

## Temperaturmätning i samband med provfisken



Kerstin Holmgren, Ola Renman, Josefin Sundin, Håkan Wickström, Patrik Bohman och John Persson

## Sammanfattning

Tidsmässig och rumslig variation i vattentemperatur påverkar fisk och kräftor på många sätt, och vattentemperatur mäts i samband med olika provfisken. Vi har i denna rapport sammanställt information om varför och hur vi gör temperaturmätningar i samband med Sötvattenslaboratoriets nätprovfisken, ålprovfisken med ryssjor och kräftprovfisken med mjärddar. Rapporten innehåller också resultatet från en pilotstudie där vi jämförde temperaturmätningar via temperaturloggar vid nät med momentana temperaturprofiler från 2017, och jämförelser mellan momentana temperaturmätningar vid ål- och kräftprovfisken med data från temperaturloggar placerade i de provfiskade områdena under 2016 och 2017.

Pilotstudien 2017 bekräftade att en temperaturprofilmätning kan användas för att ge rimliga skattningar av temperaturen vid enskilda nät placerade vid olika djup i olika delar av mindre sjöar. Pilotstudien bekräftade också farhågan att temperaturmätningar vid enskilda nät i Vättern kan avvika oacceptabelt mycket från temperatur mätt vid motsvarande djup i en enda temperaturprofilmätning per provfiskat område. Dessutom tenderade temperaturen vid näten att vara systematiskt lägre än vid motsvarande djup i temperaturprofilen. Hanteringen av temperaturloggar vid näten var ett tidsödande moment både i fält och på kontoret efter fältsäsongen. Eventuellt ökad kostnad för rutinmässig temperaturmätning vid varje nät behöver därför vägas mot kostnader för en eller flera temperaturprofiler i samband med varje provfiske. En sådan avvägning behöver göras för sjöar av olika storlek och hydrologi, eftersom pilotstudien indikerar att temperaturmätning vid näten kan vara mer kostnadseffektiv i större och djupare sjöar. I nuläget saknar vi information från sjöar av intermediär storlek, eftersom den största av våra mindre sjöar var betydligt mindre och grundare än de provfiskade områdena i Vättern.

Våra temperaturjämförelser i samband med ål- och kräftprovfisken 2016-2017 visade att momentana temperaturmätningar stämde överraskande väl överens med medelvärden från temperaturloggar placerade i de provfiskade områdena. Jämförelsen försvårades dock påtagligt av att temperaturdata från tidigare provfisken inte fanns lätt tillgängliga i kvalitetssäkrade databaser. Problemet åtgärdades delvis under projektets gång, genom förberedelser av datafiler, för att senare lagras i befintliga databaser som Kräftdatabasen och Sötvattenslaboratoriets temperaturdatabas för sjöar. För att detta arbete ska fortlöpa och utvecklas föreslår vi att arbetet koordineras av den grupp som jobbar med utveckling av alla Sötvattenslaboratoriets databaser.

## Introduktion

Vattentemperaturen påverkar vattenlevande organismer på många olika sätt. Både fiskar och kräftor är kallblodiga, och deras kroppstemperatur följer det omgivande vattnets temperatur. Metabolismen påverkas direkt av temperaturen, och indirekt påverkas både födointag, tillväxt, överlevnad, reproduktion, rörelseaktivitet och beteenden. Intervallet för optimal temperatur och tolererad temperatur varierar mellan arter, och även mellan olika fysiologiska processer och mellan livsstadier av samma art (Sadler 1979, Souchon och Tissot 2012, Westhoff och Rosenberger 2016).

I naturliga vatten varierar vattentemperaturen i olika skalor av tid och rum. Ytvattentemperaturen i sjöar är generellt positivt korrelerad med lufttemperaturen (McCombie 1959, Livingstone och Lotter 1998, Holmgren 2002), och den varierar därför med årstiderna i tempererade klimat. Sötvatten har högst densitet vid ca 4 °C, vilket leder till temperaturskiktning av djupare sjöar när ytvattnet värms upp på våren (Ragotzkie 1978). Vindexponering bidrar sedan till etablering av en termoklin, eller språngskikt, som avgränsar den övre och varmare vattenmassan (epilimnion) från den nedre och kallare (hypolimnion). Även andra faktorer bidrar till termoklinens djup och stabilitet (Fee m.fl. 1996), t.ex. vattenfärg och grumlighet orsakad av växtplankton eller andra partiklar. Förändringar i vattnets transparens, eller siktdjup, påverkar också mer långsiktiga förändringar av både yt- och bottenvattnets temperatur, kopplad till storskaliga klimatförändringar (Rose m.fl. 2016).

Årstidsvariationen i temperatur påverkar metabolism och abiotiska processer på alla nivåer i sjöarnas ekosystem, inklusive fiskars och kräftors årstidsbundna reproduktion och rörelser mellan olika habitat. Temperaturskiktningen av djupare sjöar på sommaren ger livsmiljöer åt både varm- och kallvattensanpassade arter (t.ex. Crowder m.fl. 1981), förutsatt att det inte blir syrebrist i det kallare bottenvattnet.

Flera standardmetoder för provfisken i sjöar utgörs av fiske med passiva redskap. Det gäller både nätprovfisken för övervakning av fiskfaunans artsammansättning, abundans, storlek och ålder (CEN 2015, Havs- och vattenmyndigheten 2016a), kräftprovfisken med mjärdar (Havs- och vattenmyndigheten 2016b) och ålprovfisken med parrys-sjor (Wickström 1986, Wickström och Sjöberg 2014). Fiske med passiva redskap ger bara relativa mått på mängden fisk eller kräftor. Fångsten per ansträngning (antal eller biomassa) i passiva redskap påverkas också av andra faktorer än individtäthet och biomassa, t.ex. vattnets temperatur, säsong och tid på dygnet (t.ex. Hubert m.fl. 2012). I standardiseringen ingår därför bland annat att utföra provfisket under en bestämd tid på året, och att alltid mäta åtminstone ytvattnets temperatur vid provfisket.

Den här sammanställningen syftar till att;

- 1) Beskriva varför och hur vi mäter temperatur i samband med tre olika typer av provfisken, och hur temperaturdata lagras och används,
- 2) Jämföra temperatur via loggar på enskilda redskap med temperatur på motsvarande djup mätt i djupprofil på en plats i sjön, med fokus på hur väl den enklare djupprofilen representerar temperatur där fisken fångas.
- 3) Jämföra yttemperaturen med faktisk temperatur där redskapen fiskar.

## Material och metoder

### Temperaturmätningar kopplade till provfisken

Vi sammanställde information om de temperaturmätningar som Sötvattenslaboratoriet gör i samband med tre olika typer av provfisken med passiva redskap. Det första var nätprovfisken i mindre sjöar inom ramen för nationell miljöövervakning och Integrerad kalkningseffektuppföljning (IKEU). Det andra var kräftprovfisken med mjärddar inom projekt Datainsamling sötvattenskräftor. Det tredje var det årliga ålprovfisket med ryssjor vid Sotholmen i Mälaren inom ramen för Sveriges datainsamlingsprogram (Swedish Workplan for data collection in the fisheries and aquaculture sectors, Havs- och vattenmyndigheten 2017). För varje typ av provfiske försökte vi att svara på följande frågor;

- 1) Varför mäts temperatur i anslutning till provfisket?
- 2) Hur mäts temperaturen och var i förhållande till fiskeredskapen?
- 3) Hur registreras och lagras resultaten av temperaturmätningen?
- 4) Vilka andra temperaturmätningar finns tillgängliga från provfiskade områden, under samma och/eller andra tider på året?
- 5) Hur har insamlade temperaturdata från provfisken använts?

### Temperaturloggar på nät 2017

I ett pilotprojekt ville vi testa hur väl temperaturen vid näten kan uppskattas via ordinarie mätning av en temperaturprofil i den djupaste delen av den provfiskade sjön eller det avgränsade området, och om överensstämmelsen varierar mellan sjöar av olika storlek. Vi antog att språngskiktet ligger mer stabilt på ett givet djup i mindre sjöar, kopplat till snabbare uppvärmning av ytvattnet och mindre vindinducerad omblandning och förflyttning av språngskiktet i mindre jämfört med större sjöar. Bland de sjöar som skulle provfiskas 2017 valdes fem sjöar ut i gradient av ökande area och djup (Tabell 1).

**Tabell 1:** Sjöar med temperaturloggar på bottensatta nät vid provfisken 2017. Area maxdjup och medeldjup anges i samtliga all för hela sjön, även om provfisken i Vättern utfördes inom fyra mindre områden.

Vatten-ID i NORS	Namn	Lokal-ID i NORS	Lokalnamn	Area (ha)	Maxdjup (m)	Medeldjup (m)
652902-125783	Rotehogstjärnen	-	Hela sjön	16	9	3,6
633209-141991	Gyslättsjön	-	Hela sjön	32	10	2,8
708619-162132	Remmarsjön	-	Hela sjön	140	14	5,0
638317-138010	Stengårdshultasjön	-	Hela sjön	489	27	7,1
649029-145550	Vättern	650900-144550	Lakaskär	189310	120	35,0
649029-145550	Vättern	649600-143850	Tängan			
649029-145550	Vättern	647680-142350	Kräksviken/Flisen			
649029-145550	Vättern	645700-142000	Norrgrundet			

För temperaturmätning vid näten använde vi temperaturloggar av typen Tidbit® v2 Temp Logger (Figur 1). Loggarna mäter temperatur i vatten inom 0-30 °C med en noggrannhet på +0,21 °C, med en upplösning 0,02 °C. De startas upp på land med programvaran HOBOWarePro, som också används för nedladdning av data (datum, klockslag och temperatur). I denna studie ställdes loggarna in så att de registrerade tidpunkt och temperatur en gång per halvtimme. För temperaturprofiler användes termistor (Oxyguard MaxiTemp) med 50 m lina och digital display fäst på en vevbar spole (Figur 1).



**Figur 1:** Två temperaturloggar fästa vid nätsticka (till vänster, foto: Ola Renman) och termistor med lod och lina (till höger foto: Björn Ardestam).

De fyra mindre sjöarna provfiskades med 8-48 stycken bottennät (nordiska översiktsnät) fördelade över hela sjön (Tabell 2, Bilaga 1). Där placerades en temperaturlogger på nätstickan till varje nät, vilket innebar att den hängde ca 1,5 m ovanför botten under hela den tid som nätet låg i sjön. I dessa fyra sjöar mättes också temperatur med termistor vid ytan, och på varje meter (om möjligt till 20 m), och dessutom vid 25 m djup i Stengårdshultasjön. Temperaturprofilmätningen gjordes i den djupaste delen av sjön (vid nätplats 201 = pelagiska nät i exemplet i Bilaga 1).

Vättern provfiskades på fyra lokaler (Tabell 1, Tabell 2, Bilaga 2) med så kallade djupa översiktsnät (BSS-nät, 5 m djupa och 300 m långa, fem 60 m långa paneler med 20, 30, 35, 43 och 60 mm maskstolpe, Sandström m.fl. 2009). Vid provfisket 2017 fördelades näten inom djupintervallet 10-50 m. På de flesta nät placerades en temperaturlogger vid överteln och en vid underteln. Den ena mätte därmed temperaturen på botten och den andra 5 m över botten vid nätplatsen. Precis som i de mindre sjöarna mättes temperaturprofiler vid varje provfiskad lokal, vid ytan, med 1 m intervall till 20 m djup, och sedan vid 25, 30, 35, 40 och 50 m.

**Tabell 2:** Information om provfisket 2017 i sjöar med temperaturloggar på bottensatta nät vid provfisken. Datum1 är datum för första nätläggning, N nätter är antal nätter med utplacerade nät med loggar. N nät är totalt antal bottensatta nät i provfisket. Profildatum är datum för mätning av temperaturprofil.

Vatten-ID i NORS	Namn	Lokalnamn	Datum1	N nätter	N nät	Profil-datum
652902-125783	Rotehogstjärnen	Hela sjön	2017-08-08	1	8	2017-08-08
633209-141991	Gyslättsjön	Hela sjön	2017-07-19	2	16	2017-07-19
708619-162132	Remmarsjön	Hela sjön	2017-08-02	6	32	2017-08-02
638317-138010	Stengårdshultasjön	Hela sjön	2017-08-01	6	48	2017-08-06
649029-145550	Vättern	Lakaskär	2017-07-18	5	26	2017-07-20
649029-145550	Vättern	Tängan	2017-07-21	3	26	2017-07-24
649029-145550	Vättern	Kråksviken/Flisen	2017-07-31	4	24	2017-08-03
649029-145550	Vättern	Norrgrundet	2017-08-01	3	24	2017-08-01

Temperaturprofilmätningar registrerades på protokoll på sjön, och tillbaka på land lades temperaturdata in på fältdator i programmet HDfish tillsammans med övriga provfiskedata från både de mindre sjöarna och från de fyra lokalerna i Vättern. Efter fältsäsongen levererades dessa data till den nationella datavärden för fisk, som kvalitetssäkrade data och la in dem i provfiskedatabasen NORS.

På fältprotokoll och i HDfish registrerades vilken temperaturlogger som hade suttit på vilket nät. Data från loggarna laddades ned till Microsoft Excel efter fältsäsongen, med filnamn som inkluderade provfiskelag och loggernummer. Sedan gjordes en tidsödande manuell datastädning och matchning av loggernummer, datum och klockslag för temperaturregistreringar med rätt sjö, nätlägningsdatum, nätplats och nätens djupplacering i NORS (och för loggarna i Vättern även för position vid över- eller underteln). Loggerdjupet i vattnet beräknades utifrån djupet på nätplatsen och loggerns placering på nätet. För nordiska bottennät placerade grundare än 1,5 m djup sattes loggerdjupet till 0 m. Endast temperaturmätningar mellan kl. 20:00 och kl. 06:00 sparades från de datum respektive logger hade varit placerad på avsett djup i någon av sjöarna. I några fall raderades också registrerade värden kl. 20:00 och 20:30, för att de var flera grader högre än resten av mätvärdena under natten i sjön, och troligen speglade luft- eller ytvattentemperatur istället för temperatur på nätets avsedda djup. Ibland hade provfiskelaget blandat ihop begreppen nätplats (enligt karta) och nätnummer (löpnummer vid provfiske), vilket föranledde merarbete. Vi noterade och korrigerade uppenbar förväxling mellan några loggars loggerdjup, kopplat till problemet med nätplats respektive nätnummer, men kan tyvärr inte helt utesluta ytterligare hopblandning av några loggar på mer närliggande djup.

Temperatur på olika djup illustrerades grafiskt med djup under vattenytan på y-axlar (transformerade till negativa tal) och temperatur (°C) på x-axlarna. För varje sjö gjordes två grafer. I den ena visades termistormmätningar (Profil) tillsammans med medelvärdet av alla temperaturmätningar per logger och nätplats

(Logger). I den andra visades alla enskilda mätvärden per logger med färgkoder för olika nätlägningsdatum. Dessa grafer användes sedan för en kvalitativ bedömning av djupspecifik överensstämmelse mellan de två temperaturmätningssmetoderna.

## Temperaturloggar vid kräft- och ålprovfisken

I anslutning till ovan nämnda pilotprojekt noterade vi att temperaturloggar på eller i anslutning till redskap har använts som komplement till mätning av en temperaturprofil vid kräftprovfisken i olika sjöar, och till mätning av ytvattentemperatur vid det årliga ålfisket vid Sotholmen i Mälaren. För att illustrera likheter och skillnader mellan uppmätta värden med olika metoder sammanställde vi data från provfisken 2016-2017. Vi sökte specifikt efter temperaturdata från dessa två år och samlade funna data i samma Excel-dokument där vi redan hade samlat temperaturprofiler och temperaturloggsdata från pilotprojektet med temperaturloggar på nät 2017 (se Data från pilotprojektet 2017 m.m.).

Både illustrationer och mer detaljer om bakgrund och utförande ges i resultat och diskussion om temperatur kopplad till respektive typ av provfiske.

## Data från pilotprojektet 2017 m.m.

Den gemensamma nämnaren var att utvalda provfisken hade temperaturmätningar i form av både momentan temperaturprofilmätning (eller bara ytvattentemperatur) och data registrerade via loggar placerade på eller i provfiskeredskap (nätprovfisken och ålfisken) eller i det provfiskade området (kräftprovfisken). Efter harmonisering av variabler (så långt som möjligt) och dataformat på olika blad döptes arbetsboken till "PM-Temperaturmätning-2016-2017.xlsx". Arbetsboken består av följande blad:

- "Variabler": variabelnamn och förklaringar till variabler på andra blad
- "Sjöar-PFredskap-LoggerID": en rad per provfiskeredskap och temperaturlogger, alternativt en rad per kräftprovfiske med utplacerad temperaturlogger (se variabellista i Tabell 3)
- "Tempdata-Logger": en rad per temperaturmätning och logger, med koppling till specifika provfisken (se variabellista i Tabell 4).
- "Tempdata-Profiler" (se variabellista i Tabell 5)
- "LoggIDnr&LoggNr": lista över tillverkarens loggerID och motsvarande kortkoder som användes av provfiskelagen 2017

Notera att flera av variablerna finns på mer än ett datablad, vilket kan användas för att matcha data från olika blad. Inom projektet använde vi data från Excel-dokumentet för illustrationer och jämförelser av de olika typerna av temperaturmätning som gjordes under samma provfisketillfälle. För nätprovfisken handlar det om 1-6 nätnätter, för ålprovfisken flera veckor under maj-juli, och för kräftprovfisken en natt.

**Tabell 3:** Variabler och deras förklaringar på Blad!Sjöar-PFredskap-LoggerID

<b>Variabel</b>	<b>Förklaring</b>
VATTENID	Sjöns ID enligt SMHI-SVAR (och NORS)
Namn	Sjöns namn enligt SMHI-SVAR (och NORS)
Lokal	Hela sjön, alternativt namn på provfiskat område
DatabasPF	KDB=Kräftdatabasen, NORS=nätprovfiskedatabasen, ÅL=ålprovfisken
DATUM1	Datum för första nätläggning (eller annat redskap, format AAAAMMDD)
DATUM1x	Datum för första nätläggning (eller annat redskap, format AAAA-MM-DD)
NÄTLDATUM	Nätlägningsdatum (AAAA-MM-DD) för det aktuella nätet
FISKEDAG	Numreras 1= 1-a nätläggning, 2 =2-a nätläggning, etc
NÄTNR	Nätnummer (normalt numrerat i den ordning de läggs i provfisket)
NÄTKOD	Nnord12 respektive Bss enligt NORS, Parryssja för ålryssja
DJUP_START	Djup vid nätets startände
DJUP_SLUT	Djup vid nätets slutände
NÄTPLATS	Numrering på fast (semipermanent) nätplats (ofta, men inte alltid samma som NÄTNR)
Tid_LÄGGNING	Klockslag för läggning av redskap med temperaturlogger
Tid_UPPTAG	Klockslag för upptag av redskap med temperaturlogger
LoggIDnr	Loggeridentitet = tillverkarens nr
LoggNr	Kortkod på loggar som användes på nät vid provfisken 2017
Lagnr	Provfiskelag 2017
MÖbotten	Loggerdjup uttryckt som meter över botten

**Tabell 4:** Variabler och deras förklaringar på Blad!Tempdata-Logger

<b>Variabel</b>	<b>Förklaring</b>
VATTENID	Som på Blad!Sjöar-PFredskap-LoggerID
Namn	Som på Blad!Sjöar-PFredskap-LoggerID
Lokal	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
DatabasPF	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
DATUM1	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
NÄTLDATUM	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
NÄTPLATS	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
DjupBotten	Djup (m) där redskap med logger placerades
MÖbotten	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
LoggIDnr	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
Löpnr	C7-1, C7-2 och C7-3 för tre olika loggar på samma strut (C7) vid ålprovfisket 2016
Date	Datum för loggertempregistrering (AAAA-MM-DD)
Time	Klockslag för loggertempregistrering
Temp (°C)	Logger temperatur (°C)
Loggerdjup	Uppskattat loggerdjup (m) i förhållande till vattenytan
NyPlotTitle	Filnamn för rådata nedladdad från en logger 2017



**Tabell 4:** Variabler och deras förklaringar på Blad!Tempdata-Profiler

<b>Variabel</b>	<b>Förklaring</b>
VATTENID	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
Namn	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
Lokal	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
DatabasPF	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
DATUM1	Som på Blad!Sjöar-Pfredskap-LoggerID
MÄTDATUM	Datum (AAAAMMDD) för temperaturprofilmätning (alt bara vid ytan)
SIKTDJUP	Siktdjup (m)
TEMPYTA	Temperatur (°C) vid vattenytan
TEMP1M	Temperatur (°C) 1 m under ytan
TEMP2M	Temperatur (°C) 2 m under ytan
TEMP3M	Temperatur (°C) 3 m under ytan
TEMP4M	Temperatur (°C) 4 m under ytan
TEMP5M	Temperatur (°C) 5 m under ytan
TEMP6M	Temperatur (°C) 6 m under ytan
TEMP7M	Temperatur (°C) 7 m under ytan
TEMP8M	Temperatur (°C) 8 m under ytan
TEMP9M	Temperatur (°C) 9 m under ytan
TEMP10M	Temperatur (°C) 10 m under ytan
TEMP11M	Temperatur (°C) 11 m under ytan
TEMP12M	Temperatur (°C) 12 m under ytan
TEMP13M	Temperatur (°C) 13 m under ytan
TEMP14M	Temperatur (°C) 14 m under ytan
TEMP15M	Temperatur (°C) 15 m under ytan
TEMP16M	Temperatur (°C) 16 m under ytan
TEMP17M	Temperatur (°C) 17 m under ytan
TEMP18M	Temperatur (°C) 18 m under ytan
TEMP19M	Temperatur (°C) 19 m under ytan
TEMP20M	Temperatur (°C) 20 m under ytan
TEMP25M	Temperatur (°C) 25 m under ytan
TEMP30M	Temperatur (°C) 30 m under ytan
TEMP35M	Temperatur (°C) 35 m under ytan
TEMP40M	Temperatur (°C) 40 m under ytan
TEMP50M	Temperatur (°C) 50 m under ytan
TEMP60M	Temperatur (°C) 60 m under ytan
TEMPBOTTEN	Temperatur (°C) vid botten
TEMPANM	Anmärkning (text) om temperaturprofilmätning

## Resultat och diskussion

Vi noterade att de inkluderade typerna av provfisken (nät-, kraft- och ålprovfisken) har olika historia kopplad till fältinstruktioner, nationell och internationell standardisering, kvalitetssäkring, lagring, tillgängliggörande och användning av insamlade data. Det gäller provfisket som helhet, inklusive de temperaturmätningar som görs i direkt anslutning till provfisket. I förlängningen gäller det även i vilken utsträckning andra typer av temperaturdata har använts i utvärderingar av resultat från de olika typerna av provfisken. Därför använde vi de fem frågorna på sidan 3 som checklista för innehåll snarare än för disposition av nedan redovisade sammanfattningar av temperatur kopplad till respektive typ av provfiske.

### Temperatur kopplad till nätprovfisken i sjöar

Mätning av temperatur i en djupprofil vid den djupaste platsen i sjön är ett obligatoriskt moment i undersökningstypen för nätprovfiske i sjöar (Havs- och vattenmyndigheten 2016), motiverat av att temperaturen som tidigare nämnts påverkar fångsteffektiviteten vid fiske med passiva redskap.

Temperaturprofiler har mätts och lagrats i provfiskedatabasen NORS för Sötvattenslaboratoriets standardiserade provfisken med nordiska översiktsnät sedan 1994. Temperaturprofilen mäts i dagsljus i samband med mätning av siktdjup, i den djupaste delen av sjön. Ofta görs dessa mätningar redan innan den första nätläggningen vid respektive provfiske, men undantagsvis har mätningarna gjorts före någon av de senare dagarnas nätläggning. Temperaturprofilerna har främst använts till att bedöma om sjön var temperaturskiktad vid provfisket. I så fall har språngskiktets djup uppskattats till det djup där temperaturförändringen per m var störst. Figurer av temperaturprofiler finns ibland med i sammanställningar av provfiskeresultat från enskilda sjöar. De har förklarat varför en kallvattensart som lake bara fångades på nät djupare än 15 m (Dahlberg 2014), eller till varför inga fiskar alls fångades i de djupast placerade näten i mindre och relativt grunda sjöar med endast mer varmvattensanpassade fiskarter (t.ex. Hällbom och Ekstrand Söör 2019). Ytvattentemperaturen vid provfisket var en av flera miljöfaktorer som bidrog till variationen i fisksamhällets artsammansättning och storleksstruktur mellan svenska sjöar (Holmgren & Appelberg 2000).

I sjöar som ingår i nationell miljöövervakning och IKEU mäts temperatur också vid vattenprovtagning i sjön. Mätvärden lagras och tillgängliggörs via det nationella datavärdskapet för sjöar och vattendrag (<https://miljodata.slu.se/mvm/>), och där finns åtminstone temperaturen vid de djup som har mätningar av andra fysikaliska och kemiska mätningar.

För ett urval av sjöarna finns också data från temperaturloggar som har legat i sjön i ett eller flera år. De första loggarna köptes in 1998 och placerades ut i sju sjöar under sommaren samma år (Holmgren 2002). Då ställdes loggarna in för mätning var sjätte timme. Vid djuphålan i varje sjö placerades tre loggar på olika djup, epilimnion (1-1,5 m), metalimnion (språngskiktets djup via tidigare provfisken) och hypolimnion (8-15 m i olika sjöar). Loggarna byttes sedan ut vid årliga provfisken fram till år 2000. Då inkluderades fler sjöar och mätfrekvensen ökades till var fjärde timme, men nu användes bara två loggar per sjö (i epilimnion och metalimnion). Døgnsmedelvärden via loggarna på 1-1,5 m djup stämde åtminstone i genomsnitt bra överens med både temperatur mätt vid vattenprovtagning och med

temperatur mätt på 1 m djup vid provfisken (Holmgren 2002), och de flesta parade differenserna mellan loggarnas dygnsmedelvärden låg inom +1,5 °C. Från och med 2004 användes bara ytligt placerade loggar (1-1,5 m djup), men i några sjöar kompletterades loggern vid djuphålan med en logger i en grund vik. Data från temperaturloggarna läggs alltid in i Sötvattenslaboratoriets temperaturdatabas för sjöar ("Temperaturdatabas sjöar.access"), och det görs under hösten samma år som upptagna loggar hämtas hem från respektive sjö.

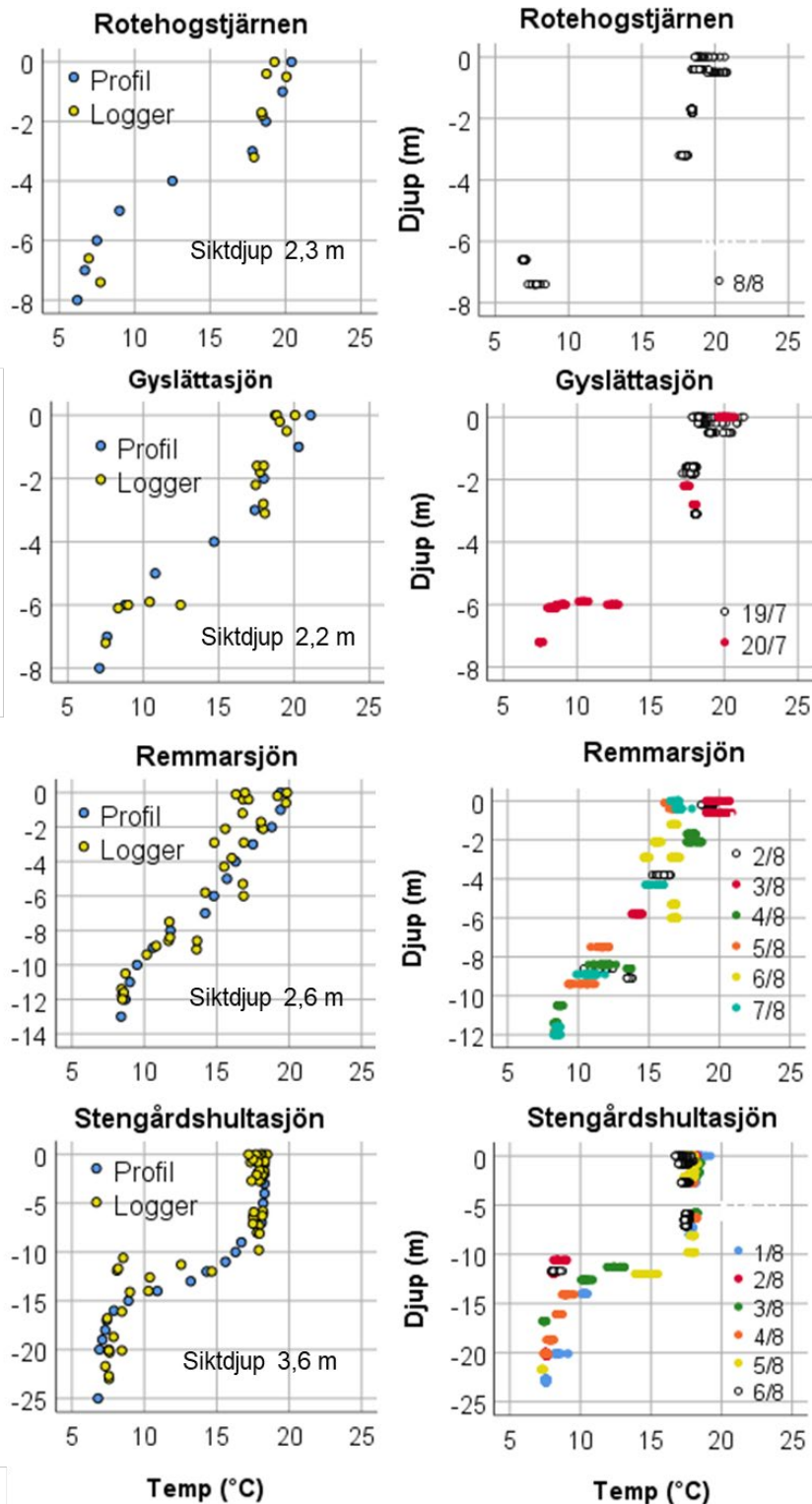
Både ytvattentemperatur mätt vid vattenprovtagningar och dygnsmedelvärden via temperaturloggar har använts till beräkning av månadsmedelvärden, och andra aggregerade mått på tillväxtförhållanden för varmvattensanpassade fiskarter under olika år. Medeltemperaturen i maj-september var positivt korrelerad med abborrens tillväxt första året (Jeppesen m.fl. 2012), och även med den relativa årsklasstyrkan hos både abborre och mört (Holmgren 2007).

I andra sammanhang relateras provfiskeresultat till geografisk variation i klimat snarare än till temperatur under själva provfisket eller under angränsande år. Årsmedelvärden i lufttemperatur och temperaturamplitud (differens mellan månadsmedelvärden i juli och januari) används för att uppskatta sjöspecifika referensvärden för olika fiskvariabler i bedömningsgrunder för ekologisk status (Havs- och vattenmyndigheten 2018). Då används SMHI:s medelvärden av lufttemperatur från standardperioden 1961-1990 (<https://www.smhi.se/data/meteorologi/temperatur>), motiverat av tidigare nämnda samband mellan ytvattentemperatur och lufttemperatur. På samma sätt har lufttemperaturen använts i flera europeiska studier baserade på standardiserade nätprovfisken i sjöar (senast Bartrons m.fl. 2020) och för att hitta mönster i biodiversitet av fisk och andra organismer i subarktiska sjöar (Lau m.fl. 2020).

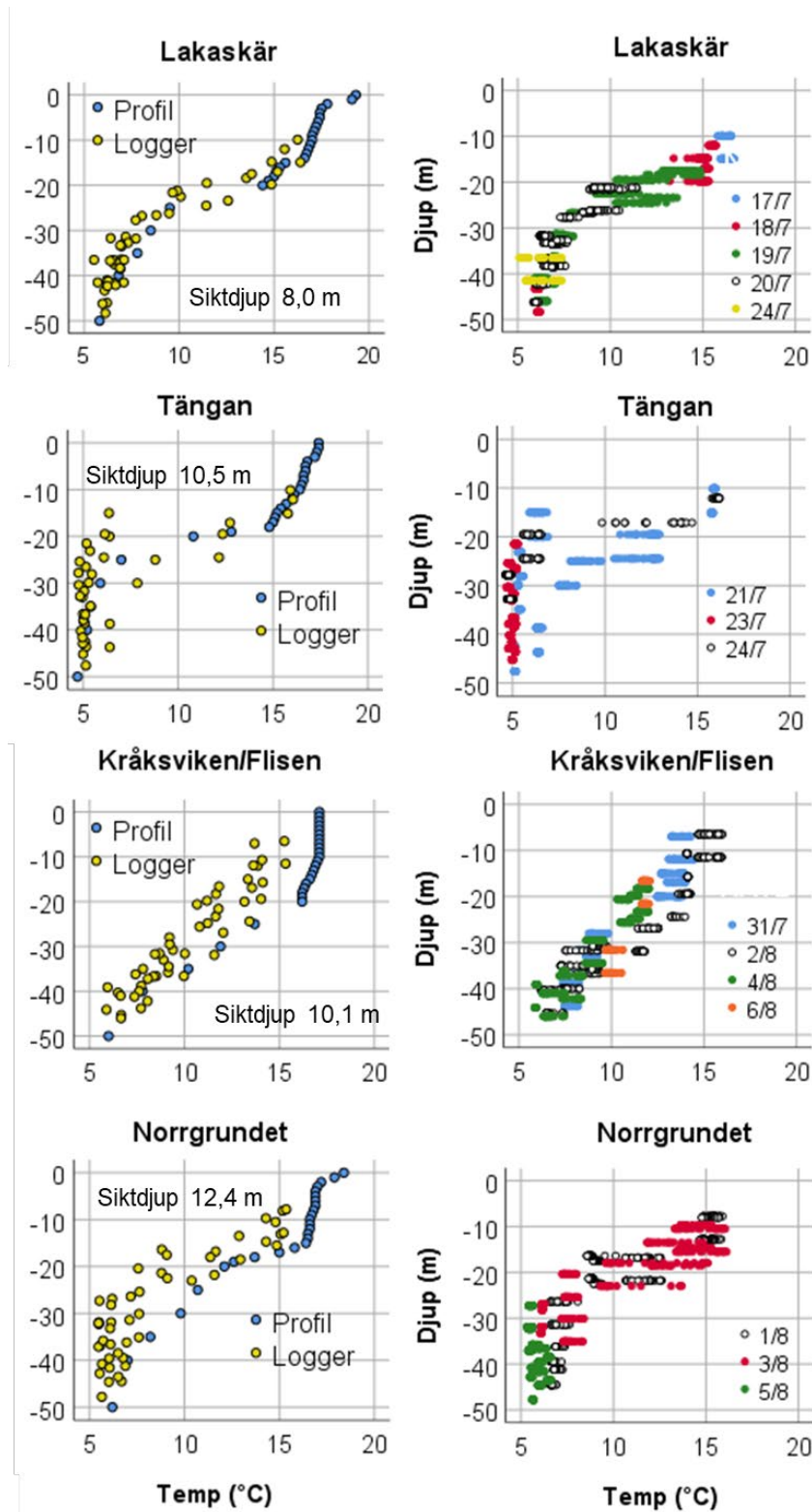
## Temperatur vid redskap jämfört med djupprofiler

Temperatur mätt vid nät nära vattenytan (placerade på grunt vatten) fanns bara från de fyra mindre sjöarna, eftersom alla nät vid provfisket i Vättern lades på minst 10 m djup. Loggertemperaturer nära ytan var generellt lika höga eller något lägre än ytvattentemperaturen vid profilmätning vid djuphåla (Figur 2). Vid nät på djupare vatten i de mindre sjöarna förekom både högre och lägre temperatur jämfört med på motsvarande djup mätt vid djuphålan. Loggar vid de djupast placerade näten i de mindre sjöarna stämde ofta bra överens med mätning på motsvarande djup vid djuphålan. Störst variation noterades på 10-12 m djup i Stengårdshultasjön. Där varierade medelvärden vid näten från 8 till 18 °C, men temperaturprofilen innan sista nätläggningen gav 14-17 °C i samma djupintervall. Enskilda loggar hade som mest ca 2,5 °C differens mellan lägsta och högsta värdet under samma nätnatt, och den högsta variationen inom logger fanns oftast nära ytan eller vid språngskiktet i Stengårdshultasjön.

Ytvattentemperaturen var något lägre vid lokalerna i Vättern (Figur 3) än i de mindre sjöarna, fast mätningarna gjordes under överlappande tidsperioder (20 juli-2 augusti jämfört med 19 juli-6 augusti). Genomsnittstemperaturer vid näten i Vättern var oftast lägre än termistoravläsningar från motsvarande djup, även om temperaturen låg nära termistorvärdet vid några nät inom varje provfiskat område.



**Figur 2:** Temperatur vid provfisken i fyra mindre sjöar 2017. Paneler till vänster visar termistormätning vid djuphåla och medelvärden via logger på varje nät, och siktdjup vid provfiske (eller närmaste vattenprovtagning i Remmarsjön och Stengårdshultasjön). Till höger visas alla loggermätningar vid näten, med färgkoder per nätlägningsdatum, där vitt är samma som för temperaturprofilen.



**Figur 3:** Temperatur vid provfisken på fyra lokaler i Vättern 2017. Paneler till vänster visar termistormätning i djupare delar av varje område och medelvärden via två loggar på varje nät, och siktdjup vid provfisket. Till höger visas alla loggermätningar vid näten, med färgkoder per nätlägningsdatum, där vitt är samma som för temperaturprofilen.

Enda undantaget var att loggertemperaturer vid flera nät lagda 21 juli i Tängan var högre än på motsvarande djup vid profilmätning 24 juli. Precis som i de mindre sjöarna varierade temperaturen både inom och mellan nätnätter på ungefär samma djup.

Totalt sett gav resultaten av pilotprojektet stöd för vårt antagande att temperaturen vid näten kan uppskattas ganska bra via den ordinarie mätningen av temperaturprofil i den djupaste delen av mindre sjöar. Däremot bekräftades farhågan att en enda temperaturprofil per provfiskeområde i Vättern ger betydligt mer osäker skattning av temperatur vid näten. Systematiska temperaturskillnader i Vättern kanske beror på ”upwelling” eller annat hydrologiskt fenomen, som vi inte kunde undersöka närmare inom ramen för detta projekt. Därför kan det vara bra att använda loggar på nät i större sjöar där liknande väderberoende hydrologiska fenomen kan förekomma. Resultaten från pilotprojektet räcker tyvärr inte för att avgöra vid vilken sjöstorlek som hydrologiska fenomen i så fall påverkar temperaturvariationen inom sjön under närliggande provfiskedagar. Varje enskilt provfiskeområde i Vättern var flera gånger större än den största av våra mindre sjöar. Förutom i Vättern sker återkommande nätprovfisken i de stora sjöarna Vänern, Mälaren och Hjälmaren, men för närvarande saknas regelbunden fiskövervakning (och tillhörande temperaturmätning) i de flesta andra sjöar som räknas som betydande vatten (area större än 100 km<sup>2</sup>) inom vattenförvaltningen.

Avståndet mellan enskilda nät och mätplatser för temperaturprofiler kan möjligen bidra till systematiska avvikelser mellan termistor- och loggermätning av temperatur på ungefär samma djup. I pilotprojektet hade vi tyvärr ingen möjlighet att beräkna avståndet mellan nätplatser och temperaturprofilens position. På senare år tas GPS-positioner vid båda ändar av lagda nät, och lagras tillsammans med andra uppgifter om enskilda nät i databasen NORS. Däremot har vi ännu inte infört någon konsekvent registrering av temperaturprofilens position vid alla våra provfisken. Därför kan vi bara grovt uppskatta att avståndet mellan nät och temperaturprofil oftast varierar från tiotals till hundratals meter i mindre sjöar, och sannolikt betydligt mer inom provfiskeområdena i Vättern och andra större sjöar.

Den observerade variationen på mer än  $\pm 1$  °C vid många av näten, i både de mindre sjöarna och i Vättern, var högre än mätinstrumentens noggrannhet. Därför speglar den reell temperaturvariation under natten på samma plats. Att profilmätning gjordes en dag i dagsljus och mätning vid näten gjordes under en eller flera nätter, kan också ha bidragit till observerade skillnader mellan temperatur i djupprofilen och medeltemperatur vid nät på motsvarande djup. Förändrad väderlek kan ha påverkat ytvattentemperaturen och kanske också förskjutning av språngskiktets djup, inte minst i den stora och djupa sjön Vättern. I Vättern är temperaturskiktningen svagare än i både mindre sjöar och andra stora sjöar (Vänern och Mälaren), och interna seicher (stående vågor) kan flytta termoklinen mer än 15 m på några dagar (Kvarnäs 2001).

Avvikelser kan till viss del också bero på osäkerhet i uppskattningen av mätplatsens djup. Osäkerheten i avläst djup på ekolodet där nätstickor/nätändar med temperaturloggar uppskattades landa kan nog i vissa fall vara mer än en meter, för nät som placeras i mer kuperade delar av sjön. Precisionen på var näten faktiskt hamnar jämfört med djupavläsningen på plottern i båten försämras också med ökande djup på platsen där nätet läggs. Det avlästa djupet på termistorns lina vid djupprofilmätningen kan vid större djup bli flera decimeter fel om linan med sensor och lod inte hänger precis lodrätt i vattnet. Inom djupintervall där temperaturen

faller snabbt med ökande djup kan en meter fel i uppskattat loggerdjup ge upphov till många av våra observerade avvikelser från temperaturprofilmätning.

### Temperatur kopplad till ålprovfiske med parrys sjor i Mälaren

Sötvattenslaboratoriet bedriver sedan många år tillbaka provfisken efter ål med parrys sjor på flera håll i landet. I Mälarviken vid Sotholmen utanför laboratoriet i Drottningholm har ett sådant provfiske utförts varje år sedan slutet av 1970-talet och det fisket har sedan standardiserats över tid. I samband med en utsättning av gruppmarkerade ålyngel 1997 intensifierades provfisket och vattentemperaturen mäts regelbundet vid ytan och sedermera även i själva redskapen.

Då ålen, som en subtropisk art med en hög optimumtemperatur för aktivitet och tillväxt (Sadler 1979), fångas olika effektivt vid olika temperaturer, vill vi med hjälp av temperaturdata kunna relatera avvikande fångster, höga som låga, till rådande vattentemperaturer. Innan datalagrande, vattentäta termometrar blev mer allmänt tillgängliga mättes endast ytvattentemperaturen med en vanlig kvicksilvertermometer. Sedan år 2015 har vi använt datalagrande termometrar av två typer, Tinytag från INTAB (Figur 4) respektive Tidbit enligt ovan.



**Figur 4:** Temperaturloggar av typ Tinytag, använda i samband med ålprovfisken. Foto: John Persson.

Mätintervallen har varierat mellan år med temperaturloggar i ålryssjor (2015-2019), mellan en mätning var sjätte timme till en varannan timme. I vår standard ingår att mätningen alltid skall ske i en bestämd ryssjestrut, vilket medför att mätdjupet blir ungefär det samma år från år. Vissa år har vi mätt i flera ryssjestrutar och ibland två eller tre loggar i vissa strutar, allt för att få en uppfattning om variationen mellan olika djup, olika redskap inom provfiskeområdet och mellan loggar på exakt samma plats och djup.

Efter avläsning av de två olika loggertyperna med respektive programvara (EasyView <https://intab.se/catalog/groups/mjukvara> och HOBOWarePro enligt ovan) lagras data i Excelformat, under "\\storage-dh.slu.se\Restricted\$\Temperaturdata\Äldre temploggsfiler kräftor och ål john fix\Temploggar Ål". Filmappens namn behöver ändras, men där kommer även motsvarande data från andra ålprovfisken (i andra sjöar och kustområden) att lagras.

För Mälarens del finns mer eller mindre kontinuerliga temperaturdata utöver de temperaturmätningar som görs i samband med ålprovfiskena. Till exempel har

Sötvattenlaboratoriet fått ta del av sådana dataserier från intagen till vattenverken vid Görväln, Lovö och Norsborg. Dessa data användes vid utvärdering av temperatur- och djupdata från några få ålar märkta med datasamlade märken (DST).

Temperaturdata från ålprovfisken i Mälaren har hittills mest använts för att förstå och förklara varför fångsterna av ål uttryckt som fångst per ansträngning varierat som de har gjort. Vi har bland annat förstått att en snabb och ihållande temperaturhöjning i maj-juni ger högre fångster än år med långsammare temperaturhöjning. När provfiskedata från de senaste åren ska utvärderas kommer eventuella temperatureffekter på fångstbarhet och tillväxt att analyseras. Från andra sjöar har liknande temperaturdata använts för att beräkna antal dagar med en för ålen gynnsam tillväxttemperatur (Wickström m.fl. 1996).

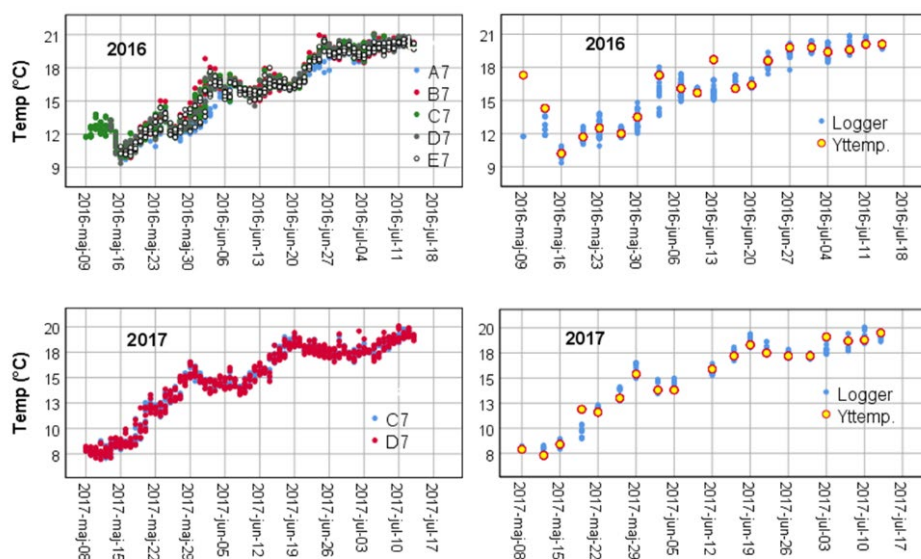
I denna rapport exemplifierar vi rumslig och tidsmässig temperaturvariation under ålfiskena i Mälaren 2016 och 2017 (Tabell 5, Figur 5, Bilaga 3). År 2016 registrerades temperaturen var sjätte timme, och 2017 var fjärde timme. Inom ett dygn var skillnaden mellan lägsta och högsta loggertemperatur oftast 1-2 °C, men ibland upp till 3°C. Dygnsvariationen inom avläsningar i samma ryssjestrut (SD=0,44-0,48 °C), eller enskilda loggar (SD=0,45-0,48), var generellt inte högre än variationen mellan temperaturmätningar oavsett logger (SD=0,46 °C). Under dygn med manuell avläsning av ytvattentemperatur utanför bryggan var loggervärdena 2016 i genomsnitt 0,3 °C lägre än ytvattentemperaturen vid vittjning av ryssjorna på dagtid. Under 2017 var motsvarande temperaturskillnad marginell (-0,01 °C). Sammanfattningsvis speglade de manuella temperaturmätningarna i genomsnitt temperaturen vid redskapen ganska väl. Båda typer av temperaturmätningar visade hur temperaturen i det provfiskade området ökade mer eller mindre trappvis under provfiskeperioderna, men med högre upplösning i mätningarna via loggar.

**Tabell 5:** Temperaturvariation vid ålprovfisken vid Sotholmen i Mälaren 2016 och 2017, som standardavvikelse (SD) beräknad på dygnsmedelvärden (dygn) av alla loggar i området, av en eller flera loggar per strut (strutdygn) och av enskilda loggar (loggerdygn). Dessutom visas medelvärde ± SD av differens mellan enskilda loggerregistreringar och en momentan mätning utanför bryggan samma datum. Antalet beräknade SD-värden respektive differenser anges inom parentes. Dessutom listas djupintervallet för temperaturloggarnas placering, antal strutar med loggar, antal loggar och antal dygn med en momentan temperaturmätning i ytvattnet utanför bryggan.

År	Djup (m)	Antal			SD temperatur (°C)			Medeldifferens logger - yttemp (°C, N)
		Strutar	Loggar	Ytan	Dygn	Strutdygn	Loggerdygn	
2016	1,1-3,5	5	7*	20	0,46 (67)	0,44 (313)	0,45 (444)	-0,30 ± 1,01 (608)
2017	1,7-2,0	2	2	19	0,46 (67)	0,48 (134)	0,48 (134)	-0,01 + 0,80 (216)

\* tre loggar på strut C7





**Figur 5:** Temperaturvariation vid älprovfisken vid Sotholmen i Mälaren 2016 (överst) och 2017 (nederst). Till vänster visas alla registrerade värden för enskilda temperaturloggar placerade på ryssjestrutar A7-E7 (tre loggar på C7, annars en logger per strut). Till höger visas alla loggervärden under ett dygn vid provfiskets start och under varje vittjningsdatum, tillsammans med en momentan temperaturmätning i ytvattnet utanför bryggan.

## Temperatur kopplad till kräftprovfisken med mjärddar i sjöar

Temperatur är en bra parameter för att kontrollera hur tillväxtsången och reproduktionsförhållandena för kräftor har sett ut det senaste året. Kräftorna är starkt temperaturbundna och deras aktivitet (födoletande, parning, ömsning etc.) kan på olika sätt relateras till den omgivande vattentemperaturen. Därför är temperaturdata ett viktigt underlag för analyser av beståndsutveckling och rekrytering, och för prognoser av kommande möjligheter i fisket.

Mätning av ytvattnets temperatur är ett obligatoriskt moment i undersökningstypen för provfiske efter kräftor i sjöar och vattendrag (Havs- och vattenmyndigheten 2016), och mätning av temperaturprofil (på varje m, ned till 15 m djup) anges som frivillig uppgift. Temperaturmätningen motiveras med att vattentemperaturen påverkar provfiskeresultatet, genom att kräftorna blir inaktiva och svårfångade vid låga vattentemperaturer. Efter fåltsången lagras resultaten av yttemperatur- och temperaturprofilmätningen i Kräftdatabasen.

(<http://kraftdatabasen.se>), dvs. tillsammans med resultaten från själva provfisket.

Enligt Sötvattenslaboratoriets tidigare manual skulle en temperaturprofil mätas vid anvisad provpunkt i samband med alla kräftprovfisken med mjärddar i mindre sjöar och inom avgränsade områden i större sjöar. Vid kräftprovfisken i mindre sjöar skulle två temperaturloggar placeras ut på alla lokaler, för att bytas ut vid nästa provfiske i samma sjö. Den ena skulle placeras på 1 meters djup och den

andra på ett djup som motsvarar den djupast placerade kräftmjärden. I större sjöar används bara en logger per lokal, placerad i den djupaste delen av den provfiskade lokalen. Manualen har uppdaterats inför fåltsäsongen 2020, bland annat för att det har varit svårt att hitta alla loggar som tidigare placerades ut i flera sjöar. Den nya instruktionen är att en logger ska läggas i anknötning till provfiskeplatsen om möjlighet finns. Annars läggs den så nära som möjligt med bojsystem i större sjöar eller längst ner vid någons brygga i mindre sjöar.

I sjöar med kräftprovfisken har tre typer av temperaturloggar använts (HOBO Tidbit v2 templogger UTBI-001, HOBO Tidbit MX Temp 400 och Tiny tag, se de två förstnämnda i Figur 6). Loggarna har ställts in för mätning var fjärde timme, och de har fått ligga kvar i sjön (nära botten) fram till nästa provfiske ett år senare. Efter fåltsäsongen har temperatur och klockslag laddats ner och sparats som en Excel-fil per logger. Under våren 2020 kompletterades Excel-filerna med de metadata som behövs för att i efterhand samla alla befintliga loggerdata från kräftprovfiskesjöarna i Sötvattenslaboratoriets temperaturdatabas för sjöar ("Temperaturdatabas sjöar.access"). Excel-filerna ligger tills vidare samlade under 2015\storage-dh.slu.se\Restricted\$\Temperaturdata\Äldre temploggsfiler kräftor och ål john fix\Temploggar Kräftor, men namnet på mappen för dessa backup-filer behöver ändras.

Bland Sötvattenslaboratoriets utförda kräftprovfisken 2016-2017 fanns tolv fisken med matchande temperaturmätningar via loggar och via direkt mätning i djupprofil, eller i ett fall bara vid ytan (Tabell 6). Temperaturloggarna låg på botten vid fixerade djup som motsvarade kräftmjärdarnas placering. Under närliggande dagar var variationsbredden i loggervärdena 0,2-4,1 °C. Denna temporala variation var generellt något högre än den rumsliga variationen inom profilmätningar ner till loggerdjupet (0,0-1,0 °C). Mediantemperaturen i profilen var ofta något lägre än vid medianen av loggermätningar under ett par dygn i samband med provfisket, men skillnaden var som högst 1,1 °C. De båda typerna av temperaturmätningar i anslutning till provfisket ger därför ganska likvärdiga skattningar av genomsnittstemperaturen i det område där kräftmjärdarna är placerade.



**Figur 6:** Temperaturloggar av typ HOBO Tidbit v2 templogger UTBI-001 (till vänster) och HOBO Tidbit MX Temp 400 (till höger), använda i samband med kräftprovfisken. Foto: John Persson.

**Tabell 6:** Temperaturmätningar (min, median och max) i samband med kräftprovfisken. Loggermätningar avser registrerad temperatur samma datum som provfisket startade (Datum1) och om möjligt dygnet före och/eller efter. Profilmätningar avser avlästa värden vid ytan och varje m ned till angivet djup.

Sjö	Lokal	Datum1	Temperatur (°C) - loggar					Temperatur (°C) - profiler				
			Djup (m)	Min	Median	Max	N	Djup (m)	Min	Median	Max	N
Öre sjö	Södra Öresjö	2016-08-25	1,5	16,6	18,6	19,7	6	0 = ytan	19,1	19,1	19,1	1
Vänern	Bärstaviken	2016-08-24	6,0	16,6	16,8	17,1	8	0-6 m	16,9	17,3	17,6	7
Vättern	Flisen	2016-08-31	6,5	14,3	14,5	16,8	6	0-7 m	15,1	15,1	15,2	8
Vättern	Flisen	2017-08-24	6,5	16,6	16,8	17,1	5	0-7 m	16,5	16,5	16,5	8
Vättern	Stora Röknen	2017-08-26	8,5	16,6	17,0	17,2	12	0-9 m	16,8	16,9	17,0	10
Vättern	Tängan	2017-08-22	13,0	16,7	16,8	16,9	12	0-13 m	16,6	16,7	17,1	14
Hjälmaren	Norra Valen	2016-09-05	0,5	16,7	17,1	17,7	11	0-5 m	17,7	17,7	18,1	6
Hjälmaren	Norra Valen	2017-09-02	0,5	16,7	17,1	17,7	11	0-4 m	17,5	18,2	18,5	5
Hjälmaren	Nännön	2016-08-30	5,0	16,7	16,8	17,0	8	0-5 m	17,1	17,1	17,1	6
Hjälmaren	Nännön	2017-09-04	5,0	12,3	15,9	16,4	15	0-6 m	15,9	16,0	16,1	7
Hjälmaren	Röskö	2016-08-31	0,5	16,4	16,6	17,1	8	0-5 m	16,3	16,7	17,0	6
Hjälmaren	Röskö	2017-09-01	0,5	16,7	17,2	18,0	7	0-5 m	16,8	17,0	17,5	6

Data från temperaturloggar som har legat i sjön hela året kan naturligtvis användas till beräkning av till exempel dygns-, månads-, säsong- och årsmedelvärden, på samma sätt som i de sjöar som provfiskas med översiktsnät (Holmgren 2002). I andra sammanhang har kräftprovfiskedata relaterats till lufttemperatur (års- och säsongmedelvärden) via månadsmedelvärden från SMHI:s mest närliggande mätstationer (t.ex. Sandström m.fl. 2014).

## Slutsatser och förslag

Våra temperaturjämförelser utgör ingen direkt interkalibrering av mätningar med olika mätinstrument. Med undantag för tre loggar i samma ålyrssjestrut 2016, kom jämförda mätvärden inte från exakt samma plats och tidpunkt. Samtidigt rör sig fiskar (möjligen även kräftor) över större områden än i direkt anslutning till de redskap där de fångas, och därmed kanske i vatten med en eller några graders temperaturskillnad under samma dygn.

Pilotstudien 2017 bekräftade att en temperaturprofilmätning kan användas till i genomsnitt rimliga skattningar av temperaturen vid enskilda nät placerade vid olika djup i olika delar av mindre sjöar. Pilotstudien bekräftade också farhågan att temperaturmätningar vid enskilda nät i Vättern kan avvika oacceptabelt mycket från temperatur mätt vid motsvarande djup i en enda temperaturprofilmätning per provfiskat område.

Våra temperaturjämförelser i samband med ål- och kräftprovfisken 2016-2017 visade att momentana temperaturmätningar stämde överraskande väl överens med medelvärden från temperaturloggar placerade i de provfiskade områdena. Alla ålyrssjöar placerades dock grunt inom ett snävt djupintervall (1,1-3,5 m). Därför kan både de momentana mätningarna och de mer kontinuerliga loggervärdena betraktas

som olika skattningar av ytvattentemperatur i det provfiskade området. Kräftmjärdar, och därför också temperaturloggar, placerades ibland något djupare, på upp till 5 m i Hjälmaren och upp till 13 m i Vättern. Även i dessa fall kan hela det provfiskade området betraktas som ytvatten, eftersom momentan temperatur precis vid ytan aldrig var mer än 1 °C högre än temperaturen vid loggerdjupet.

Hanteringen av temperaturloggar vid enskilda redskap i nätprovfisken var tidsödande, både i fält och inte minst när data skulle laddas ner, kvalitetssäkras och lagras. I pilotstudien fick vi problem med att koppla alla insamlade loggervärden till rätt nätplats i sjön. Rutinerna i fält och på kontoret kan säkert förbättras om liknande mätningar ska göras i framtiden, men mervärdet av loggermätningar vid enskilda nät behöver vägas mot merkostnader i arbetstid.

I de mindre sjöar som provfiskas inom nuvarande miljöövervakning och kalkningseffektuppföljning verkar mervärdet av temperaturmätning vid näten vara lågt i förhållande till ökade kostnader för fältarbete och efterföljande datahantering. Att mäta temperaturprofiler varje dag kan vara ett alternativt sätt att få mer information om temperaturvariation under provfisket. Det motsvarar max en timme extra arbetstid per dag i fält och försumbar tidsökning på kontoret, eftersom temperaturprofildata registreras på fältdator samma dag som mätningen görs. Därför är det värt att undersöka i några av de sjöar som alltid provfiskas under flera nätter i rad.

I stora sjöar som Vättern behövs definitivt mer än en temperaturprofil per provfiske för att få rättvisande uppskattning av temperatur vid enskilda nät. Långa restider på sjön och många temperaturavläsningar i varje profil skulle ge påtagligt ökade kostnader för att mäta tillräckligt många temperaturprofiler per provfiske, t.ex. varje dag under ett provfiske och i olika delar av det provfiskade området. Tidsåtgången för flera temperaturprofiler kan antagligen motsvara flera arbetsdagar i samband med varje ordinarie provfisksats i Vättern. Temperaturloggar fästa på varje nät kan därför vara ett kostnadseffektivt sätt att få bättre information om både rumslig och temporal variation i temperaturen vid provfisken i större sjöar. Arbetstiden i fält ökar obetydligt om loggarna sys in i näten före fältsäsongen, istället för att som i pilotprojektet sättas på och plockas av varje provfiskedag. Datahanteringen efter fältarbetet kan i så fall förenklas med förberedda kopplingar mellan loggeridentitet och nätidentitet i provfiskarens datainmatningsprogram, i kombination med direktinmatning av både nätidentitet, nätplats (nummer/kod och GPS-position) och tidpunkter för läggning och upptag av varje nät.

Användning av temperaturloggarna ingår redan som rutin vid ål- och kräftprovfisken, men där fyller de delvis en annan funktion än vid nätprovfisken. Ålprovfisken utförs, till skillnad från övriga provfisken, under flera veckor under en period med ökande ytvattentemperatur. Fortsatt användning av temperaturloggar motiveras av att de ger en högre tidsupplösning av temperaturvariationen under provfisket, jämfört med momentana mätningar när ryssjorna vittjas. Efter flera års användande av temperaturloggar, vet vi att de har en hög tillförlitlighet och är lätta att använda.

Temperaturloggarna i sjöar med kräftprovfisken ligger kvar i området hela året. De ger därför hög upplösning av vattentemperaturens variation i området även de tider på året när inga provfisken sker, på samma sätt som när temperaturloggar används i en del av de mindre sjöar som regelbundet provfiskas med nät.

Vårt största problem med temperaturdata kopplade till ål- och kräftprovfisken var att varken data från momentana mätningar eller från temperaturloggar hade lagrats konsekvent i kvalitetssäkrade databaser. Problemet

åtgärdades delvis under projektets gång. Momentana temperaturmätningar vid ål- och kräftprovfisken kommer fortsättningsvis att kvalitetssäkras och lagras tillsammans med övriga provfiskedata direkt efter fältsäsongen. Excelfiler av nedladdade data från temperaturloggar (både från 2016-2017 och alla andra år) har nu förberetts för att lagras i Sötvattenslaboratoriets temperaturdatabas för sjöar ("Temperaturdatabas sjöar.access"). Vi föreslår att nya data från temperaturloggar kvalitetssäkras och lagras i databasen direkt efter fältsäsongen, precis som data från de temperaturloggar som används i mindre sjöar med nätprovfisken. Det gäller inte bara temperaturloggar i sjöar med de tre typer av provfisken som vi behandlade i denna rapport, utan även om temperaturloggar används i sjöar inom andra projekt. För att underlätta fortlöpande kvalitetssäkring och tillgängliggörande av insamlade temperaturdata föreslår vi också att arbetet koordineras inom den grupp som jobbar med utveckling av alla Sötvattenslaboratoriets databaser.

Den här analysen fokuserade på temperaturmätningar kopplade till några typer av provfisken i en del av den fiskövervakning som utförs av oss på Sötvattenslaboratoriet på SLU. Både vi och andra externa intressenter använder ofta data från provfisken i våra nationella databaser, som också omfattar liknande provfisken utförda av många andra aktörer. Därför bör kanske både datavårdskap och undersökningstyper utvecklas, så att framtida data från både momentana och kontinuerliga temperaturmätningar i framtiden lättare kan kopplas till utförda provfisken. För att kunna ta hänsyn till avstånd mellan enskilda nät och olika typer av temperaturmätningar behövs GPS-positioner för varje mätpunkt i respektive databas. Behovet av data på relevant rumslig och tidsmässig variation i vattentemperatur bör behandlas separat för olika typer av provfisken, och även för sjöar och vattendrag med olika storlek och hydrologi. Mätning av vattentemperatur bör definitivt behandlas i en pågående utredning av hur miljöövervakningen av betydande vatten bör utvecklas.

## Erkännanden

Arbetet initierades i Sötvattenslaboratoriets utvecklingsgrupp för datainsamling, och finansierades via Sötvattenslaboratoriets anslag för fortlöpande miljöanalys. Vi vill speciellt tacka Alfred Sandström, Ida Ahlbeck Bergendahl, Lennart Edsman och Magnus Dahlberg, som alla deltog i utvecklingsgruppens tidigare diskussioner om olika delar av projektet. Alfred och Lennart bidrog dessutom med värdefulla synpunkter på tidigare utkast till denna sammanställning.

## Referenser

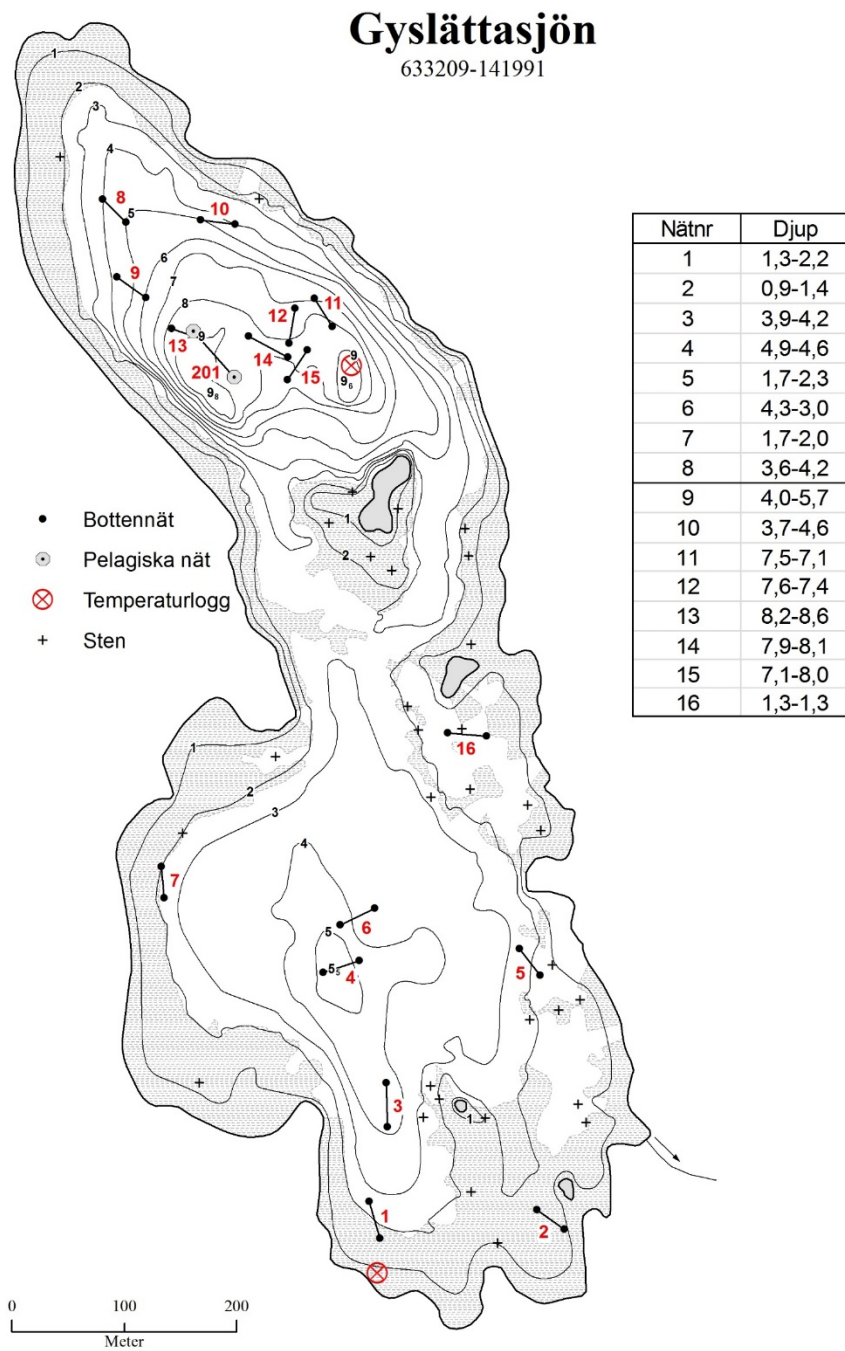
- Bartrons, M., T. Mehner, C. Argillier, M. Beklioglu, P. Blabolil, T. Hesthagen, K. Holmgren, E. Jeppesen, T. Krause, S. Podgornik, P. Volta, I.J. Winfield & S. Brucet. 2020. Energy-based top-down and bottom-up relationships between fish and phytoplankton across lakes at a continental scale. *Limnology and Oceanography*, doi: 10.1002/lno.11434.
- CEN. 2015. Water quality - sampling of fish with multi-mesh gillnets. European standard. European Committee for Standardization. Ref. No. EN 14757:2015.

- Crowder, L.B., J.J. Magnuson & S.B. Brandt. 1981. Complementarity in the use of food and thermal habitat by Lake Michigan fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 38: 662-668.
- Dahlberg, M. 2014. Provfiske i Hällvattnet 2012, SLU.aqua.2014.5.5-74, 7 sidor.
- Fee, E.J., R.E. Hecky, S.E.m. Kasian & D.R. Cruikshank. 1996. Effects of lake size, water clarity, and climatic variability on mixing depth in Canadian Shield lakes. *Limnology and Oceanography* 41: 912-920.
- Havs- och vattenmyndigheten. 2016a. Undersökningstyp: Provfiske i sjöar. Version 1:4, 2016-09-08, 19 sidor.
- Havs- och vattenmyndigheten. 2016b. Undersökningstyp: Provfiske efter kräftor i sjöar och vattendrag. Version 2:1, 2016-02-10, 41 sidor.
- Havs- och vattenmyndigheten. 2017. Swedish Work Plan for data collection in the fisheries and aquaculture sectors 2017-2019. Version 1.0 – 2017. Version 1.1 – 2018-2019. <https://www.havochvatten.se/download/18.5b3194f816e1e7bd6bcb5fb/1572508645650/sweden-dcf-national-program-proposal-2018-2019-text.pdf>.
- Havs- och vattenmyndigheten. 2018. Fisk i sjöar. Vägledning för statusklassificering. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2018: 36, 19 sidor.
- Holmgren, K. 2002. Erfarenheter av temperaturloggar i sjöar inom Integrerad KalkningsEffekt-Uppföljning och nationell miljöövervakning. Institutionen för Miljöanalys, SLU, Rapport 2002:19, 24 sidor.
- Holmgren, K. 2007. Fiskfaunans variation inom och mellan sjöar av olika karaktär. Fiskeriverket Informerar 2007: 1, 44 sidor.
- Holmgren, K & M. Appelberg. 2000. Size structure of benthic fish communities in relation to environmental gradients. *Journal of Fish Biology* 57: 1312-1330.
- Hällbom, M. & B. Ekstrand Söör. 2019. Resultat från provfiske i Kvarnsjön 2019. SLU.aqua.2019.5.1-44, 9 sidor.
- Jeppesen, E., T. Mehner, I.J. Winfield, K. Kangur, J. Sarvala, D. Gerdeaux, M. Rask, H.J. Malmquist, K. Holmgren, P. Volta, S. Romo, R. Eckmann, A. Sandström, S. Blanco, A. Kangur, H. Ragnarsson-Stabo, M. Tarvainen, A.-M. Ventelä, M. Søndergaard, T.L. Lauridsen & M. Meerhoff. 2012. Impacts of climate warming on the long-term dynamics of key fish species in 24 European lakes. *Hydrobiologia* 694: 1-39.
- Kvarnäs, H. 2001. Morphometry and hydrology of the four large lakes of Sweden. *Ambio* 30: 467-474.
- Lau, D.C.P., K. Christoffersen, J. Erkinaro, B. Hayden, J. Heino, S. Hellsten, K. Holmgren, K.K. Kahilainen, M. Kahlert, S.M. Karjalainen, J. Karlsson, L. Forsström, J. Lento, M. Mjelde, J. Ruuhijärvi, S. Sandøy, A.K. Schartau, M.-A. Svenning, T. Vrede & W. Goedkoop. 2020. Multitrophic biodiversity patterns and environmental drivers of Arctic and sub-Arctic lakes in northern Europe. *Freshwater Biology*, doi: 10.1111/fwb.13477.
- Livingstone, D.M. & A.F. Lotter. 1998. The relationship between air and water temperatures in lakes of the Swiss Plateau: a case study with palaeolimnological implications. *Journal of Paleolimnology* 19: 181-198.
- McCombie, A.M. 1959. Some relationships between air temperatures and the surface water temperatures of lakes. *Limnology and Oceanography* 4: 252-258.
- Ragotzkie, R.A. 1978. Heat budgets of lakes. Pp 1-19 In: Lerman, A. (Ed.). *Lakes - chemistry, geology, physics*. Springer Verlag, New York Inc.
- Rose, K.C., L.A. Winslow, J.S. Read & G.J.A. Hansen. 2016. Climate-induced warming of lakes can be either amplified or suppressed by trends in water clarity. *Limnology and Oceanography Letters* 1: 44-53.
- Sadler, K. 1979. Effects of temperature on the growth and survival of the European eel, *Anguilla anguilla* L. *Journal of Fish Biology*, 15: 499-507. doi:10.1111/j.1095-8649.1979.tb03633.x
- Sandström, A., M. Andersson, A. Asp, P. Bohman, L. Edsman, F. Engdahl, P. Nyström, M. Stenberg, P. Hertonsso, T. Vrålstad & W. Granéli. 2014. Population collapses in introduced non-indigenous crayfish. *Biological Invasions* 16: 1961-1977.

- Sandström, A., J. Norrgård, J. Dannewitz & E. Bergstrand. 2009. Kan införandet av fiskefria områden vända trenden för fisken i Vättern? Resultat från övervakningsprogram och inventeringar i Vättern 2005-2007. Vätternvårdsförbundet. Rapport 96, 98 sidor.
- Souchon, Y & L. Tissot. 2012. Synthesis of thermal tolerances of the common freshwater fish species in large Western Europe rivers. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 405: 3, doi: 10.1051/kmae/2012008.
- Westhoff, J.T. & A.E. Rosenberger. 2016. A global review of freshwater crayfish temperature tolerance, preference, and optimal growth. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 26: 329-349.
- Wickström, H. 1986. Sötvattenslaboratoriets ålundersökningar 1977-85. Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm, Nr 13, 1986, 43 sidor.
- Wickström, H. & N.B. Sjöberg. 2014. Traceability of stocked eels - the Swedish approach. *Ecology of Freshwater Fish. Special Issue: EU EELIAD: Anguillid eels: conserving a global fishery* 23: 33-39.
- Wickström, H., L. Westin & P. Clevestam. 1996. The biological and economic yield from a long-term eel-stocking experiment. *Ecology of Freshwater Fish* 5: 140-147.



**Bilaga 1:** Exempel på nätläggningskarta för en av de fyra mindre sjöarna med temperaturloggar på varje bottensatt nät vid provfisket 2017.

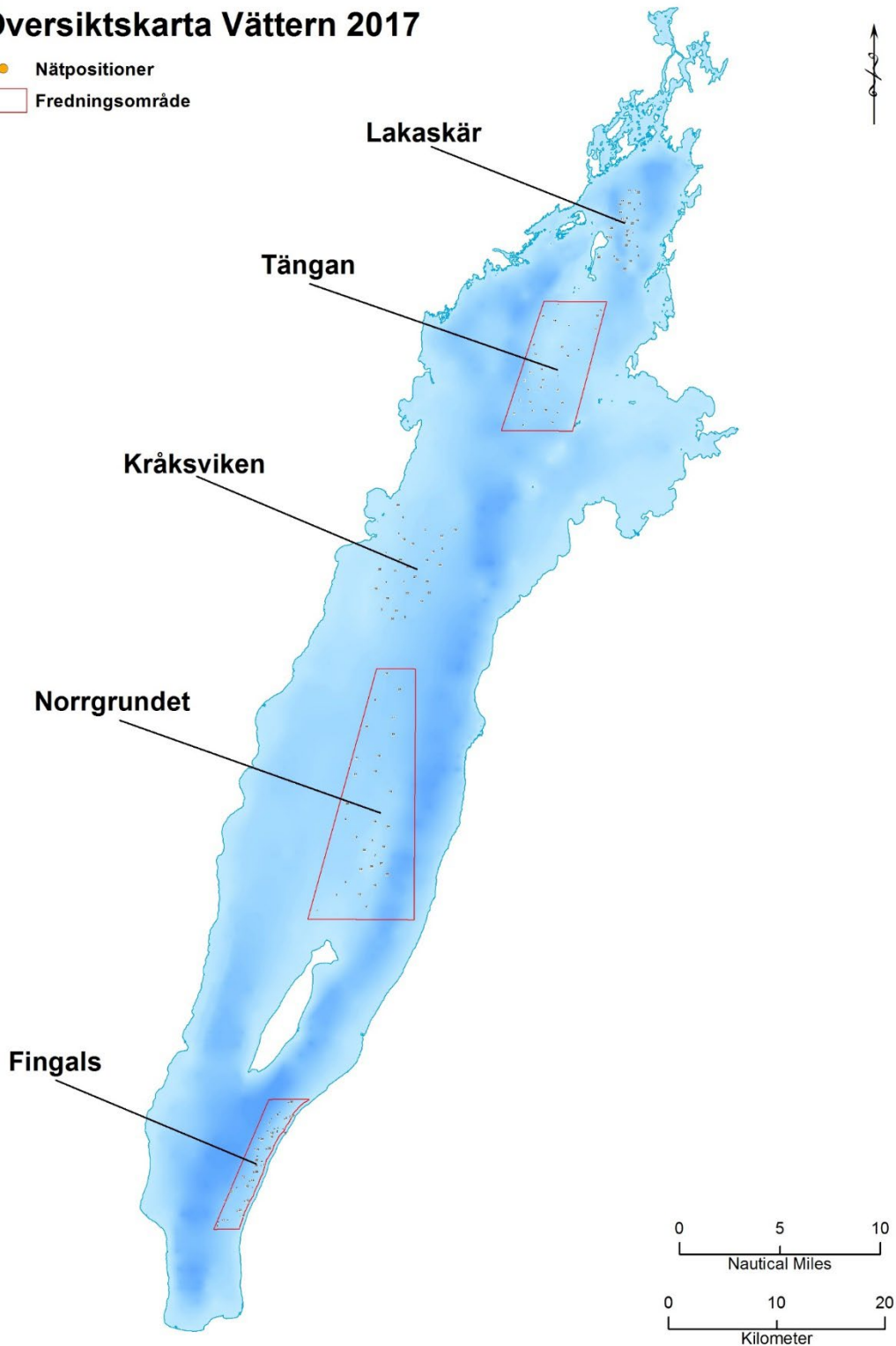




**Bilaga 2:** Översikt av provfiskade områden och nätlägningsplatser i Vättern 2017. Temperaturloggar placerades på näten i två fredningsområden (Tängan och Norrgrundet) och två områden där fiske är tillåtet (Lakaskär och Kråksviken/Flisen), och bottenatta nät fördelades på 10-50 m djup.

## Översiktskarta Vättern 2017

- Nätpositioner
- ▭ Fredningsområde



**Bilaga 3:** Översikt av det område vid Sotholmen i Mälaren där provfisken efter ål utförs varje år. De blåmarkerade sträckorna utgör fem lokaler (A-E), med vardera åtta parrys-sjor (16 strutar). År 2016 placerades temperaturloggar på varje lokal, i den sjunde struten (A7-E7) räknat från sjön in mot land, och 2017 i strutarna C7 och D7.

