

Rapport
P-21-01
Januari 2021



Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2020

Micke Borgiel
Susanne Qvarfordt
Anders Wallin

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-21-01

ID 1887829

Januari 2021

Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2020

Micke Borgiel, Susanne Qvarfordt, Anders Wallin
Sveriges Vattenekologer AB

Nyckelord: Vattentemperatur, Gölgröda, Ytvatten, Gölar, Småvatten, AP SFK-20-013.

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.

Denna rapport är publicerad på 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 i sin helhet omfattar vattenkemiprovtagningar, ytvattennivåmätningar samt dokumentation av gölarna i form av fotografering.

År 2016 utökades uppföljningen med automatisk mätning av ytvattentemperatur i nio gölar i området (i de sex anlagda och i tre naturliga) under den isfria delen av året. 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 tidigare mätts i de anlagda gölarna under säsongen vår-höst i tre år (2016–2018). Dessa mätningar visar att temperaturen i de anlagda gölarna ligger inom intervallet som uppmätts i naturliga gölar under samma tidsperioder. Det ursprungliga syftet med mätningarna (att undersöka om de anlagda gölarna skiljer sig från de naturliga gölarna med gölgrödereproduktion med avseende på temperatur) 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.

Om vattennivåerna i fem utvalda våtmarker sjunker på grund av SKB:s byggnation av kärnbränsleförvaret kommer SKB att tillföra vatten i dessa. Vattentemperaturen i de gölar där vatten tillförs blir således en av flera parametrar som kommer att behöva övervakas. De data som hittills samlats in (2016–2020) ska analyseras och utvärderas. Tanken är att mätdata från året 2020 ska kunna räknas fram och jämföras med mätta data från detta år. Den här rapporten omfattar utförandet och resultaten av dessa fältmätningar i 13 gölar under den isfria delen av 2020.

Mätningarna utfördes 2020 i 12 naturliga gölar och i en anlagd göl. Vattentemperaturmätningarna gjordes liksom tidigare med semi-stationära mätinstrument, som mätte och sparade vattentemperaturvärden varje hel timme mellan den 25 april och den 14 oktober 2020. För att mätarna alltid skulle mäta vattentemperaturen i det övre vattenskiktet fästes mätarna vid en flytkropp i respektive göl. Pågående övervakning av ytvattennivåer i gölar i området visar på varierande, periodvis mycket låga, vattenstånd framförallt under sensommaren. Även under sommaren och hösten år 2020 observerades låga vattenstånd i gölarna. Temperaturmätarna var dock placerade i de djupare delarna av gölarna och ingen av dem ”stod på botten” vid något tillfälle under mätperioden. När de togs upp i mitten av oktober var vattenståndet fortfarande förhållandevis lågt i samtliga gölar. Vid avslutningen av mätkampanjen visade det sig att en av mätarna hade försvunnit.

Vattentemperaturen och dess dygnsvariation var likartad i de olika gölarna och samtliga gölar uppvisade temperaturförhållanden under mätperioden som är gynnsamma för gölgrödor. Under merparten av perioden, då äggen kläcks och ynglen utvecklas till smågrodor (mitten av maj–augusti) var vattentemperaturen över 19 °C under större delen av dygnet. Medeltemperaturen i gölarna under högsommaren 2020 var dock lägre än under högsommaren 2018, då mycket höga vattentemperaturer noterades under juli. År 2018 var medeltemperaturen i gölarna mellan 25 och 30 °C medan de 2020 var mellan 20 och 25 °C. Skillnaderna i medeltemperatur mellan 2020 och 2019 är inte lika framträdande. Under 2020 var det dock varmare under sensommar och tidig höst än 2019. Båda åren kännetecknas av en ganska sval julimånad med varma perioder under både för- och sensommar.

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 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 further 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). These 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 (to investigate whether the temperatures in the constructed ponds differ from those in natural ponds with poolfrog reproduction) is thus fulfilled. In 2019, water temperature measurements was instead carried out with the aim of examining the water temperature in the natural ponds east of lake Bolundsfjärden. To enable comparisons with previous measurements, some other 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 will be analysed/evaluated in 2020. The idea is that measurement data from the year 2020 can be calculated based on previous measurements and compared with the collected data from this year. This report covers the performance and results of these field measurements in 13 ponds during the ice-free part of 2020.

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 25 and measurements continued until October 14. 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. In 2020, there were very low water levels in the ponds in late summer. As in previous campaigns, instruments were installed in the deepest part of each pond, and no instrument was "resting on the bottom" at any point in time during the monitoring period. When they were collected in mid October, the water levels were still quite low in all ponds. One instrument was missing.

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. However, the average temperature in the ponds during the high summer of 2020 was lower than during the high summer of 2018, when very high water temperatures were recorded in July. In July 2018, the average temperature of all ponds was between 25 and 30 °C, whereas in 2020 average temperatures were between 20 and 25 °C. The differences in average temperature between 2020 and 2019 are not as prominent. In 2020, however, it was warmer in late summer and early autumn than in 2019. Both years are characterized by a rather cool July with warm periods in the early and late summer.

Innehåll

1	Inledning och syfte	7
2	Undersökta gölar	9
2.1	Naturliga gölar	9
2.2	Anlagda gölar	10
3	Utrustning	13
4	Utförande	15
4.1	Leverans av data	16
5	Resultat och diskussion	17
	Referenser	21
Bilaga 1	Uppmätta vattentemperaturer	23

1 Inledning och syfte

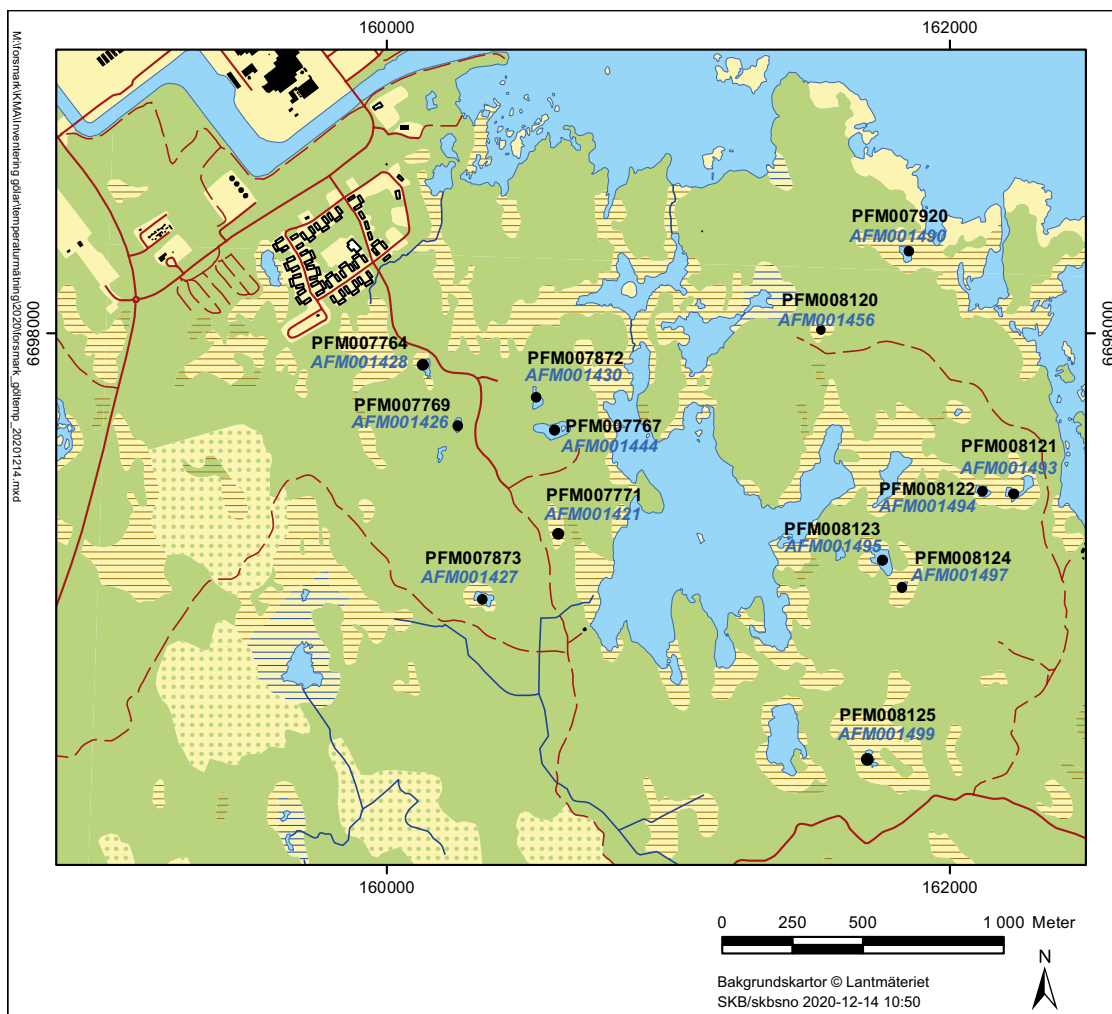
Det använda kärnbränslet från det svenska kärnkraftsprogrammet ska enligt planerna slutgiltigt tas om hand genom geologisk deponering i berggrunden. För att skydda människa och miljö på lång sikt vill SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) bygga ett kärnbränsleförvar i det svenska urberget. Kärnbränsleförvaret 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 gölgrodor. Gölgrodor har specifika krav på sin livsmiljö, bland annat på ytvattnets temperatur. Uppföljningen omfattar vattenkemiprovtagningar, ytvattennivåmätningar 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 göl-grodereproduktion, är således uppfyllt. Under 2019 gjordes vattentemperaturmätning istället i syfte att undersöka vattentemperaturen i naturliga gölar öster om sjön Bolundsfjärden och som relativt nyligen koloniserats av gölgroda (Borgiel et al. 2020). För att möjliggöra jämförelse med tidigare mätningar ingick också några andra gölar som ingått i tidigare mätkampanjer. Mätningarna 2019 omfattade därmed totalt 13 gölar, varav en anlagd.

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 vattentillförsel initieras. De data som hittills samlats in (2016–2020) ska analyseras och utvärderas för att se om mätserierna i specifika gölar kan beräknas utifrån korrelation med vattentemperatur i andra gölar eller med lufttemperatur. Tanken är att mätdata från året 2020 ska kunna räknas fram och jämföras med mätta data från detta år. Den här rapporten omfattar utförandet och resultaten av dessa mätningar under fältsäsongen 2020. De gölar som valts ut för mätningar är desamma som under mätkampanjen 2019 och visas på kartan i figur 1-1.



Figur 1-1. De 13 gölar där mätning av vattentemperatur gjordes under perioden april–oktober 2020. 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. Göl AFM001499 tillhör de djupare (djup ca 1,5 m). Tät hög vass omger vattenspegeln. Kransalger växer på en bädd av kalkgyttja, som överlagrar en hård sandig botten. Precis som de övriga gölarna omges denna av barrskog (foto taget i oktober 2020).

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 2018).

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 sex av de naturliga gölarna som ingår i 2020 års mätkampanj har temperaturmätningar endast skett en gång tidigare (2019): AFM001456, AFM001493–1495, AFM001497 och AFM001499. I de övriga sex gölarna som ingick i 2020 års mätkampanj (AFM001426–001428, AFM00130, AFM001444 och AFM001490) har mätningar utförts under perioden 2016–2019 (figur 1-1 och tabell 4-1).

I de naturliga gölarna AFM001428, -1430, -1444 och -1490, som ingick i mätkampanjerna 2016–2019, har spelande gölgröda och större salamander observerats frekvent vid inventeringarna (Andersson och Collinder 2018). Gölarna ingår dock inte i det hydrokemiska övervakningsprogrammet för ytvatten (AP SFK-20-001 Hydrokemisk monitorering av ytvatten, ytnära grundvatten och gölar 2020).

Den mindre gölen AFM001428 är knappt 500 m söder om 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 2016–2019, 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.

Gölen AFM001490, som ingått sedan 2018 års mätkampanj, är ganska långt ifrån de övriga gölarna där vattentemperatur mätts, cirka 1 km nordost om sjön Bolundsfjärden. AFM001490 är omgiven av barrskog och är belägen nära havet. Vid provpunkten är vattendjupet drygt 1 m och botten är ganska fast (sand/silt). Gölens vattenspiegel omgärdas av ett brett vassbälte. Vid stranden växer lövträd och buskar i form av pors, al och björk. Gölen är ganska rund till formen och har en diameter på cirka 100 m.

De sex gölar där vattentemperatur mättes för första gången 2019 (AFM001456, AFM001493–AFM001495, AFM001497 och AFM001499) har koloniserats av gölgröda relativt nyligen och ligger alla öster om sjön Bolundsfjärden. 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).

Den nordligaste av dessa gölar (AFM001456) ligger cirka 500 m nordost om sjön Bolundsfjärden. Gölen är liten med en vattenspiegel på ungefär 20 m tvärs över och den har rik förekomst av vass. Gölen omges av myrmark och högvuxen skog.

En knapp kilometer åt sydost ligger de två gölarna AFM001493 och AFM001494. Från gölarna är det endast 150 m till havet i östlig riktning och 450 m till sjön Bolundsfjärden västerut. Gölarna

ligger i samma myrområde och det är bara ca 100 m mellan dem. Myrmarken är här ganska omfattande och flera småvatten ligger i närheten. Högvuxen vass omger gölarna. Ganska stenig tall- och granskog ramar in myrmarken.

I ett närliggande myrområde, 500 m sydväst om de ovannämnda gölarna, ligger gölarna AFM001495 och AFM001497. Den större av dem (AFM001495) har en öppen vattenyta som mäter cirka 100 gånger 50 m och den har ett vattendjup på drygt 1,2 m. Den mindre (AFM001497) har en vattenyta på bara 40 gånger 15 m, men den är lika djup som den större gölen. Själva myren har en yta på cirka 250 gånger 180 m. Omkring gölarna växer högvuxen gammal gran och tallskog (figur 2-1).

Cirka 500 m söderut finns en ganska stor myrmark med gölen AFM001499. Själva gölen har en vattenyta på ca 60 gånger 30 m och den tillhör de djupare i Forsmarksområdet (cirka 1,5 m). Tät hög vass omger vattenspegeln. Kransalger växer på en bädd av kalkgyttja, som underlagras av hård, sandig botten. Precis som de övriga gölarna där vattentemperatur mätts så omges denna av delvis gammal barrskog. En hel del stormfällan observerades i den sydvästra delen.

2.2 Anlagda gölar

Under februari 2012 anlades fyra gölar genom grävning i våtmarker. En av dessa, AFM001421, ingick i 2020 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 2018). Under 2019 års groddjursinventering observerades sex spelande grodor under juni (Holmberg och Collinder 2019) och under inventeringen 2020 sågs som mest 15 gölgrödor (Holmberg 2020).

Provtagning och analys av ytvattenkemi sker sedan mars 2012 i en punkt i den anlagda gölen (Qvarfordt et al. 2014, Wallin et al. 2015, 2018a, b, c, 2019, 2020).



Figur 2-1. Gölen AFM001497 är en av de minsta i Forsmarksområdet och är belägen i nära anslutning till den betydligt större AFM001495 (foto taget i oktober 2020).

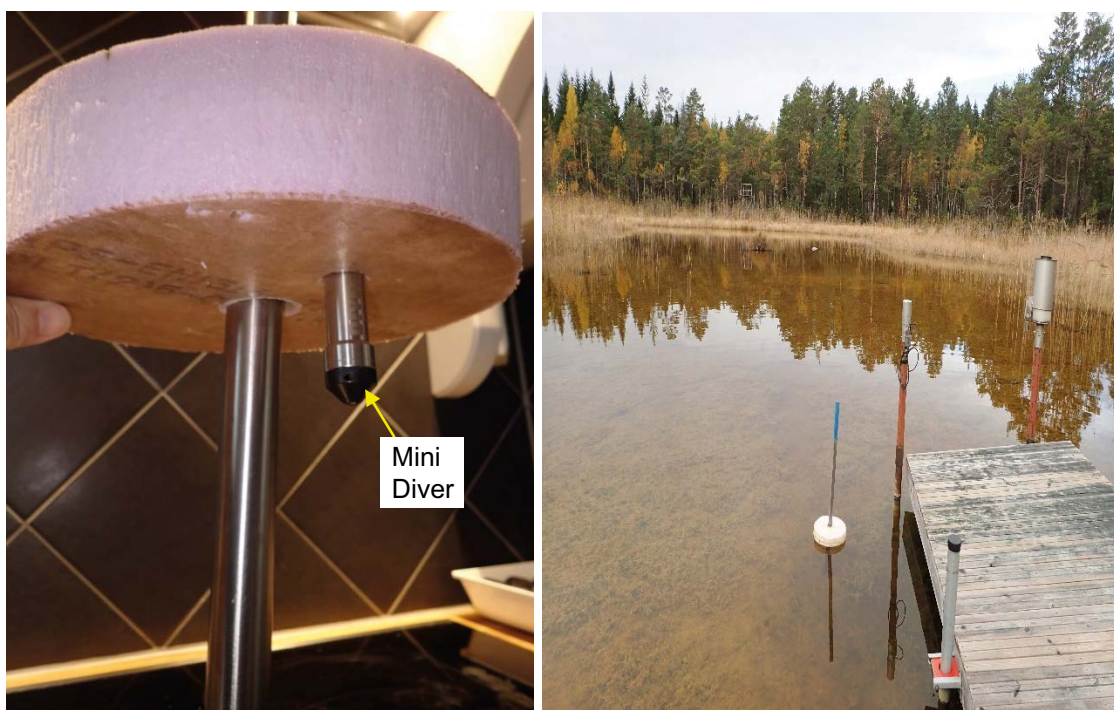


Figur 2-2. Gölen AFM 001421, som anlades 2012, ingick även i 2020 års mätkampanj. Kransalger täcker större delen av botten och den har genom åren visat sig ha stora populationer av både gölgroda och större vattensalamander. Vattenståndet var mycket lågt under sensommaren och hösten (foto taget i oktober 2020).

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.

De sammanlagt 13 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.



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.

4 Utförande

Som nämnts tidigare utfördes vattentemperaturmätningar i den anlagda gölen AFM001421 och i de tolv naturliga gölarna AFM001426–001428, AFM001430, AFM001444, AFM001456, AFM001490, AFM001493-001495, AFM001497 och AFM001499.

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 & 2020
			Ost	Norr				
AFM001442	PFM007763	6b	160057	6697899	X	X	X	
AFM001428	PFM007764	7	160137	6697882	X		X	X
AFM001451	PFM007870	8	159589	6698230		X	X	
AFM001419	PFM007765	11f	160272	6698085	X	X	X	
AFM001420	PFM007766	11g	160488	6698058	X	X	X	
AFM001453	PFM007871	12	160151	6698820		X	X	
AFM001444	PFM007767	14	160639	6697665	X	X	X	X
AFM001444	PFM007768	14	160643	6697669	X			
AFM001430	PFM007872	15	160531	6697777		X	X	X
AFM001426	PFM007769	16	160249	6697662	X		X	X
AFM001443	PFM007770	17a	160185	6697599	X	X	X	
AFM001427	PFM007873	18	160362	6697056		X	X	X
AFM001421	PFM007771	19a	160608	6697310	X	X	X	X
AFM001456	PFM008120	22	161574	6698284				X
AFM001422	PFM007772	66a	160726	6697197	X	X	X	
AFM001490	PFM007920	318	161845	6697197			X	X
AFM001493	PFM008121	377	162282	6698284				X
AFM001494	PFM008122	378	162120	6697433				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 2020 (26 april) och mätningarna pågick till den 14 oktober. Mätintervall 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 13 mätpunkter.

När mätarna togs upp under hösten saknades dock mätaren i göl, AFM 1493. Flottören av frigidolit fanns kvar men själva mätaren saknades. Flottören bar spår av bit/hackmärken troligen från någon fågel (se figur 4-1). Antagligen har buntbandet som fixerade mätaren gått av och mätaren lossnat och hamnat på botten av gölen. Den kunde dock inte återfinnas.

Efter att de kvarvarande 12 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), Anders Wallin och Susanne Qvarfordt på Sveriges Vattenekologer 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 2020 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-20-013).



Figur 4-1. När mätarna skulle tas upp i oktober fanns flottören av frigolit kvar men själva mätaren saknades vid göl AFM 1493. Flottören bar spår av både bit- och hackmärken troligen från någon fågel. Samma typ av märken fanns i den närliggande gölen AFM 1494 men där fanns temperaturmätaren kvar.

5 Resultat och diskussion

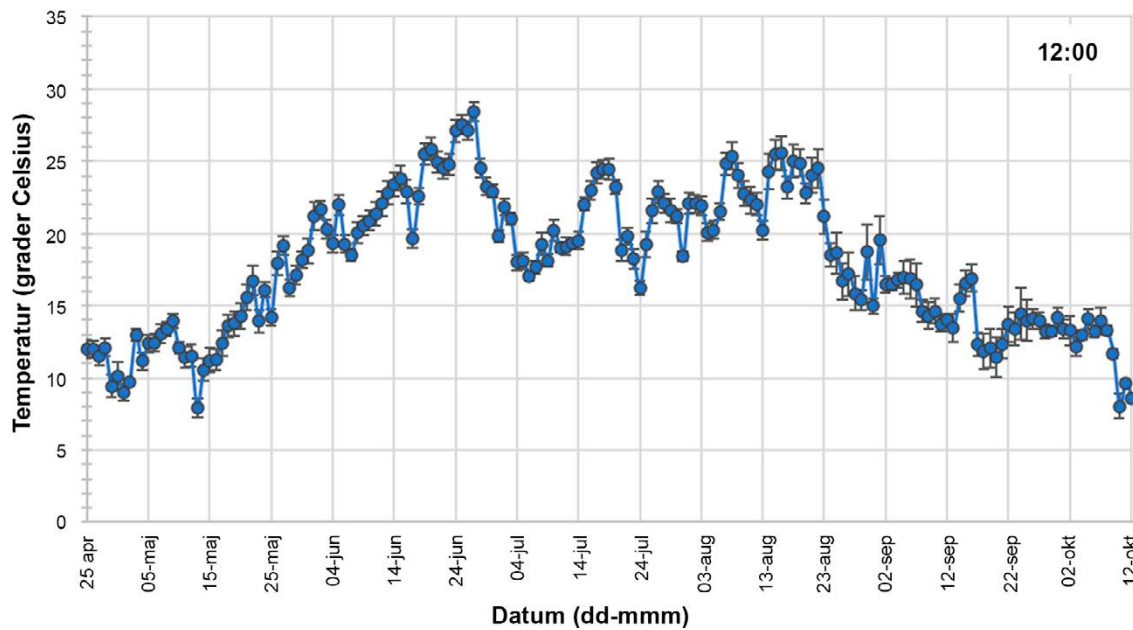
Vid ett antal platsbesök sommaren 2020 noterades lågt vattenstånd i gölarna (se figur 5-1) och i andra ytvatten i området under en längre tid. Temperaturmätarna var dock placerade i de djupare delarna av gölarna och ingen av dem ”stod på botten”. Under perioden 2012–2020 som vattennivåmätningar gjorts i gölarna har lågt vattenstånd noterats flera år, framförallt under somrarna (Werner 2018, 2019, 2020, Werner och Atmosudirdjo, 2021).

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 smågrodor (mitten av maj–augusti) var vattentemperaturen över 19 °C under större delen av dygnet. Medeltemperaturen i gölarna under högsommaren var dock lägre än under 2018 (figur 5-2 och figur 5-4), då mycket höga vattentemperaturer noterades under juli. År 2018 var medeltemperaturen i gölarna mellan 25 och 30 °C jämfört med mellan 20 och 25 °C år 2020. Skillnaderna i medeltemperatur mellan 2020 och 2019 (figur 5-2 och figur 5-3) är inte lika framträdande. Under 2020 var det dock varmare under sensommar och tidig höst än under samma period 2019. Båda åren kännetecknas av en ganska sval juli med varma perioder under både för- och sensommar.

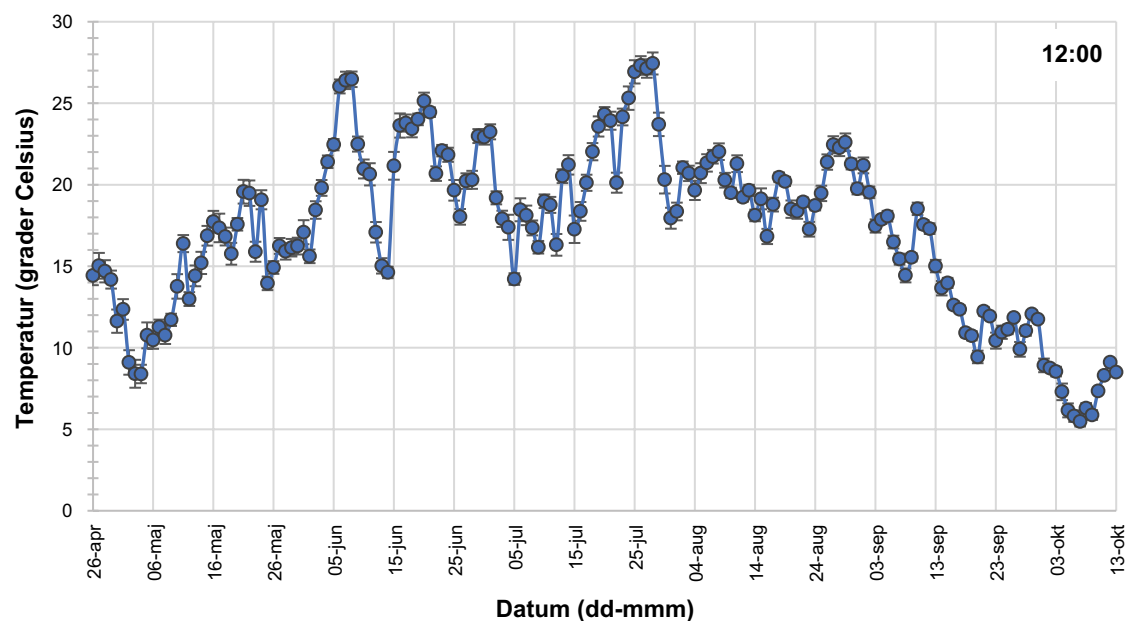
I figur 5-4 och figur 5-5 visas som jämförelse 14 gölars medeltemperatur 2018 och elva gölars medeltemperatur 2017. Notera att det delvis är olika gölar mellan åren och att start- och stoppdatum är något olika de olika åren.



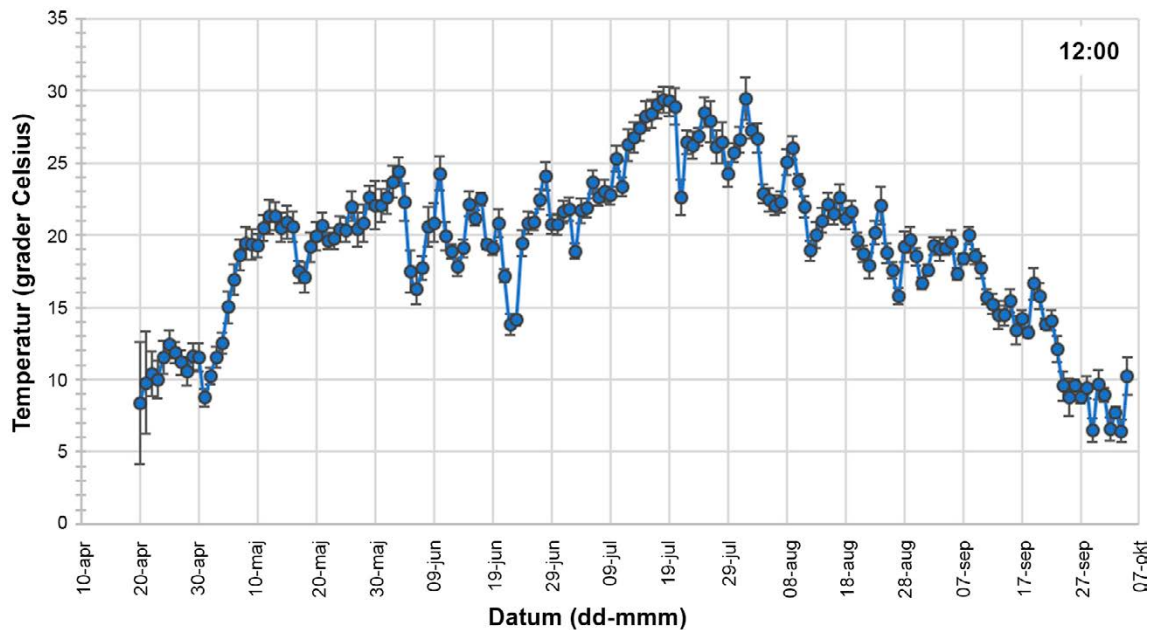
Figur 5-1. Under sommaren och hösten 2020 var det lågt vattenstånd i gölarna. I gölen AFM001430 var vattenståndet mycket lågt (foto taget i oktober 2020).



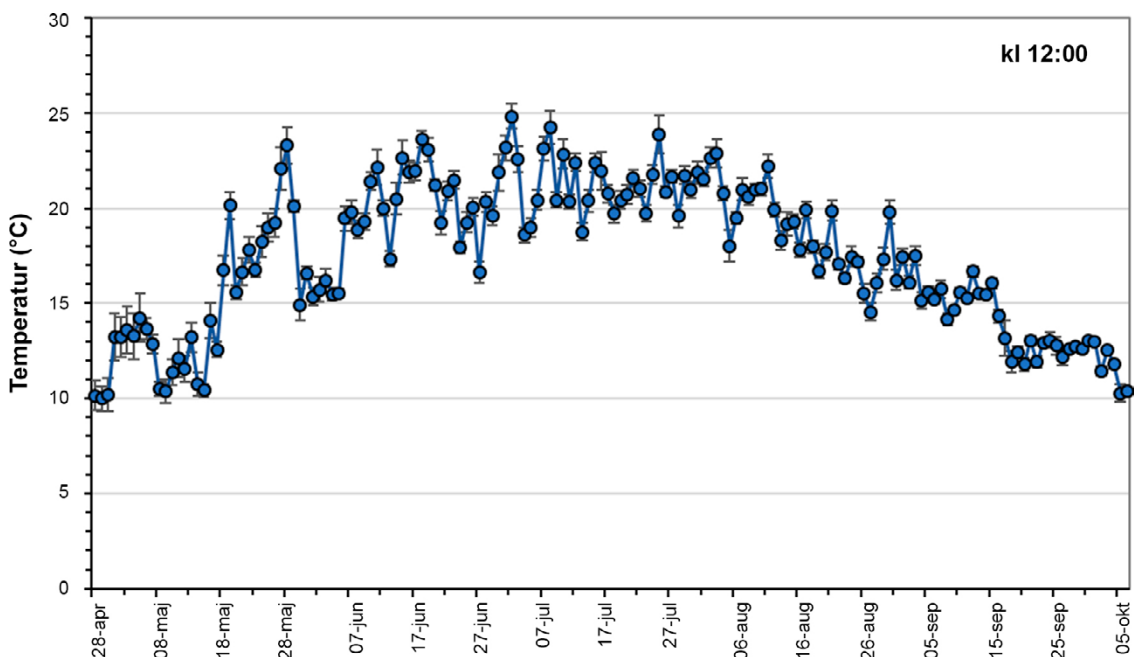
Figur 5-2. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) för 12 av 13 gölar under perioden 26 april–14 oktober 2020. Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i 12 av de 13 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden (mätaren från göl AFM 1493 saknas).



Figur 5-3. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) för de 13 gölarna under perioden 26 april–13 oktober 2019. Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de 13 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden.



Figur 5-4. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) för 14 gölar under perioden 20 april–6 oktober 2018. 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 5-5. Medeltemperatur (± 1 standardavvikelse) för 11 gölar under perioden 28 april–7 oktober 2017. Figuren baseras på mätdata från samtliga temperaturmätare i de 11 gölarna klockan 12:00 varje dag under mätperioden.

En jämförelse mellan de undersökta gölarna 2020 visar att 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). Detta är något högre än 2019, då 31,6 °C uppmättes som högst sista veckan i juli (25 juli kl. 16.00) i göl AFM001444 (mätpunkt PFM007767). Den allra högsta vattentemperaturen, drygt 35 °C, som registrerats under perioden 2016–2020 uppmättes i slutet av juli 2018 i gölen AFM001430 (mätpunkt PFM007872) (figur 5-1).

Uppmätta vattentemperaturer 2020 presenteras i Bilaga 1.



Figur 5-6. ÖV: Nyfiken gölgröda (*Pelophylax lessonae*) bland fintrådiga alger i den anlagda gölen AFM001443 (8 augusti 2018). ÖH: Nya grodor på gång i den anlagda gölen AFM001444, dock ej gölgrödor (22 april 2020). NV: Större vattensalamandrar (*Triturus cristatus*) under lek i den anlagda gölen AFM001444 (22 april 2020). Majviva (*Primula farinosa*) under blomning nära den anlagda gölen AFM00142 (25 maj 2020).

Referenser

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

- Andersson J, Collinder P, 2018.** 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, Wallin A, Qvarfordt S, 2018.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2017. SKB P-17-43, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Wallin A, Qvarfordt S, 2019.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark, 2018. SKB P-19-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Borgiel M, Wallin A, Qvarfordt S, 2020.** Mätning av ytvattentemperatur i gölar i Forsmark 2019. SKB P-20-03, 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, 2020.** Inventering av gölgroda och större vattensalamander i Forsmarksområdet 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 gölrodans 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, 2015.** 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, 2019. 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, 2020. 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.

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, 2021. Hydrological monitoring in Forsmark – surface waters, ground moisture and ground temperature, October 1, 2019–September 30, 2021. SKB P-21-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.

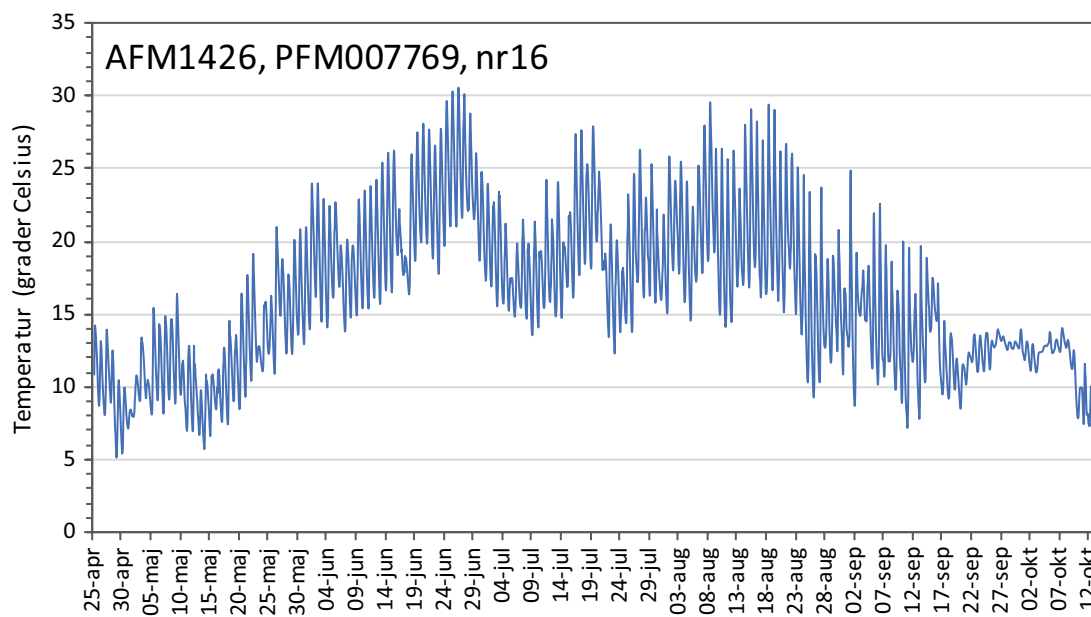
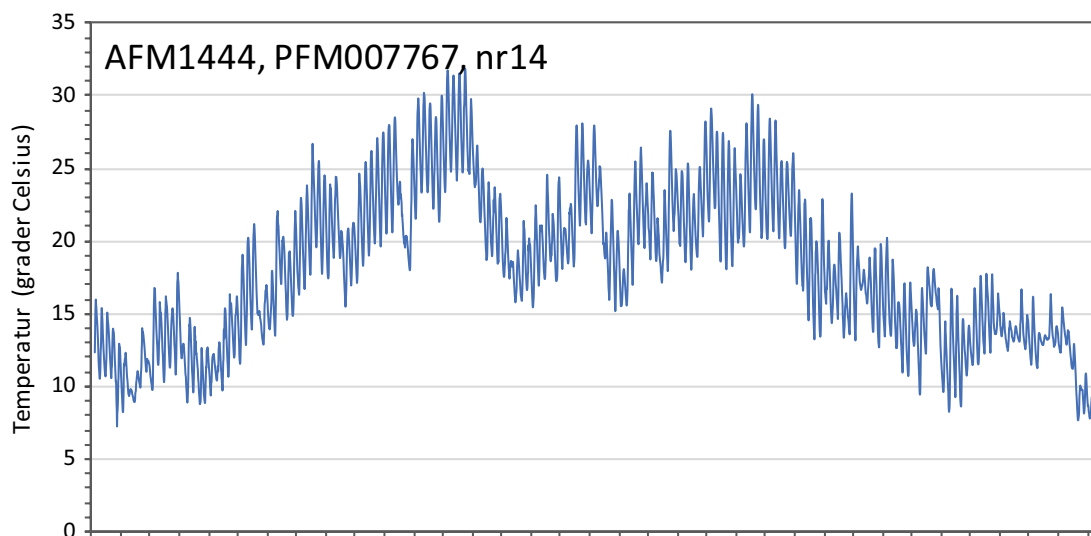
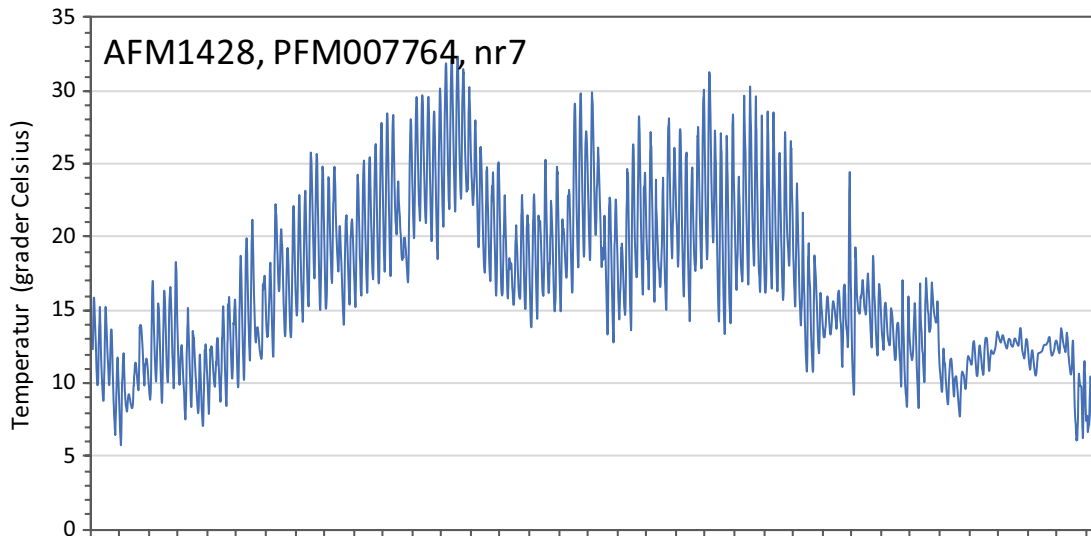
Zachariassen E, Collinder P, 2017. Inventering av gölgröda, större vattensalamander och gulyxne i Forsmark 2016. SKB P-16-24, Svensk Kärnbränslehantering AB.

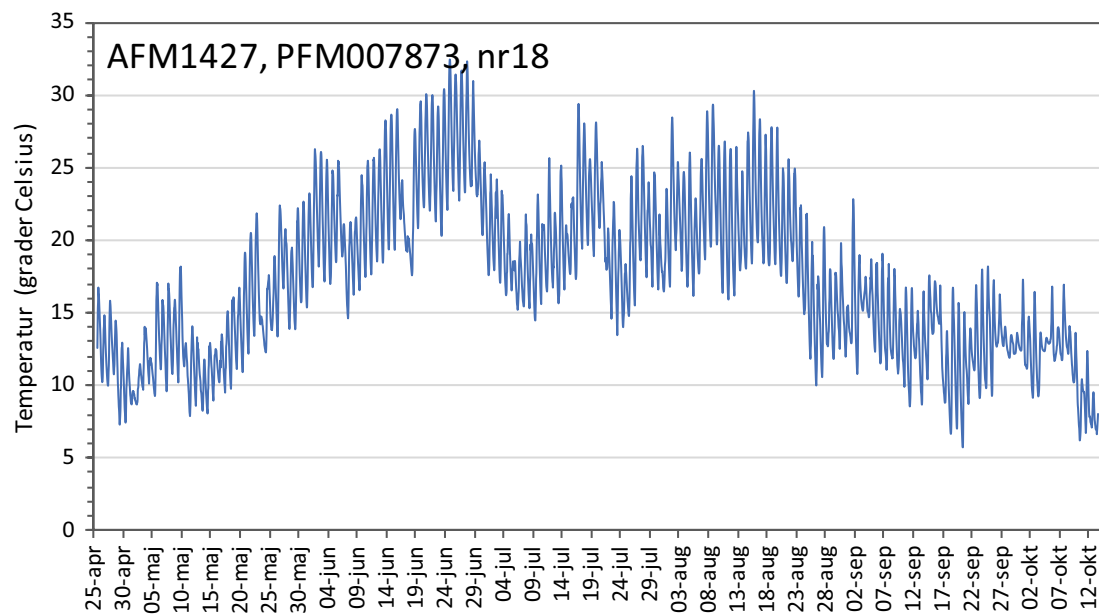
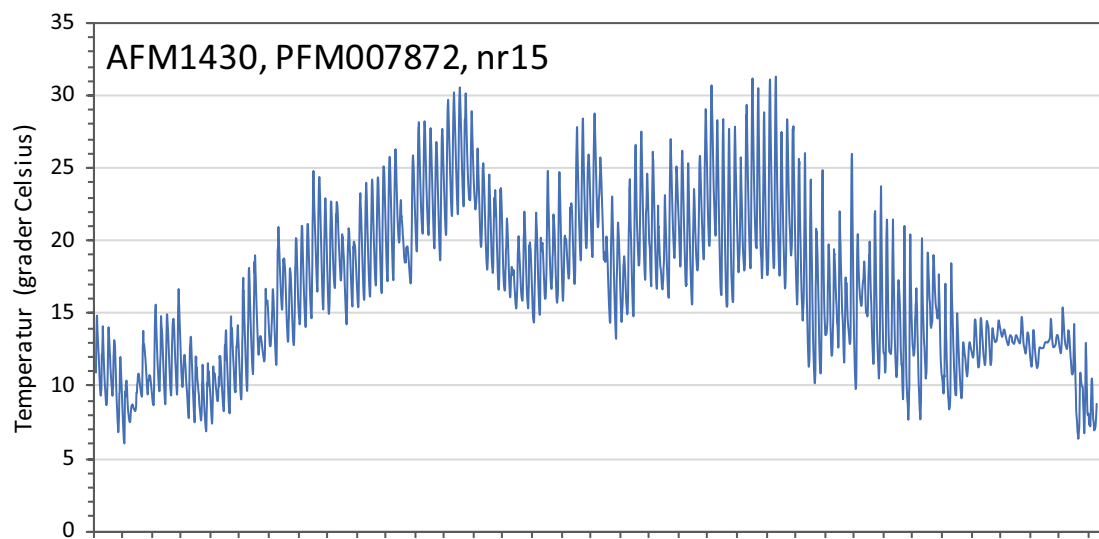
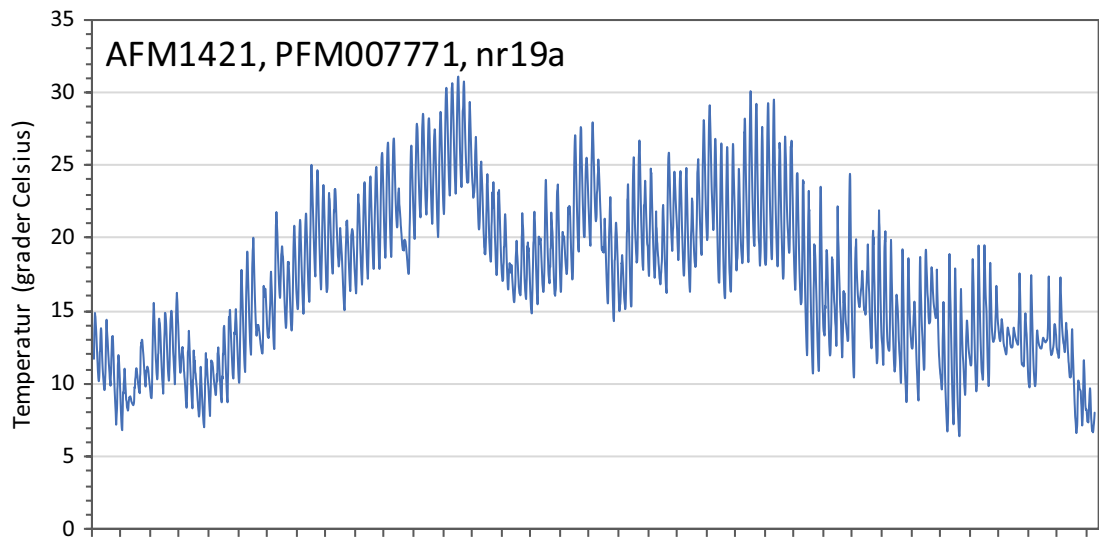
Uppmätta vattentemperaturer

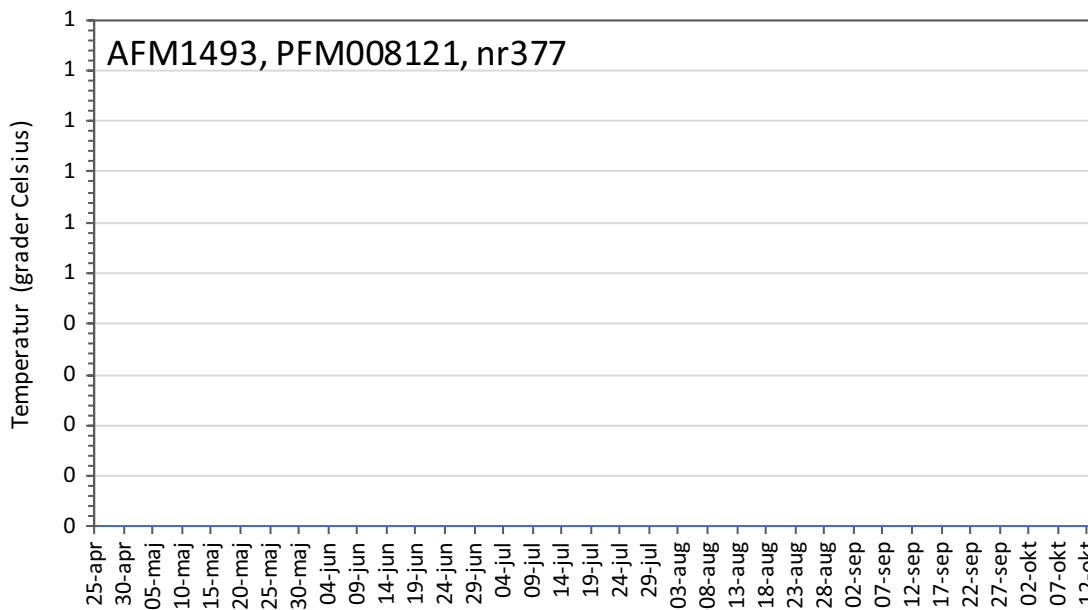
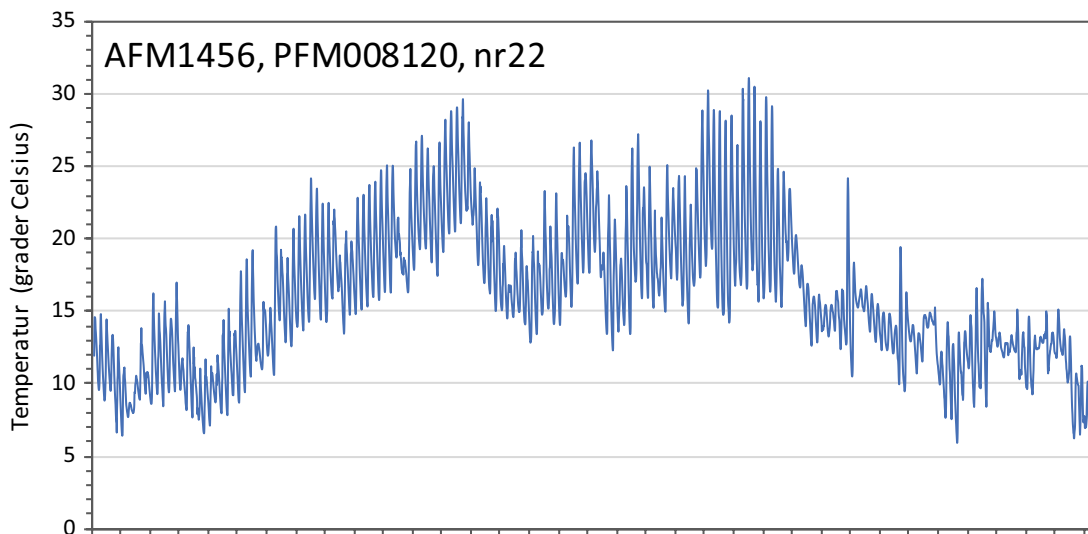
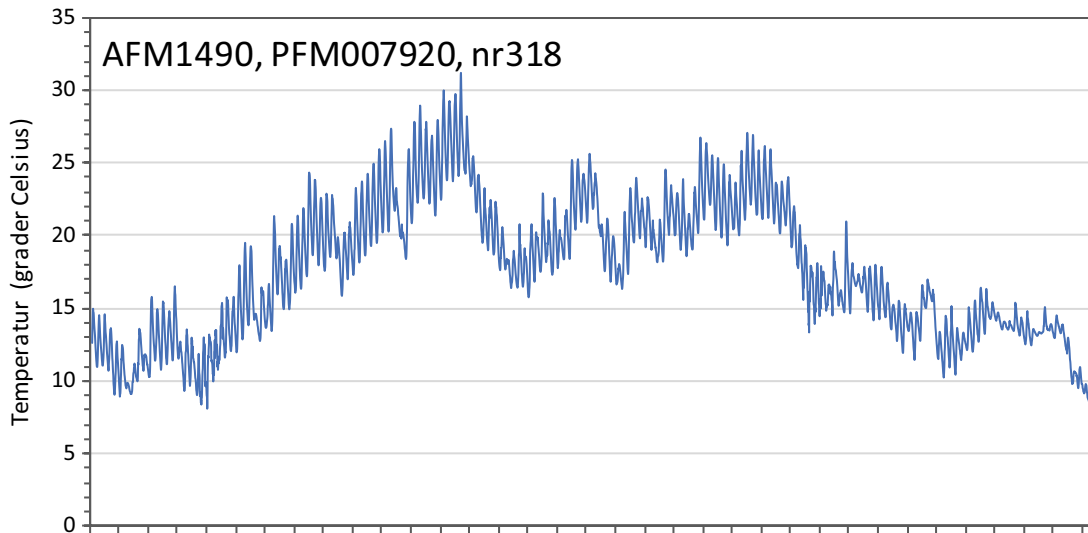
Graferna i denna bilaga redovisar uppmätta vattentemperaturer från 12 av de 13 temperaturmätarna under perioden 25 april–14 oktober 2020. Mätaren vid mätpunkt PFM008121 i göl AFM1493 saknas och därför finns ingen graf. Tabell B1-1 anger gölarnas Sicada-id, temperaturmätarnas Sicada-id och beteckningar för gölarna som används i vissa andra sammanhang (till exempel Hamrén och Collinder 2010).

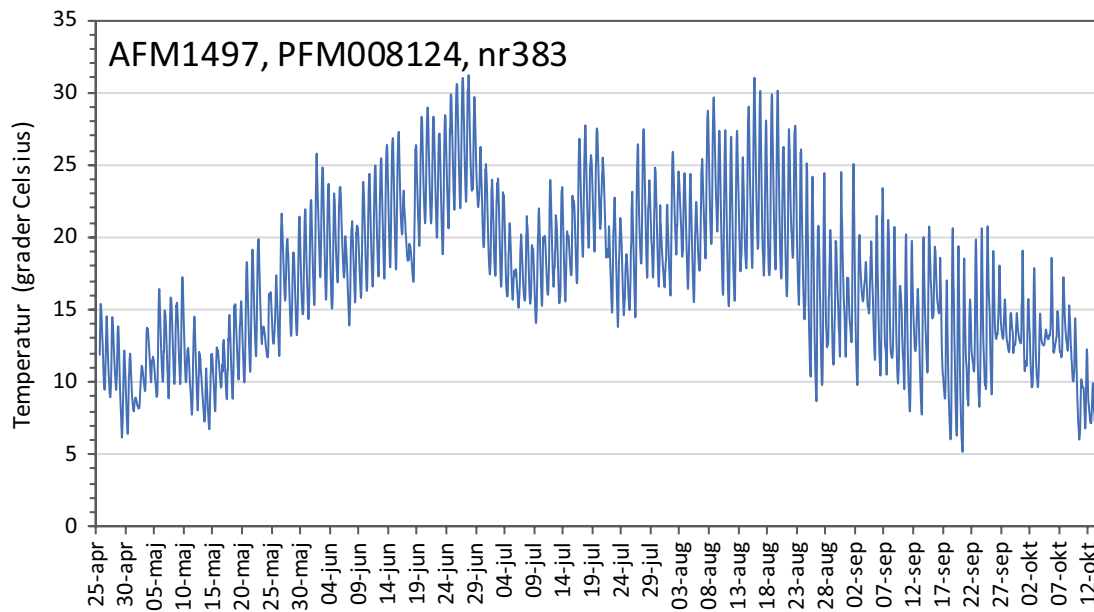
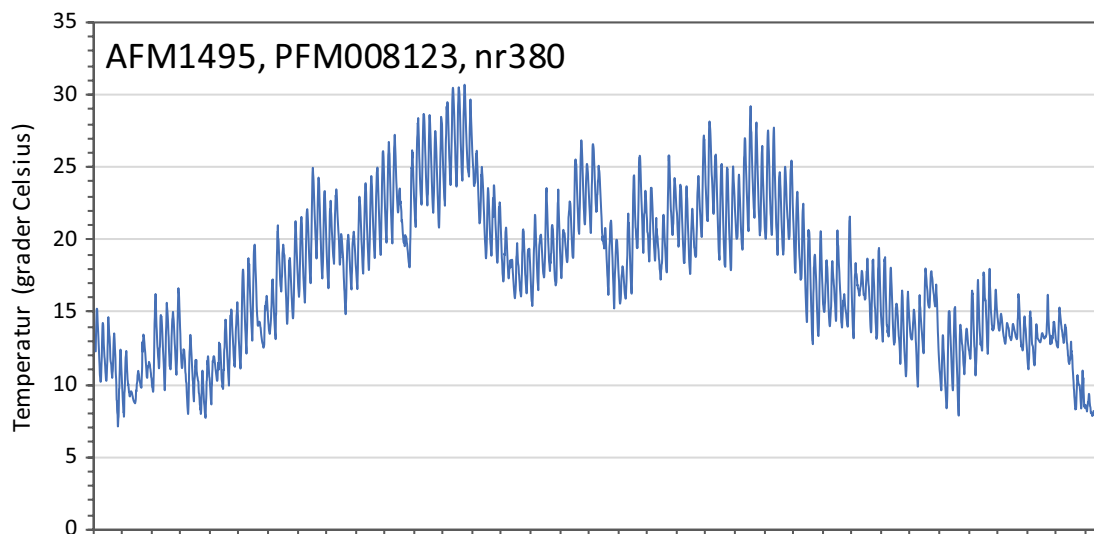
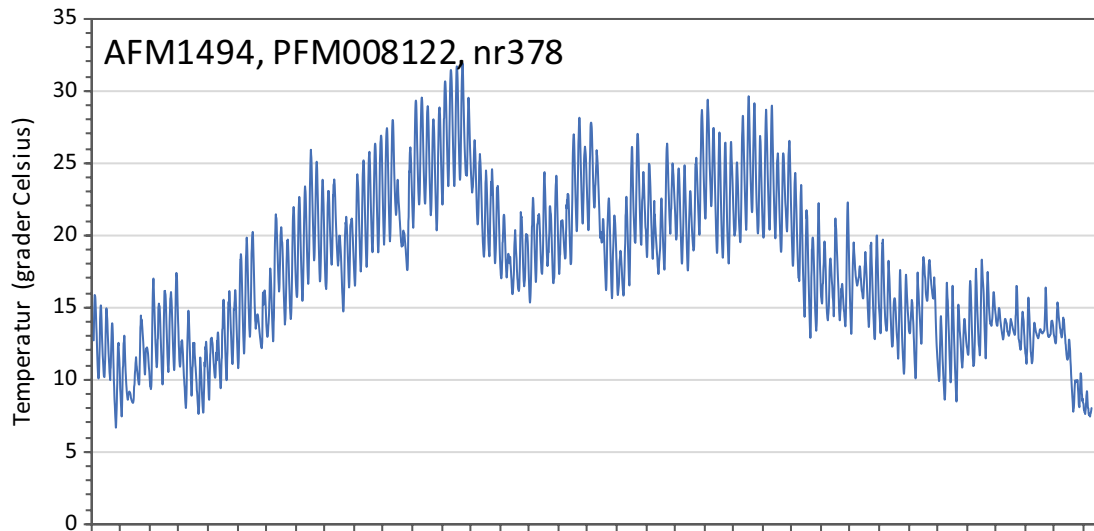
Tabell B1-1. Id för gölar samt id för mätpunkt i respektive göl. I kolumnen "alias" anges även benämningar på gölarna som används i vissa andra studier.

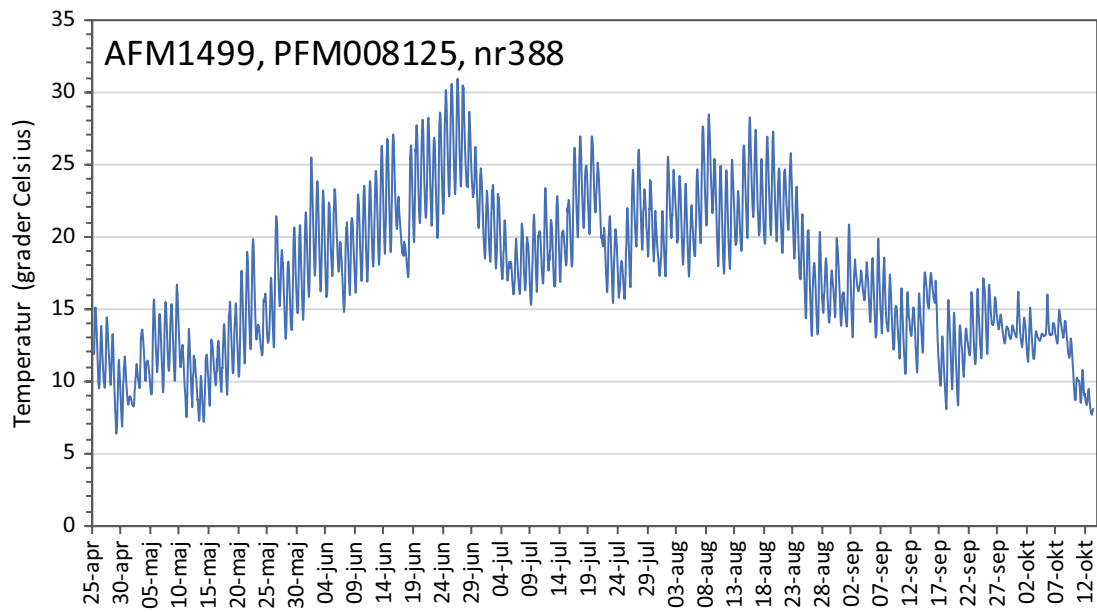
Göl-id	Mätpunkt-id	Gölbeteckning (alias)
AFM001421	PFM007771	19a
AFM001426	PFM007769	16
AFM001427	PFM007873	18
AFM001428	PFM007764	7
AFM001430	PFM007872	15
AFM001444	PFM007767	14
AFM001456	PFM008120	22
AFM001490	PFM007920	318
AFM001493	PFM008121	377
AFM001494	PFM008122	378
AFM001495	PFM008123	380
AFM001497	PFM008124	383
AFM001499	PFM008125	388











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