

Rapport

**P-21-27**

December 2021



# Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2021

**Micke Borgiel**

**Susanne Qvarfordt**

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

SWEDISH NUCLEAR FUEL  
AND WASTE MANAGEMENT CO

Box 3091, SE-169 03 Solna  
Phone +46 8 459 84 00  
skb.se

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING



ISSN 1651-4416

**SKB P-21-07**

ID 1931626

December 2021

# Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2021

Micke Borgiel, Susanne Qvarfordt  
Sveriges Vattenekologer AB

*Keywords:* Vattentemperatur, Gölgroda, Ytvatten, Gölar, Småvatten, AP SFK-21-016.

Denna rapport har gjorts på uppdrag av Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Slutsatser och framförda åsikter i rapporten är författarnas egna. SKB kan dra andra slutsatser, baserade på flera litteraturkällor och/eller expertsynpunkter.

Data i SKB:s databas kan ändras av olika skäl. Mindre ändringar i SKB:s databas kommer nödvändigtvis inte att resultera i en reviderad rapport. Revideringar av data kan också presenteras som supplement, tillgängliga på [www.skb.se](http://www.skb.se).

Denna rapport är publicerad på [www.skb.se](http://www.skb.se)

© 2021 Svensk Kärnbränslehantering AB



## Sammanfattning

Det använda kärnbränslet från det svenska kärnkraftsprogrammet ska enligt planerna slutgiltigt tas om hand genom geologisk deponering i berggrunden. För att skydda människa och miljö på lång sikt vill SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i det svenska urberget. I samband med tillståndsansökan för att bygga ett slutförvar i Forsmark sökte SKB även dispens från Artskyddsförordningen gällande bland annat gölgröda (*Pelophylax lessonae*). Detta för att uppförandet av förvarets ovanmarksdelar innebär att en göl med gölgrödor behöver fyllas igen. För att kompensera för den igenfyllda gölen har sex nya gölar anlagts i Forsmarksområdet. Ett uppföljningsprogram har upprättats för att säkerställa att dessa nya gölar blir lämpliga habitat för gölgrödor, som har mycket specifika krav på sin livsmiljö. Uppföljningen omfattar vattenkemi-provtagningar, ytvattennivåmätningar samt dokumentation av gölarna i form av fotografering.

År 2016 utökades uppföljningen med automatisk mätning av ytvattentemperatur under den isfria delen av året. Syftet var att undersöka om de anlagda gölarna skiljer sig med avseende på temperatur från naturliga gölar som har reproduktion av gölgröda. År 2016 mättes temperaturen under perioden vår-höst i de sex anlagda gölarna samt i tre naturliga gölar. Mätningarna fortsatte under 2017 i elva gölar (i de sex anlagda och i fem naturliga). Under 2018 utökades mätprogrammet ytterligare till 14 gölar i området (i de sex anlagda och i åtta naturliga). Vattentemperatur har därmed mätts i de anlagda gölarna under säsongen vår-höst i tre år (2016–2018). Mätningarna visar att temperaturen i de anlagda gölarna ligger inom intervallet som uppmätts i naturliga gölar under samma tidsperioder. Det ursprungliga syftet med mätningarna är således uppfyllt.

Under 2019 gjordes vattentemperaturmätning istället i syfte att undersöka vattentemperaturen i naturliga gölar öster om sjön Bolundsfjärden. För att möjliggöra jämförelse med tidigare års mätningar ingick också några andra gölar som ingått i tidigare mätkampanjer. Resultaten från mätningarna visade att det inte fanns några väsentliga skillnader i vattentemperatur mellan gölarna på östra respektive västra sidan om Bolundsfjärden.

Om vattennivåerna i fem utvalda våtmarker sjunker på grund av SKB:s byggnation av kärnbränsleförvaret kommer SKB att tillföra vatten i dessa. En av de parametrar som då är viktig att ha kontroll på är att det tillförda vattnet inte gör att gölarna blir mycket kallare än normalt eftersom det skulle påverka reproduktionsframgången för gölgröda. Vattentemperaturen i de gölar där vatten tillförs blir således en av flera parametrar som kommer att behöva övervakas om infiltration startas. De data som hade samlats in 2020 har analyserats för att se om mätserierna i specifika gölar kan beräknas utifrån korrelationer mellan vattentemperatur i andra gölar eller med lufttemperaturdata. Analysen visar en god överensstämmelse mellan gölarnas vattentemperatur, vilket gör att dessa bör kunna beräknas utifrån data från några utvalda gölar där mätningarna fortsätter. Under 2021 görs mätningar därför i ett mindre antal gölar. Den här rapporten omfattar utförande och resultat av ytvattentemperaturmätningar i sju gölar under fältsäsongen 2021.

Mätningarna 2021 utfördes i sex naturliga gölar och i en anlagd göl. Vattentemperaturmätningarna gjordes liksom tidigare med semi-stationära mätinstrument, som mätte och sparade vattentemperaturvärden varje hel timme. Mätningarna genomfördes mellan den 16 april och den 13 oktober 2021. För att mätarna alltid skulle mäta vattentemperaturen i det övre vattenskiktet fästes mätarna vid en flytkropp i respektive göl. Temperaturmätarna var placerade i de djupare delarna av gölarna.

Vattentemperaturen och dess dygnsvariation var likartad i de olika gölarna och samtliga gölar uppvisade temperaturförhållanden som är gynnsamma för gölgrödor. Under merparten av perioden, då äggen kläcks och ynglen utvecklas till smågrödor (mitten av maj–augusti), var vattentemperaturen över 19 °C under större delen av dygnet. Medeltemperaturen i gölarna under högsommaren 2021 var i nivå med 2018, då mycket höga vattentemperaturer noterades under juli. År 2018 var medeltemperaturen i gölarna mellan 25 och 30 °C, vilket även var fallet under stora delar av juli 2021. Skillnaderna i medeltemperatur mellan 2021 och 2020, är mer framträdande, då medeltemperaturen låg betydligt lägre, under högsommaren förra året. Under 2020 var det dock något varmare under försommars och sensommars än under samma period 2021.

## Summary

Spent nuclear fuel from the Swedish nuclear power programme is planned to be dealt with through geological disposal in the bedrock. In order to protect people and the environment in the long term, SKB (Swedish Nuclear Fuel and Management Co) will build a repository in the Swedish bedrock. When applying for building a repository for spent nuclear fuel at Forsmark, SKB also applied for dispensation from the Species Protection Act. The exemption includes the pool frog (*Pelophylax lessonae*), as the construction of the surface facility part of the repository implies that one pond, which today is a reproduction site for the pool frog, will disappear. This habitat loss has been compensated for by creating six new ponds in the Forsmark area. A monitoring programme has been established to ensure that the constructed ponds are suitable for pool frogs, which have very specific demands on their habitat. The ongoing monitoring programme includes water chemistry sampling and measurements as well as documentation of the ponds in the form of photography and water level measurements.

In 2016, the monitoring was expanded to also include measurements of surface water temperature during the ice-free part of the year in order to investigate whether the temperatures in the constructed ponds differ from those in natural ponds with pool frog reproduction. In 2016 measurements were conducted in nine ponds in the area (six constructed and three natural ponds). The measurements continued during the ice-free part of 2017 in eleven ponds, including five natural ponds. During the ice-free part of 2018, temperature measurements were expanded to 14 ponds of which eight were natural. Water temperature has thus previously been measured in the constructed ponds during the spring-autumn season for three years (2016–2018). The measurements show that the constructed ponds are within the temperature range measured in natural ponds during the same time period. The original purpose of the measurements is thus fulfilled.

In 2019, water temperature measurements were instead carried out with the aim of examining the water temperature in natural ponds east of lake Bolundsfjärden. To enable comparisons with previous measurements, some ponds were also included that had previously been included.

If the water levels in the five selected wetlands are lowered due to SKB's construction of the spent nuclear fuel repository, SKB will add water to them. The water temperature in the ponds where water is supplied will thus be one of several parameters that will need to be monitored. The data collected so far was analysed in 2020. The idea was that measurement data from the year 2020 could be calculated based on previous measurements and compared with the collected data from that year.

The analysis shows a good consistency between the water temperature in the ponds, which means that these could be calculated based on data from a few selected ponds where the measurements continue. In 2021, measurements are therefore made in a smaller number of ponds. This report covers the performance and results of these field measurements in seven ponds during the ice-free part of 2021.

As in previous measurement campaigns, surface water temperature was measured with semi-stationary instruments, which log date, time and temperature during a pre-programmed time interval. The instruments were installed in the ponds on April 16 and measurements continued until October 13. Temperature values were logged once per hour. To ensure that the instruments always measured the water temperature close to the water surface, the instruments were fastened to floating discs. The monitoring of water levels in the ponds has shown large fluctuations. As in previous campaigns, instruments were installed in the deepest part of each pond.

Temperature, and its diurnal variation, was similar in the ponds and the temperature conditions seem to be beneficial for pool frogs in all of them. For most of the period, when eggs typically hatch and juveniles develop into small frogs (mid May–August), the water temperature was above 19 °C during most of the day and night. The average temperature in the ponds during the high summer of 2021 was on par with 2018, when very high water temperatures were recorded during July. In 2018, the average temperature in the ponds was between 25 and 30 °C, which was also the case for much of July 2021. The differences in average temperature between 2021 and 2020 are more prominent. The average temperature was significantly lower during the high summer last year and it was slightly warmer in early summer and late summer in 2020 than during the same period in 2021.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning och syfte</b>	7
<b>2</b>	<b>Undersökta gölar</b>	9
2.1	Naturliga gölar	9
2.2	Anlagda gölar	10
<b>3</b>	<b>Utrustning</b>	11
<b>4</b>	<b>Utförande</b>	13
4.1	Leverans av data	14
<b>5</b>	<b>Resultat och diskussion</b>	15
	<b>Referenser</b>	21
<b>Bilaga 1</b>	Uppmätta vattentemperaturer	23





# 1 Inledning och syfte

Det använda kärnbränslet från det svenska kärnkraftsprogrammet ska enligt planerna slutgiltigt tas om hand genom geologisk deponering i berggrunden. För att skydda människa och miljö på lång sikt vill SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) bygga ett kärnbränsleförvar i det svenska urberget. Kärnbränsleförvaret är en del i systemet för hantering av det använda bränslet.

SKB lämnade i mars 2011 in en ansökan om tillstånd för att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark. I samband med inlämnandet av ansökan sökte SKB dispens från Artskyddsförordningen (SFS 2007:845). Dispensen omfattar bland annat arterna gölgroda (*Pelophylax lessonae*), gulyxne (*Liparis loeselii*) och större vattensalamander (*Triturus cristatus*). För att kunna anlägga förvarets ovanmarksdelar behöver en göl med ett reproducerande bestånd av gölgroda fyllas igen. Därför har sex nya gölar anlagts i Forsmarksområdet som kompensation för gölen som planeras att fyllas igen. Ett uppföljningsprogram har också upprättats för att säkerställa att miljöerna i de anlagda gölarna blir lämpliga för gölgrödor. Gölgrödor har specifika krav på sin livsmiljö, bland annat på ytvattnets temperatur. Uppföljningen omfattar vattenkemiprovtagningar, ytvattennivåmätningar, inventering av vegetation, samt dokumentation av gölarna i form av fotografering.

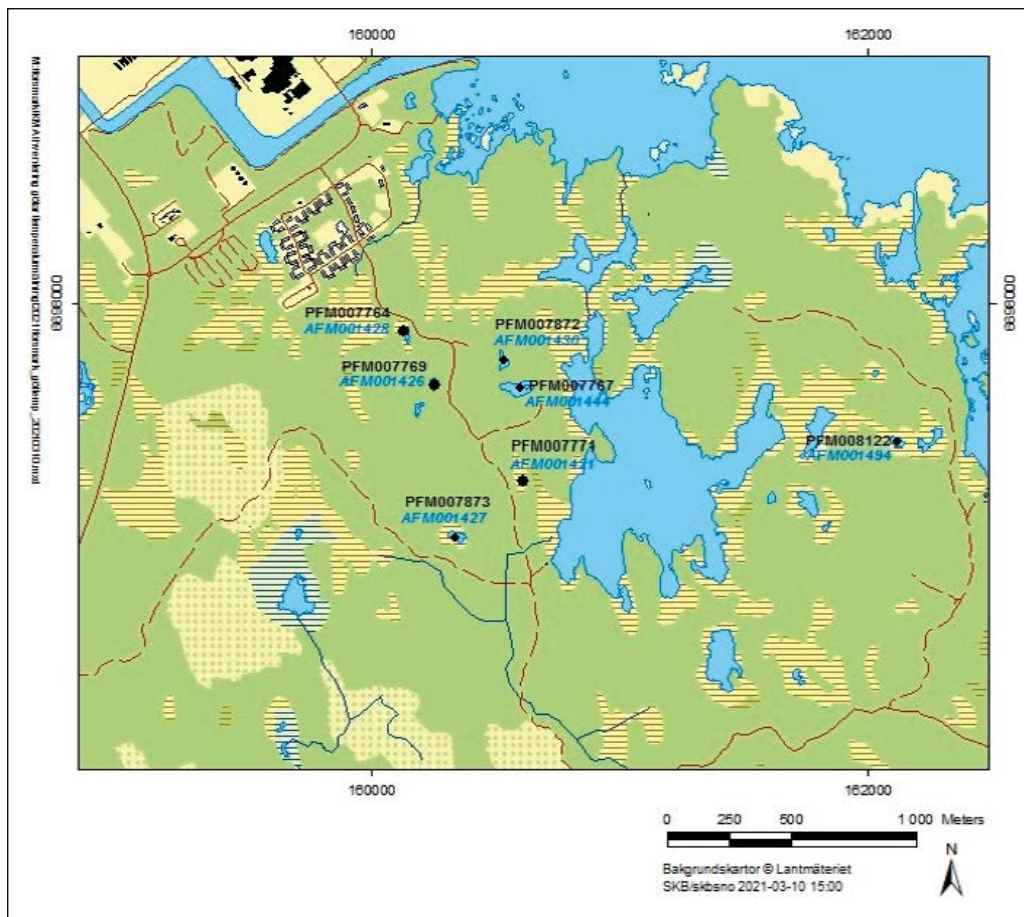
Under 2016 kompletterades uppföljningsprogrammet till att även omfatta mätning av ytvattentemperatur i nio gölar i området under den isfria delen av året (Borgiel et al. 2017). Mätning av ytvattentemperatur fortsatte under 2017 och utökades då till elva gölar (Borgiel et al. 2018). Under 2018 utökades uppföljningsprogrammet ytterligare till 14 gölar i området (Borgiel et al. 2019).

Vattentemperatur har därmed tidigare mätts i de anlagda gölarna under säsongen vår-höst i tre år (2016–2018). Dessa mätningar visar att vattentemperaturen i de anlagda gölarna är inom intervallet som uppmätts i naturliga gölar under samma tidsperioder. Det ursprungliga syftet med mätningarna, att undersöka om temperaturerna i de anlagda gölarna skiljer sig från de i naturliga gölar med reproduktion av gölgroda, är således uppfyllt.

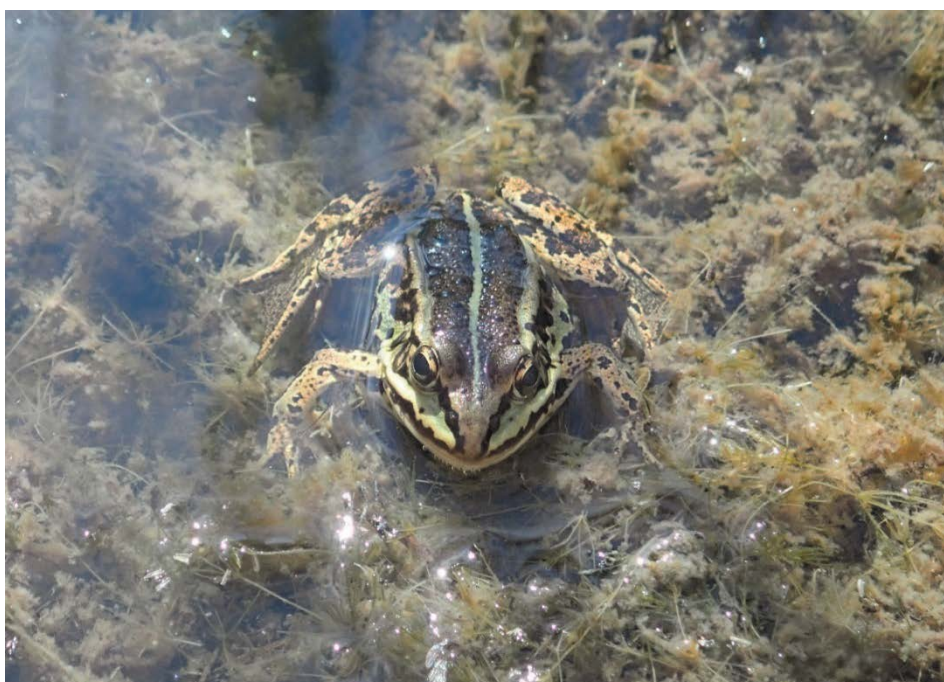
Under 2019 och 2020 gjordes vattentemperaturmätning i syfte att undersöka vattentemperaturen i naturliga gölar öster om sjön Bolundsfjärden, som relativt nyligen koloniserats av gölgroda (Borgiel et al. 2020, 2021). För att möjliggöra jämförelser med tidigare mätningar ingick också några andra gölar som ingått i tidigare mätkampanjer. Mätningarna 2019 och 2020 omfattade därmed totalt 13 gölar, varav en anlagd. Resultaten från mätningarna visade att det inte fanns några väsentliga skillnader i vattentemperatur mellan gölarna på östra respektive västra sidan om Bolundsfjärden.

Om vattennivåerna i fem utvalda våtmarker sjunker på grund av SKB:s byggnation av kärnbränsleförvaret kommer SKB att tillföra vatten till dessa. Vattentemperatur är en av de parametrar som då är viktig att övervaka, för att säkerställa att det tillförda vattnet inte gör att gölarna blir mycket kallare än normalt eftersom det skulle påverka reproduktionsframgången för gölgroda. Vattentemperaturen i de gölar där vatten tillförs blir således en av flera parametrar som kommer att behöva övervakas om infiltration startas. De data som hade samlats in 2020 har analyserats för att se om mätserierna i specifika gölar kan beräknas utifrån korrelationer mellan vattentemperatur i andra gölar eller med lufttemperaturdata (Werner och Atmosudirdjo 2022). Analysen visar en god överensstämmelse mellan gölarnas vattentemperatur vilket innebär att vattentemperatur kan beräknas baserat på mätningar i mindre antal utvalda gölar. Under 2021 görs mätningar därför i sju utvalda gölar. Hur urvalet av gölar har gjorts framgår av rapporten<sup>1</sup> som omfattar utförandet och resultat av mätningar av ytvattentemperatur i dessa sju utvalda gölar under fältsäsongen 2021. Dessa visas på kartan i figur 1-1.

<sup>1</sup> Jacobson P, 2021. Underlag för fortsatta gölvattentemperaturmätningar i Forsmark. SKBdoc 1933409 ver 1.0, Svensk Kärnbränslehantering AB. (Internt dokument.)



**Figur 1-1.** De sju gölar där mätning av vattentemperatur gjordes under perioden april–oktober 2021. Gölarnas id visas i blått (AFM-nummer) och id för mätpunkter för vattentemperatur visas i svart (PFM-nummer). AFM001421 är en anlagd göl, medan övriga är naturliga gölar.



**Figur 1-2.** Nyfiken gölgroda (*Pelophylax lessonae*) bland kransalger och fintrådiga alger i den anlagda gölen AFM001421.

## 2 Undersökta gölar

### 2.1 Naturliga gölar

De naturliga gölarna AFM001426 och AFM001427 har tidigare undersökts med avseende på vattenkemi genom månatliga provtagningar under perioden 2008–2010 (Qvarfordt et al. 2010, 2011). Undersökningarna gjordes i syfte att få mer kunskap om vattensammansättningen i gölarna. Dessa gölar ingår även som referensgölar i uppföljningsprogrammet för de anlagda gölarna och fortsatt vattenkemisk provtagning utförs därför sedan mars 2012. Temperaturmätningar har pågått sedan 2016 (AFM001426) respektive 2017 (AFM001427) under den isfria delen av året. Båda dessa gölar hyser bestånd av gölgröda och större vattensalamander och har inventerats sedan 2011 med avseende på gölgröda och sedan 2012 vad gäller större vattensalamander (Andersson och Collinder 2019).

Den lilla grunda gölen AFM001426 är omgiven av skog, med inslag av myrmark närmast vattenspegeln. Den andra gölen, AFM001427, ligger cirka 500 m väster om sjön Bolundsfjärden. Gölen är omgiven av skog med myrmark och gungfly närmast vattenspegeln och hyser ett livskraftigt bestånd av gölgröda och större vattensalamander.

I en av de naturliga gölarna (AFM001494) som ingår i 2021 års mätkampanj, AFM 1494, har temperaturmätningar endast skett under de senaste två åren (2019–2020). I de övriga fem gölarna som ingick i årets (2021) mätkampanj (AFM001426–001428, AFM00130 och AFM001444) har mätningar utförts under perioden 2016–2020 (figur 1-1 och tabell 4-1).

I de tre naturliga gölarna AFM001428, -1430 och -1444, som ingick i mätkampanjerna 2016–2019, har spelande gölgröda och större salamander observerats frekvent vid inventeringarna (Andersson och Collinder 2019). Gölarna ingår dock inte i det hydrokemiska övervakningsprogrammet för ytvatten (AP SFK-21-002 Hydrokemisk monitoring av ytvatten, ytnära grundvatten och gölar 2021).

Den mindre gölen AFM001428 ligger knappt 500 m söder om byggarbetsplatsen Söderviken, den före detta så kallade ”Barackbyn”. AFM001428 är grund och har en längd på drygt 50 m vid högt vattenstånd. Omgivningen består i södra delen av planterad tät ungskog av främst gran i blockig terräng. Resterande är uppvuxen blandskog.

Den lilla grunda gölen AFM001430 är cirka 100 m lång. Botten är blockrik med en rik vegetation av främst kransalger. Den omges av myrmark med starr, pors, al och björk, som i sin tur omges av högväxt barrskog.

Gölen AFM001444, som även ingick i mätkampanjerna 2016–2020, är cirka 150 m lång och ligger ungefär 200 m sydöst om gölen AFM001430 (figur 1-1). Gölen AFM001444 är främst omgiven av barrskog, men längs gölkanten växer även al, björk och buskvegetation i form av pors.

Den göl där vattentemperatur mättes för första gången 2019 (AFM001494) har koloniserats av gölgröda relativt nyligen och ligger ganska långt från de sex övriga gölarna, öster om sjön Bolundsfjärden (figur 1-1, 2-1 och tabell 4-1). Gölgrödor registrerades där första gången vid inventeringen 2016 (Zachariassen och Collinder 2017) och inga gölgrödor har observerats vid Länsstyrelsens två tidigare inventeringar 2004 och 2009 (Länsstyrelsen i Uppsala län 2004, 2009).

Från gölen AFM001494 är det endast 200 m till havet i östlig riktning och 450 m till sjön Bolundsfjärden västerut. Gölen ligger i ett myrområde. Myrmarken är här ganska omfattande och flera småvatten ligger i närheten. Högvuxen vass omger gölen. Ganska stenig tall- och granskog ramar in myrmarken.





**Figur 2-1.** Gölen AFM001494 har koloniserats av gölgröda relativt nyligen. Den ligger ganska långt från de sex övriga gölarna, öster om sjön Bolundsfjärden.

## 2.2 Anlagda gölar

Under februari 2012 anlades fyra gölar genom grävning i våtmarker. En av dessa, AFM001421, ingick i 2021 års mätkampanj (figur 1-1, 2-2 och tabell 4-1). Den har genom åren visat sig ha stora populationer av både gölgröda och större vattensalamander. År 2018 observerades till exempel 16 gölgrödor vid groddjursinventeringen (Andersson och Collinder 2019). Under 2019 års groddjursinventering observerades sex spelande grodor under juni (Holmberg och Collinder 2019) och under inventeringen 2020 sågs som mest 15 gölgrödor (Holmberg 2021).

Provtagning och analys av ytvattenkemi sker sedan mars 2012 i en punkt i den anlagda gölen (Qvarfordt et al. 2014, Wallin et al. 2017, 2018a, b, c, 2021a, b, c).

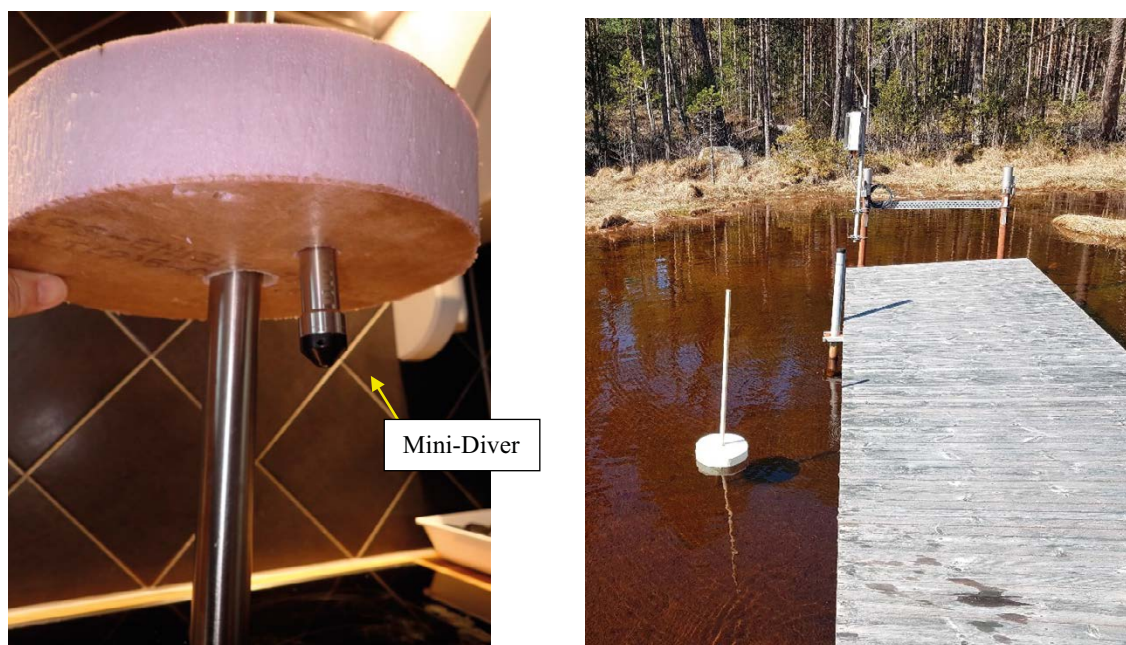


**Figur 2-2.** Gölen AFM 001421, som anlades 2012, ingick även i 2021 års mätkampanj. Kransalger täcker större delen av botten och den har genom åren visat sig ha stora populationer av både gölgröda och större vattensalamander.

### 3 Utrustning

Temperaturmätningarna gjordes med semi-stationära mätinstrument av typ Mini-Diver (mätintervall  $-20$  till  $+80$  °C, mätnoggrannhet  $\pm 0,1$  °C, upplösning  $0,01$  °C, tillverkare Eijkelkamp Soil & Water, Nederländerna). Mini-Diver har en inbyggd datalogger och mäter vattentemperatur med programmerbart tidsintervall.

Temperaturmätarna installerades så att de alltid mätte vattentemperaturen 5 cm under vattenytan i respektive göl. Detta anordnades genom att använda en frigolitskiva som flottör, med temperaturmätaren fastsatt med givaren 5 cm under skivans botten. Skivan fungerar också som isolering mot omgivningen och som solskydd för att förhindra att mätresultaten påverkas av direkt solstrålning. En stång nedsatt i mätpunkten fixerar utrustningen på plats (se figur 3-1). Tidigare års mätningar har visat att anordningen fungerar bra både funktionellt och ur datakvalitetssynpunkt. Utrustningen är robust, välfungerande och ger tillförlitliga data. Detta år hade även ett "lock" av vitt plexiglas lagts ovanpå för att skydda frigoliten mot solljus och åverkan från fåglar och andra djur (se figur 3-2).



**Figur 3-1.** Anordning för mätning av vattentemperatur på ett bestämt djup under vattenytan. En frigolitskiva med centrumhål används som flottör. Temperaturmätaren är fastsatt i flottören med givaren 5 cm under skivans botten. En stång fixerar utrustningen på mätpunkten. En vit plexiglasskiva ovanpå frigoliten skyddar mot UV-strålning och "betskador" från djur.



*Figur 3-2. Till i år hade ett "lock" av vitt plexiglas (th) lagts ovanpå frigoliten för att skydda mot solljus och åverkan från fåglar och andra djur.*



## 4 Utförande

Vattentemperaturmätningar utfördes i den anlagda gölen AFM001421 och i de sex naturliga gölarna AFM001426–001428, AFM001430, AFM001444 och AFM001494.

Mätarna placerades i anslutning till respektive brygga/spång om sådan fanns, på sådant sätt att bryggor eller andra installationer inte störde temperaturmätningarna. Bryggor och spänger har anlagts för att underlätta vattenprovtagning och åtkomst till så kallade pegelrör som mäter ytvattennivån. Koordinater för mätarplaceringarna anges tillsammans med Sicada-id i tabell 4-1.

**Tabell 4-1. Id för gölar samt id och koordinater för mätpunkten i respektive göl. I kolumnen "alias" anges benämningar på gölarna som används i vissa andra studier (till exempel Hamrén och Collinder 2010). Av tabellen framgår även vilket eller vilka år som temperaturmätningar genomförts i respektive göl. Anlagda gölar har fet stil.**

Göl-id	Mätpunkt-id	Göl-beteckning (alias)	Koordinater (SWEREF 99 18 00)		2016	2017	2018	2019 och 2020	2021
			Ost	Norr					
<b>AFM001442</b>	<b>PFM007763</b>	<b>6b</b>	<b>160057</b>	<b>6697899</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
AFM001428	PFM007764	7	160137	6697882	X		X	X	X
AFM001451	PFM007870	8	159589	6698230		X	X		
<b>AFM001419</b>	<b>PFM007765</b>	<b>11f</b>	<b>160272</b>	<b>6698085</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
<b>AFM001420</b>	<b>PFM007766</b>	<b>11g</b>	<b>160488</b>	<b>6698058</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
AFM001453	PFM007871	12	160151	6698820		X	X		
AFM001444	PFM007767	14	160639	6697665	X	X	X	X	X
AFM001444	PFM007768	14	160643	6697669	X				
AFM001430	PFM007872	15	160531	6697777		X	X	X	X
AFM001426	PFM007769	16	160249	6697662	X		X	X	X
<b>AFM001443</b>	<b>PFM007770</b>	<b>17a</b>	<b>160185</b>	<b>6697599</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
AFM001427	PFM007873	18	160362	6697056		X	X	X	X
<b>AFM001421</b>	<b>PFM007771</b>	<b>19a</b>	<b>160608</b>	<b>6697310</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
AFM001456	PFM008120	22	161574	6698284				X	
<b>AFM001422</b>	<b>PFM007772</b>	<b>66a</b>	<b>160726</b>	<b>6697197</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		
AFM001490	PFM007920	318	161845	6697197			X	X	
AFM001493	PFM008121	377	162282	6698284				X	
AFM001494	PFM008122	378	162120	6697433				X	X
AFM001495	PFM008123	380	161764	6697198				X	
AFM001497	PFM008124	383	161832	6697097				X	
AFM001499	PFM008125	388	161715	6696490				X	

Mätningarna påbörjades när isläget gjorde detta möjligt på våren 2021 (16 april) och mätningarna pågick till den 13 oktober. Mätintervallet var en gång per timme, och klockorna i de inbyggda data-loggrarna synkroniserades innan mätstart så att mätningarna gjordes samtidigt (varje hel timme) i alla sju mätpunkter.

Efter att de sju mätarna tagits upp ur gölarna i mitten av oktober överfördes alla mätdata till Excel och efter kvalitetskontroll levererades data till SKB för inlagring i databasen SICADA. Vid kvalitetskontrollen gjordes en rimlighetskontroll av uppmätta värden samt jämförelser mellan de olika mätpunkterna för att upptäcka eventuella mätfel eller andra avvikelser. Inga fel eller avvikelser hittades i mätdata.

Fältarbetet utfördes av Micke Borgiel (uppdragsledare) och Susanne Qvarfordt på Sveriges Vattnekologer AB.

## 4.1 Leverans av data

Resultaten från temperaturmätningarna har levererats till SKB:s aktivitetsledare och därefter inlagrats i SKB:s databas Sicada. Mätresultaten presenteras även i Bilaga 1. Data från mätsäsongen 2021 har liksom tidigare års mätkampanjer lagrats i Sicada-datatabellen ”HY007 – Monitoring surface water temperature in ponds” och är spårbara i Sicada bland annat via aktivitetsplanens nummer (AP SFK-21-016).



## 5 Resultat och diskussion

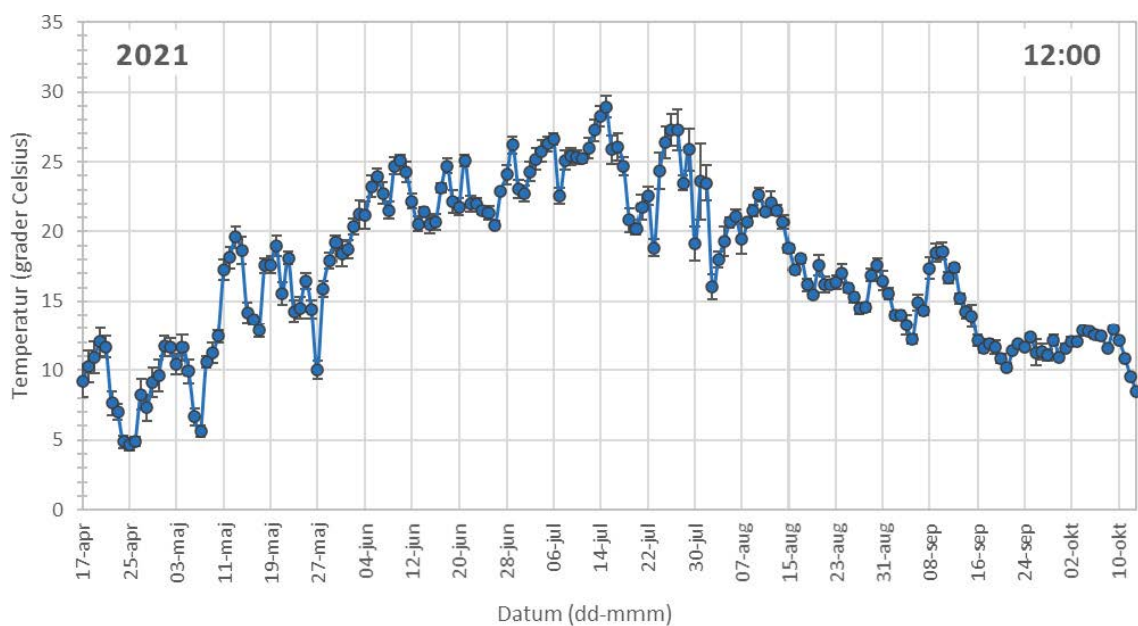
Vid ett antal platsbesök sommaren 2021 noterades tidvis lågt vattenstånd i gölarna och i andra ytvatten i området. Temperaturmätarna var dock placerade i de djupare delarna av gölarna och ingen av dem ”stod på botten”. Under perioden 2012–2021 som vattennivåmätningar gjorts i gölarna har lågt vattenstånd noterats flera år, framförallt under somrarna (Werner 2018, 2019, 2020, Werner och Atmosudirdjo 2022).

Vattentemperaturen och dess dygnsvariation var likartad i de mätta gölarna (Bilaga 1), både inom och mellan dygn. Samtliga gölar uppvisade temperaturförhållanden under mätperioden som är gynnsamma för gölgrödor. Under merparten av perioden då äggen normalt kläcks och ynglen utvecklas till smågrödor (mitten av maj–augusti) var vattentemperaturen över 19 °C under större delen av dygnet. Det fanns dock några kalla dygn under andra halvan av maj. Medeltemperaturen i gölarna under högsommaren 2021 var dock i nivå med 2018 (figur 5-2 och figur 5-5), då mycket höga vattentemperaturer noterades under juli. År 2018 var medeltemperaturen i gölarna mellan 25 och 30 °C, vilket även var fallet under stora delar av juli 2021. Skillnaderna i medeltemperatur mellan 2021 och 2020 är mer framträdande eftersom medeltemperaturen var betydligt lägre under högsommaren 2020 (figur 5-2 och figur 5-3). Under 2020 var det dessutom något varmare under försommar och sensommar än under samma period 2021.

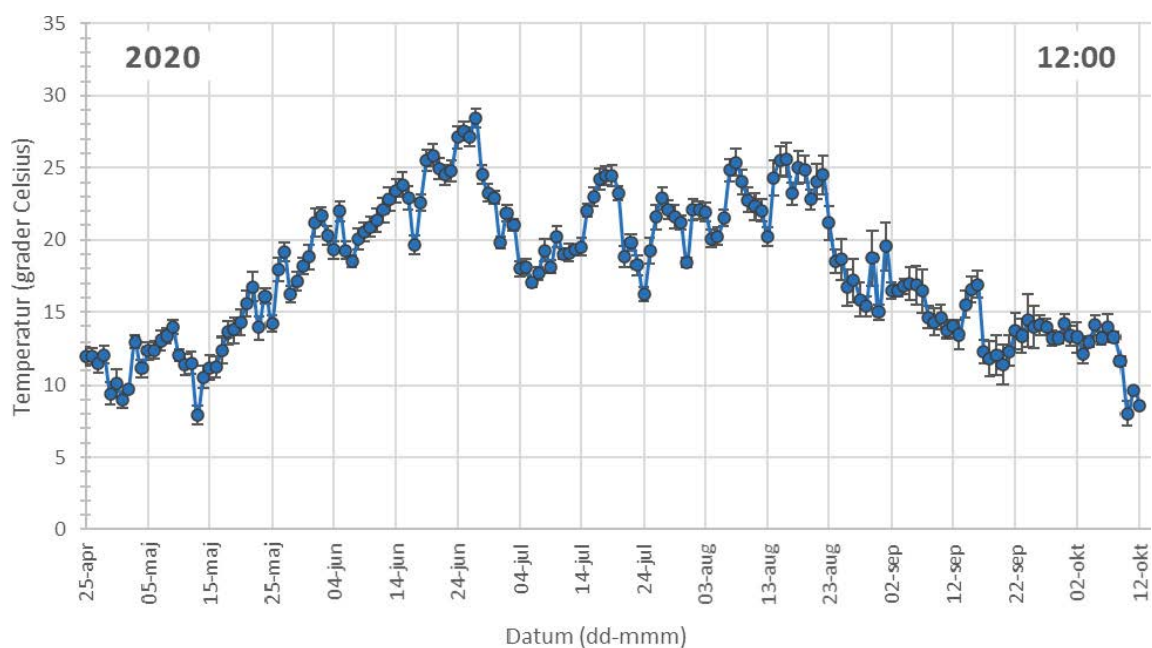
I figur 5-4, 5-5 och 5-6 visas, som jämförelse: 13 gölars medeltemperatur 2019, 14 gölars medeltemperatur 2018 och elva gölars medeltemperatur 2017. Notera att det delvis är olika gölar mellan åren och att start- och stoppdatum är något olika de olika åren.



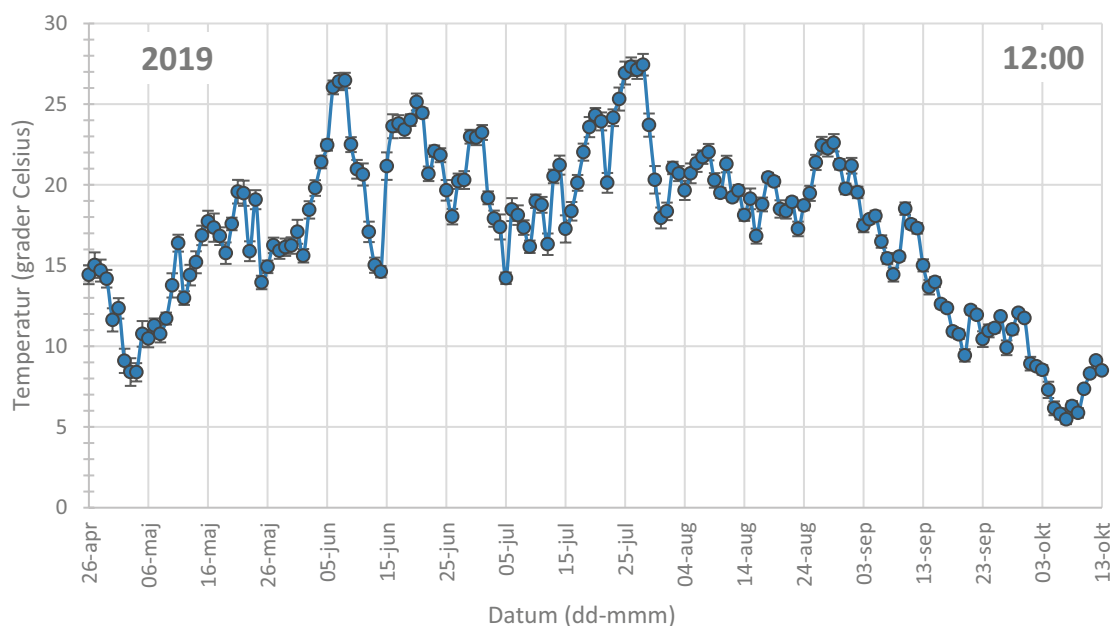
**Figur 5-1.** Under sommaren 2021 var det tidvis lågt vattenstånd i gölarna. I den grunda gölen AFM001427 fanns det då talrikt med paddor.



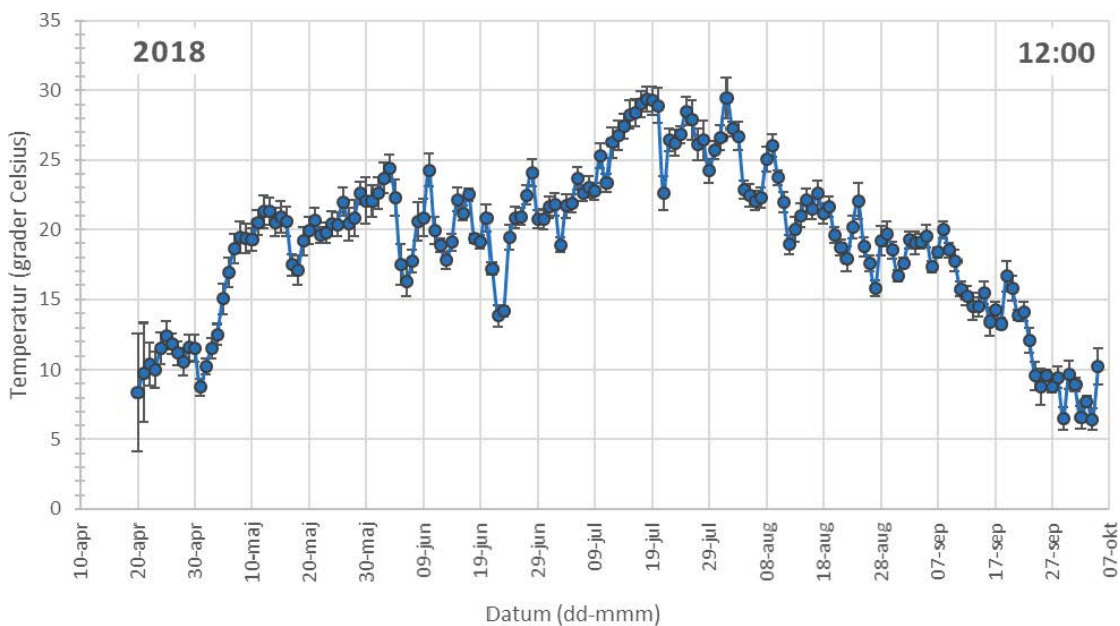
**Figur 5-2.** Medeltemperatur ( $\pm 1$  standardavvikelse) för de sju gölarna under perioden 17 april–13 oktober 2021. Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de sju gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden.



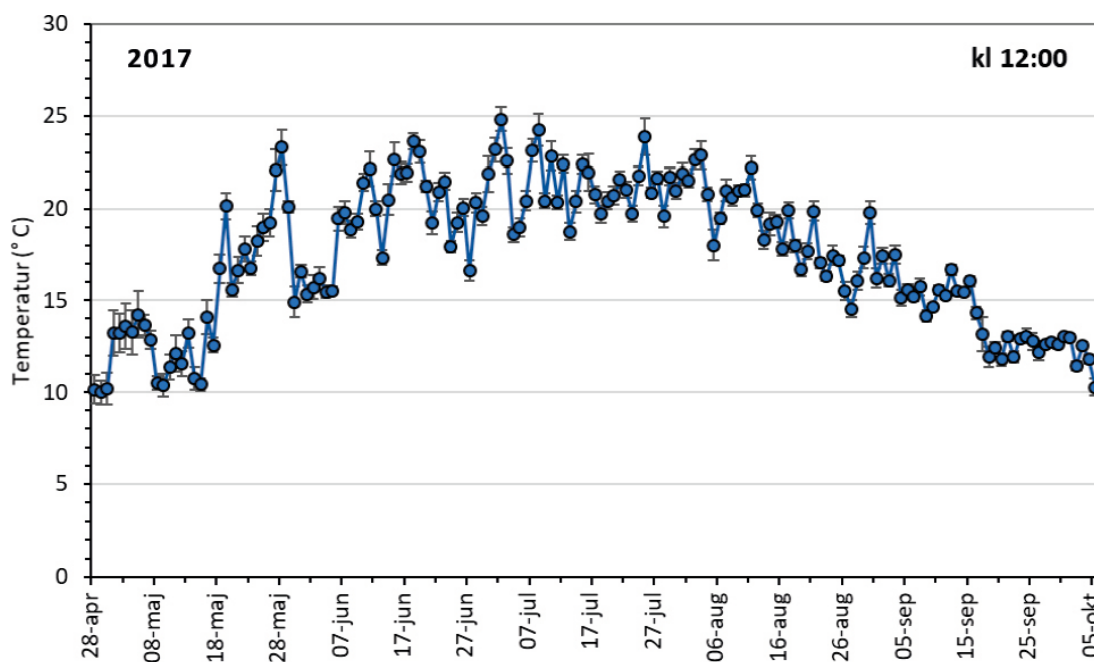
**Figur 5-3.** Medeltemperatur ( $\pm 1$  standardavvikelse) för 12 av 13 gölar under perioden 26 april–14 oktober 2020 (från Borgiel et al. 2021). Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i 12 av de 13 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden (mätaren från göl AFM 1493 saknas).



**Figur 5-4.** Medeltemperatur ( $\pm 1$  standardavvikelse) för de 13 gölarna under perioden 26 april–13 oktober 2019 (från Borgiel et al. 2020). Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de 13 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden.



**Figur 5-5.** Medeltemperatur ( $\pm 1$  standardavvikelse) för 14 gölar under perioden 20 april–6 oktober 2018 (från Borgiel et al. 2019). Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de 14 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden. Temperaturvärden under perioden 26 maj–12 juni i en göl (AFM001419, mätar-id PFM007765) har tagits bort då mätaren troligen befann sig i luften. Den höga standardavvikelsen i början av mätkampanjen beror på att isen då låg kvar i vissa gölar medan det var isfritt i andra, vilket gjorde att skillnaden i vattentemperatur var betydlig mellan gölarna.

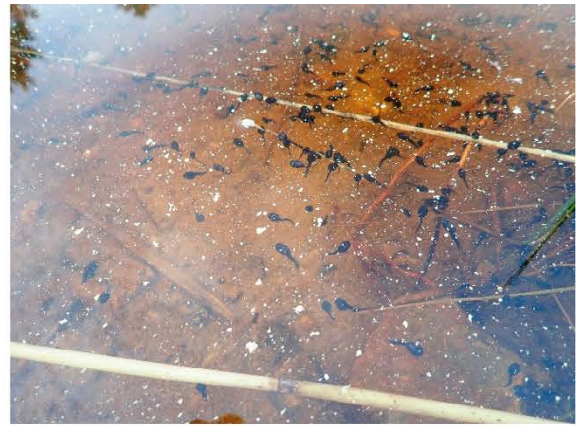


**Figur 5-6.** Medeltemperatur ( $\pm 1$  standardavvikelse) för 11 gölar under perioden 28 april–7 oktober 2017 (från Borgiel et al. 2018). Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de 11 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden.

En jämförelse mellan de undersökta gölarna 2021 visar att vattnet i göl AFM001430 (mätpunkt PFM007872) var varmest med 33,7 °C, uppmätt tre gånger sista veckan i juli (25 juli kl. 15.00 och 16.00 samt 27 juli kl. 15.00) tätt följt av gölarna AFM001427 (mätpunkt PFM007873) och AFM001428 (mätpunkt PFM007764), båda med 32,9 °C varmt i vattnet (14 juli kl. 16.00). Detta är något högre än 2020, då vattnet i göl AFM001427 (mätpunkt PFM007873) var varmest med drygt 32,5 °C sista veckan i juni (24 juni kl. 17.00) tätt följt av göl AFM001428 (mätpunkt PFM007764) med 32,3 °C (26 juni kl. 18.00). Den allra högsta vattentemperaturen, drygt 35 °C, som registrerats under perioden 2016–2021 uppmättes i slutet av juli 2018 i gölen AFM001430 (mätpunkt PFM007872).

Uppmätta vattentemperaturer 2021 presenteras i Bilaga 1.





**Figur 5-7.** Några ögonblick av det myllrande livet i gölarna under mätsäsongen och några av dess många invånare.



## Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på [www.skb.se/publikationer](http://www.skb.se/publikationer).

- Andersson J, Collinder P, 2019.** Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmark 2018. SKB P-18-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Wallin A, Qvarfordt S, 2017.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2016. SKB P-17-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Qvarfordt S, Wallin A, 2018.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2017. SKB P-17-43, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Qvarfordt S, Wallin A, 2019.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2018. SKB P-19-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Qvarfordt S, Wallin A, 2020.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2019. SKB P-20-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Qvarfordt S, Wallin A, 2021.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2020. SKB P-21-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hamrén U, Collinder, P, 2010.** Vattenverksamhet i Forsmark. Ekologisk fältinventering och naturvärdesklassificering samt beskrivning av skogsproduktionsmark. SKB R-10-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Holmberg E, 2021.** Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmark 2020. SKB P-20-28, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Holmberg E, Collinder P, 2019.** Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmark 2019. SKB P-19-22, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Länsstyrelsen i Uppsala län, 2004.** Gölgrodor och trollsländor längs Nordupplands kusten sammanfattning av två inventeringar och ett restaureringsarbete. Uppsala: Länsstyrelsen. (Länsstyrelsens meddelandeserie 2004:18)
- Länsstyrelsen Uppsala län, 2009.** 2009 års inventering av gölgroda längs Nordupplands kustband samt utvärdering av gölgradans åtgärdsprogram. Redovisning av genomförda åtgärder 2009. dnr: 402-786-10, Länsstyrelsen Uppsala län.
- Qvarfordt S, Borgiel M, Berg C, 2010.** Monitoring Forsmark. Hydrochemical investigations in four calciferous lakes in the Forsmark area. Results from complementary investigations in the Forsmark area, 2008–2009. SKB P-10-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Qvarfordt S, Borgiel M, Berg C, 2011.** Forsmark site investigation. Hydrochemical investigations in four calciferous lakes in the Forsmark area. Results from the second year of a complementary investigation in the Forsmark area. SKB P-11-47, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Qvarfordt S, Wallin A, Borgiel M, 2014.** Vattenkemiska undersökningar i fyra nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten. SKB P-14-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2017.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden september 2013 till december 2014. SKB P-15-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2018a.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2015. SKB P-17-40, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2018b.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2016. SKB P-17-42, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2018c.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2017. SKB P-18-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2021a.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2018. SKB P-19-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2021b.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2019. SKB P-20-29, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Wallin A, Qvarfordt S, Borgiel M, 2021c.** Vattenkemiska undersökningar i sex nyanlagda gölar samt två befintliga småvatten i Forsmark. Resultat från provtagningar under perioden januari till december 2020. SKB P-21-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Werner K, 2018.** Hydrological monitoring in Forsmark – Surface waters, ground moisture and -ground temperature October 1, 2016–September 30, 2017. SKB P-17-44, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Werner K, 2019.** Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature. October 1, 2017 – September 30, 2018. SKB P-19-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Werner K, 2020.** Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature. October 1, 2018 – September 30, 2019. SKB P-20-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Werner K, Atmosudirdjo A, 2022.** Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature. October 1, 2019–September 30, 2020. SKB P-21-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Zachariassen E, Collinder P, 2017.** Inventering av gölgröda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2016. SKB P-16-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.

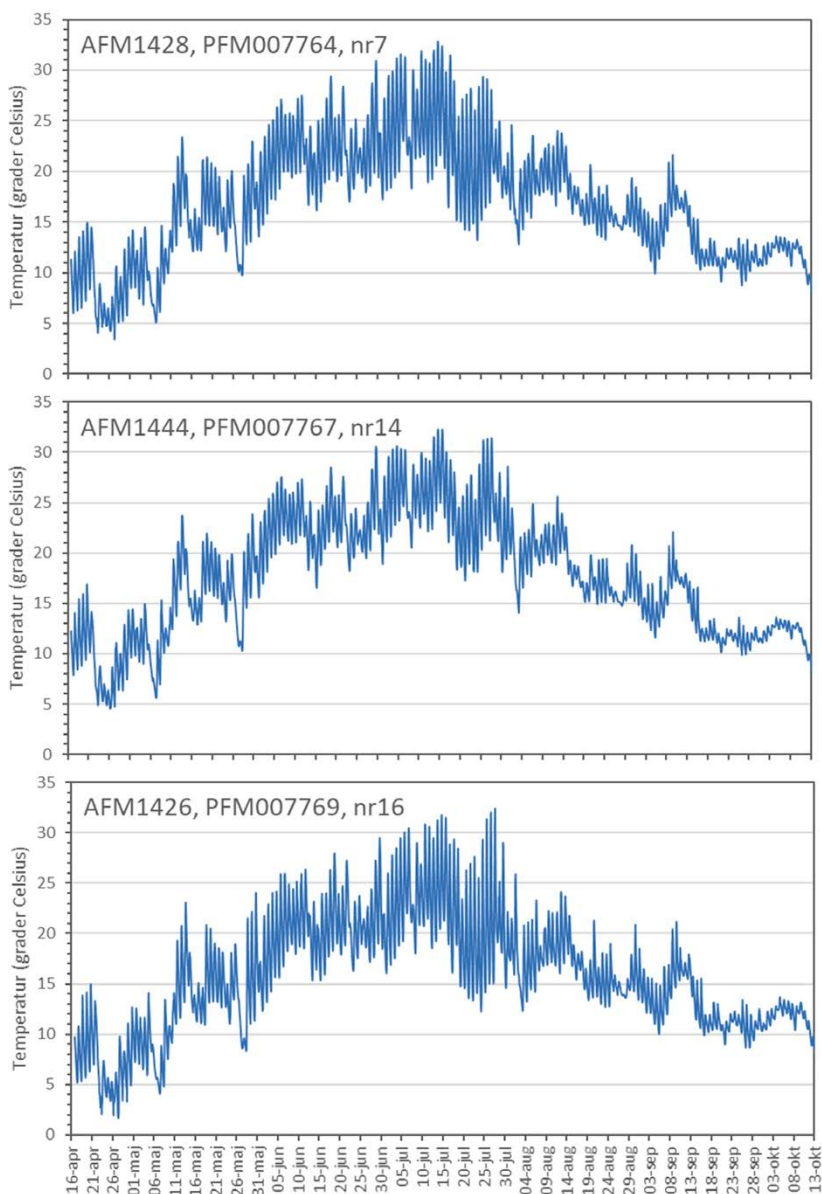


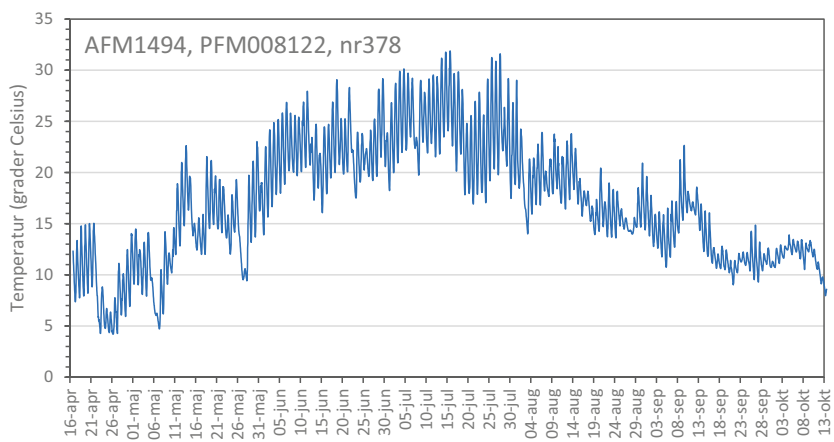
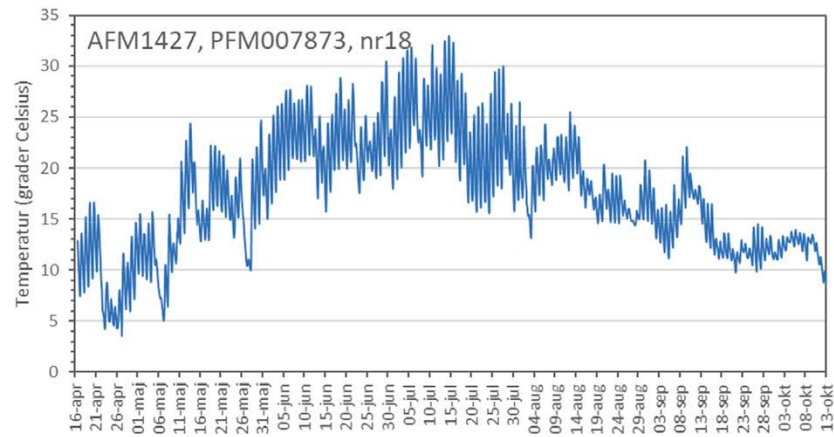
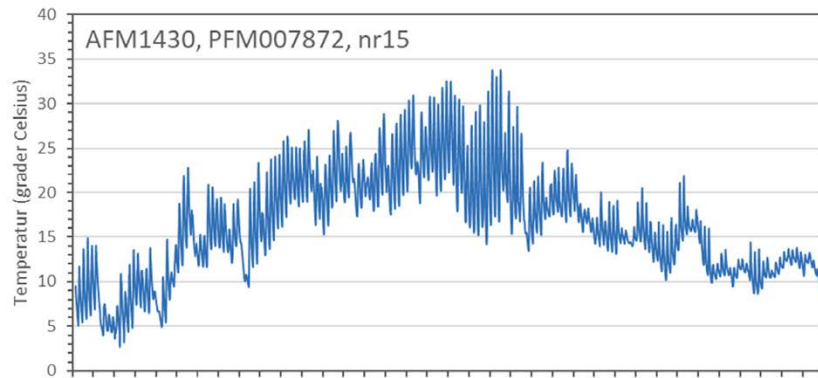
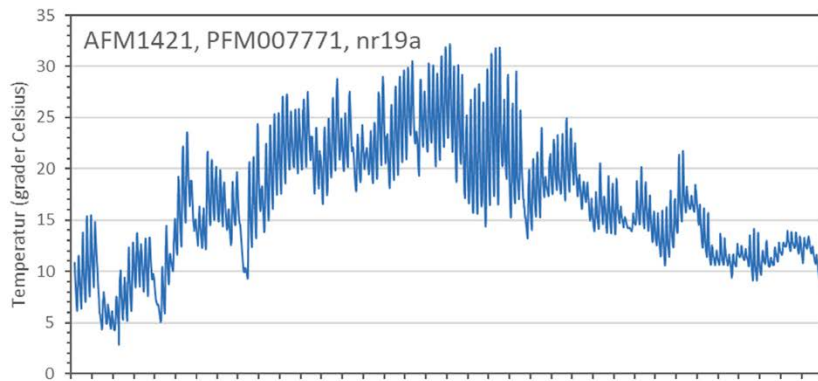
## Uppmätta vattentemperaturer

Graferna i denna bilaga redovisar uppmätta vattentemperaturer från de sju temperaturmätarna under perioden 16 april–13 oktober 2021. Tabell B1-1 anger gölarnas Sicada-id, temperaturmätarnas Sicada-id och beteckningar för gölarna som används i vissa andra sammanhang (till exempel Hamrén och Collinder 2010).

**Tabell B1-1. Id för gölar samt id för mätpunkt i respektive göl. I kolumnen "alias" anges även benämningar på gölarna som används i vissa andra studier.**

Göl-id	Mätpunkt-id	Gölbeteckning (alias)
AFM001421	PFM007771	19a
AFM001426	PFM007769	16
AFM001427	PFM007873	18
AFM001428	PFM007764	7
AFM001430	PFM007872	15
AFM001444	PFM007767	14
AFM001494	PFM008122	378





SKB:s uppdrag är att ta hand om använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken så att människors hälsa och miljö skyddas på kort och lång sikt.

**skb.se**