flera områden av upp till sju separata marina värmeböljor, där temperaturen lokalt som mest låg mer än 9 °C över det normala.

Uppvärmningen i Östersjön är ojämnt fördelad och skiljer sig tydligt mellan norr och söder. I norr och längs kusterna inträffar de kraftigaste värmeböljorna ofta på våren och vintern, medan sommarens värmeböljor tenderar att vara utbredda över hela Östersjön. Vinteruppvärmningen i norr väntas accelerera ytterligare när det krympande istäcket försvagar isens kylande effekt (den så kallade albedoeffekten).

Effekter på arter och ekosystem

Marina värmeböljor får påtagliga konsekvenser för organismer och ekosystem som är beroende av en stabil temperatur, och har redan förändrat marina ekosystem över hela världen. Omfattande massdöd av habitatbildande arter – arter som skapar livsmiljö och struktur för hela ekosystem, till exempel kelp och andra storväxande makroalger samt revbildande koraller – kan utlösa kaskadeffekter som sprider sig genom näringsväven.

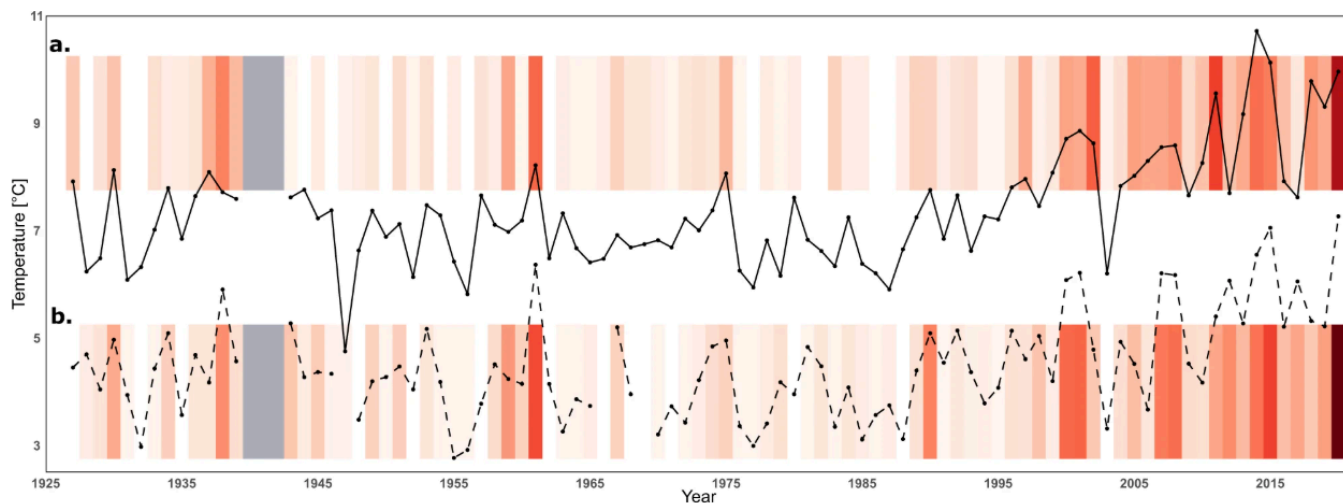
Det kan leda till förlust av biologisk mångfald och förändringar i grundläggande ekosystemprocesser, till exempel kolinlagring och näringsomsättning. När de inhemska arterna försvinner

kan dessutom invasiva arter och arter i vilande stadier etablera sig. Marina värmeböljor har också kopplats till massdöd bland sjöfåglar på grund av födobrist, vilket visar att effekterna inte stannar i havet.

Uppvärmningen påverkar inte alla arter lika. Varje art lever inom ett geografiskt område som styrs av temperaturen, och hur arten påverkas av uppvärmning beror ofta på var i området den befinner sig. Östersjön saknar korallrev och omfattande kelpskogar, men har andra viktiga arter som kan reagera starkt på temperaturförändringar. Arter som lever vid den varma gränsen för sin utbredning, där temperaturen redan ligger nära det de tål, kan under marina värmeböljor tillfälligt förlora över 40 procent av sin biomassa. Arter vid den kalla gränsen för sin utbredning, till exempel skarpsill, gynnas i stället av att förhållandena närmar sig artens optimum, och deras biomassa kan nästan tredubblas.

Tidpunkten är lika viktig som temperaturen. Marina värmeböljor på vintern har kopplats till en tidsmässig obalans mellan sillarver och deras föda, vilket bidrar till att Östersjöns sillbestånd minskar på lång sikt. Denna obalans väntas öka när vintrarna blir allt kortare. Temperaturen styr också mer generellt när biologiska processer sätter igång under året. Tidig vårvärme kan till exempel göra att växtplanktonblomningar och vissa skaldjurs lek infaller tidigare.

I Östersjön lever många organismer redan nära gränsen för vad



Övervakningen av Storfjärden visar att årsmedeltemperaturen har ökat markant under det senaste seklet, både i ytvattnet (svart linje) och i bottenvattnet (streckad linje). De färgade fälten visar att förekomsten av onormalt varma observationer också har ökat (mörkare färg motsvarar fler onormalt varma observationer), särskilt under de senaste decennierna. Figuren är hämtad från Goebeler m.fl. *Ninety years of coastal monitoring reveals baseline and extreme ocean temperatures are increasing off the Finnish coast*. Communications Earth & Environment, 2022. (CC BY 4.0)

de tål när det gäller andra faktorer, till exempel låg salthalt, vilket kan göra dem särskilt sårbara för marina värmeböljor. De utsätts också för flera mänskliga stressfaktorer, som övergödning och farliga ämnen, vilka kan minska deras förmåga att klara ytterligare påfrestningar. Fysisk störning från verksamheter som bottenfrälning och muddring kan dessutom försvaga motståndskraften hos bottenmiljöer och de arter som lever där, så att de får svårare att stå emot extrem värme och återhämta sig efter den.

Förändringar under ytan

Långvarig uppvärmning och marina värmeböljor förändrar inte bara Östersjöns ekosystem genom att vissa arter gynnas och andra missgynnas, utan också genom gradvisa förändringar i hur ekosystemen fungerar och hur ämnen cirkulerar. Uppvärmningen förstärker det säsongsbundna språngskiktet, vilket begränsar syretillförseln till djupare vatten. Varmt vatten rymmer dessutom mindre syre än kallt, och organismerna förbrukar syre snabbare när det är varmt. Det kan leda till att de syrefattiga områdena breder ut sig och att de återkopplingar som driver övergödningen förstärks, eftersom den interna näringsomsättningen ökar.

En studie baserad på långtidsövervakning av Östersjöns havsbotten visar hur långt förändringen redan har gått. Studien bygger på temperaturmätningar från Storfjärden vid den finska kusten, som går tillbaka till 1926. De visar att den normala temperaturen i dag är nästan 1 °C högre än för hundra år sedan, och det gäller nästan alla årets dagar.

Studien visar också att uppvärmningen inte är begränsad till ytvattnet. Bottenvattnets temperatur steg på liknande sätt, vilket påverkar de organismer som lever på och i havsbotten. Med högupplösta data identifierades 18 marina värmeböljor vid Storfjärden enbart under åren 2016–2020, med högre intensitet än tidigare rekord. Uppdaterade data fram till våren 2024 visar att antalet nu är 24.

Experiment som undersökte de ekologiska effekterna av detta visar att uppvärmningen och värmeböljorna ökade syreförbrukningen i bottenmiljön och förändrade frisättningen av näringsämnen, även när artsammansättningen i stort sett var oförändrad. Effekten var starkast på sommaren, följd av hösten och våren.

Det här innebär att marina värmeböljor kan förstärka övergödningen inifrån och urholka effekten av åtgärder som

Marina värmeböljor globalt

Marina värmeböljor har blivit betydligt vanligare och mer långvariga över nästan hela världen. Mellan 1982 och 2016 ökade frekvensen av marina värmeböljor globalt med ungefär 0,45 händelser per decennium, vilket påverkade 82 procent av havet, medan den genomsnittliga varaktigheten ökade med 1,3 dagar per decennium. Under det senaste århundradet motsvarar den sammantagna ökningen av frekvens och varaktighet en ökning med 54 procent av antalet marina värmeböljedagar per år.

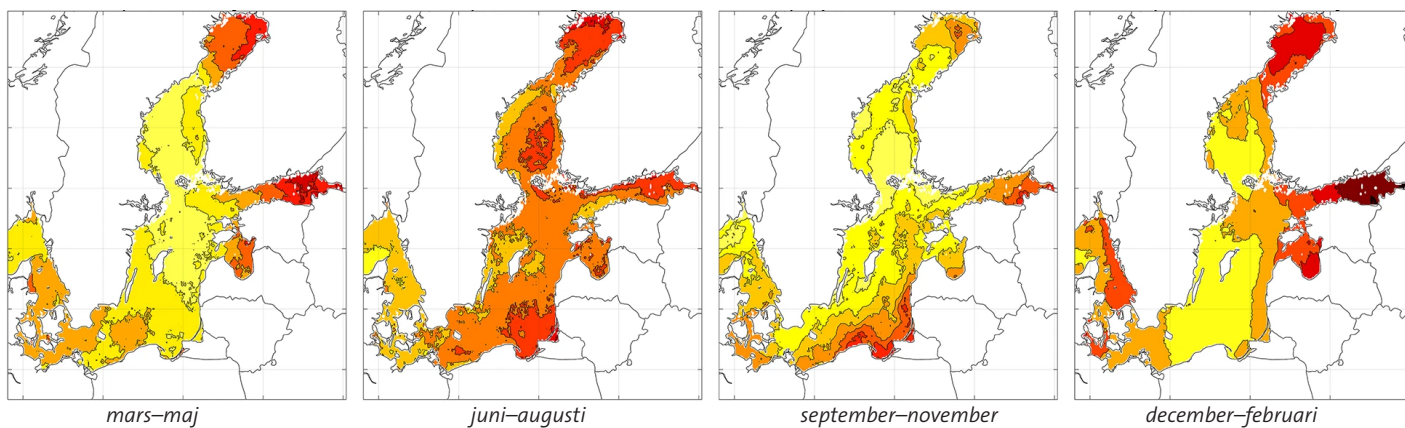
Förändringarna är ojämnt fördelade. Ökningen har varit störst i norra Atlanten på höga breddgrader och kring de västliga randströmmarna, medan delar av Södra ishavet och östra tropiska Stilla havet i stället har fått något färre värmeböljor.

Marina värmeböljor i Östersjön

Östersjön har identifierats som en hotspot för klimatförändringar, med temperaturavvikelser vid havsytan som är ungefär dubbelt så stora som det globala genomsnittet för havsytan.

Mellan 1982 och 2023 registrerades 189 marina värmeböljor i regionen. Enbart under 2022 drabbades flera områden av upp till sju separata värmeböljor, där temperaturen lokalt som mest låg mer än 9 °C över det normala.

Uppvärmningen är ojämnt fördelad: i norr och längs kusterna inträffar de kraftigaste värmeböljorna på vintern och våren, medan sommarens värmeböljor tenderar att vara mer utbredda över hela havet – ett mönster som väntas förstärkas när krympande havsis minskar sin kylande effekt.



Marina värmeböljor förekommer i hela Östersjön och under alla årstider. På vintern och våren är de mer intensiva i de norra och östra delarna, och på sommaren och hösten i de södra delarna. Mörkare färg på kartan visar högre intensitet och frekvens. Figuren är hämtad från Bashiri m.fl. *Variability of marine heatwaves' characteristics and assessment of their potential drivers in the Baltic Sea over the last 42 years*. Scientific Reports, 2024. (CC BY 4.0)

görs för att minska näringstillförseln till havet. Organismernas ökade ämnesomsättning kan också öka bildning och frisättning av växthusgaser, som koldioxid och metan, från kustvatten och sediment.

Grunda, halvslutna kustvikar, som är vanliga längs den svenska och finska kusten, framstår som "hotspots" där dessa processer kan gå snabbare och bli kraftigare än i öppet vatten. Det är viktigt att komma ihåg att dessa förändringar i hur ekosystemet fungerar kan uppstå långt innan de syns i artsammansättningen. Problem kan därför förbli oupptäckta om övervakningen bara följer enskilda arter.

Konsekvenser för samhället

De ekologiska förändringar som marina värmeböljor orsakar hotar ekosystemtjänster som människor och samhällen är beroende av. Minskade sillbestånd drabbar ett av Östersjöns viktigaste yrkesfisker och minskar möjligheterna att använda fisk som livsmedel. Förstärkt övergödning försämrar vattenkvaliteten, göder skadliga algbloomningar, fördyrar dricksvattenreningen och försämrar förutsättningarna för turism och rekreation vid havet. Förlusten av habitatbildande arter och förändringar i artsammansättningen försvagar dessutom Östersjöns samlade förmåga att stå emot klimatförändringen, reglera klimatet, omsätta näringsämnen och bevara den biologiska mångfalden.

Möjligheterna att upptäcka och fastställa orsakerna till dessa effekter är dock fortfarande begränsade. Dagens övervakning, till exempel den fleråriga bedömningen enligt vattendirektivet, är inte utformad för att fånga upp förändringar som sker så snabbt som vid marina värmeböljor. Årlig övervakning av viktiga livsmiljöer, som blåmusselbankar, räcker ofta inte heller för att med säkerhet

koppla observerade förändringar till specifika värmeböljor. Varken Sverige eller Finland har i dag nationella övervakningssystem som kan upptäcka dessa effekter med tillräcklig upplösning. Kunskapen om specifika effekter är därför fortfarande begränsad, även om det övergripande mönstret är tydligt. Det är ett betydande kunskapsgap med tanke på hur snabbt förhållandena i Östersjön förändras.

Marina värmeböljor kan inte stoppas lokalt, men de lokala stressfaktorer som förvärrar deras effekter kan minskas. Det gäller till exempel näringsbelastning, överfiske och försämring av livsmiljöer. Att minska dessa stressfaktorer stärker havets förmåga att stå emot marina värmeböljor och återhämta sig efter dem. Det ger tid medan utsläppen av växthusgaser minskas globalt. Samtidigt behövs tätare övervakning med högre upplösning, både för att förstå hur värmeböljorna utvecklas och som vägledning för effektiva åtgärder.

Denna policy brief är producerad inom CoastClim. CoastClim är en del av ett strategiskt samarbete mellan Stockholms och Helsingfors universitet, där forskare inom olika discipliner samarbetar för att kartlägga kolinlagring och flöden av växthusgaser i Östersjön.

Läs mer på www.coastclim.org.



ATT ÖVERBRYGGA KLYFTAN MELLAN VETENSKAP OCH POLICY

Vid Stockholms universitets Östersjöcentrum arbetar forskare, omvärldsanalytiker och kommunikatörer tillsammans för att överbrygga klyftan mellan vetenskap och resten av samhället.

Vi syntetiserar och analyserar Östersjöforskning samt kommunicerar den i rätt tid till rätt aktör.

Denna policy brief publicerades i oktober 2026.

KONTAKT

Norman Göbeler, Tvärminne Zoological Station,
University of Helsinki
norman.gobeler@helsinki.fi