

Skjoldkreps – eit viktig næringsdyr i høgjellsvatn som er sterkt påverka av miljøfaktorar

Av Reidar Borgstrøm

Reidar Borgstrøm er Dr. agric. og professor emeritus i fiskebiologi og naturforvaltning, og tilknytta Fakultet for Miljøvitenskap og Naturforvaltning, Noregs Miljø- og Biovitenskaplege Universitet.

Summary

The tadpole shrimp – an important food item in alpine lakes strongly influenced by environmental factors. The large phyllopod *Lepidurus arcticus*, called the arctic tadpole shrimp, has a northern, circumpolar distribution. In southern Norway, the species occurs in lakes mainly above 900-1000 m a. s. l., with a falling elevation trend towards the north, and on Spitsbergen in fishless lakes even at sea level. As an important prey species of fish and birds, it is highly influenced by predation. Eggs of the tadpole shrimp overwinter and hatch after ice break-up the next summer, and develop to mature individuals during July-August. The tadpole shrimp is favoured by lake regulation, indicating that drying up and freezing of the draw-down zone may be preferable. The tadpole shrimp presence in high mountain lakes in Greenland during the warm period 9000 – 7000 years before present, at much higher summer air temperatures than today, indicate that it may survive in both Arctic and high mountain lakes even at substantial higher temperatures in the future.

Samandrag

Skjoldkreps (*Lepidurus arcticus*) er ein relativt stor bladfotkreps med ein nordleg cirkumpolar utbreiing. I Sør-Noreg er den knytt til innsjøar stort sett over 900-1000 m o. h., med ein fallande høgdetrend mot nord, og på Svalbard i

fisketome vatn heilt ned til havnivå. Den er eit viktig næringsdyr for fisk og fugl, og sterkt påverka av beitetrykk. Skjoldkrepssegga overvintrar og klekker fyrst neste sommar under, eller rett etter isløysing, og utviklar seg til kjønnsmogne individ i løpet av juli-august. Skjoldkreps ser ut til å ha føremun av innsjøregulering, noko som kan indikera at tørregging og frysing av egg er gunstig. Den var til stades i innsjøane i høgjellet og på til dømes Grønland i varmetida for 9000 - 7000 år sidan då temperaturane var langt høgare enn i dag. Dette kan indikera at skjoldkrepsen vil overleva både i Arktiske lokalitetar og lokalitetar i høgjellet sjølv ved betydeleg høgare sommartemperaturar i framtida.

Innleiing

Bladfotkrepsen *Lepidurus arcticus*, eller skjoldkreps som den heiter på norsk, er ein småkrepsart med nordleg cirkumpolar utbreiing, og finnest på Island, i Skandinavia, på øyar i Arktis, og i nordlege delar av Russland og Nord-Amerika (Sømme 1934; Vekhoff 1997; Hessen et al. 2004). Den tilhøyrer ei gruppe krepsdyr som har endra seg lite gjennom dei siste 200 millionar åra (Hessen et al. 2004). I Sør-Noreg finn vi skjoldkreps fyrst og fremst i innsjøar som ligg høgare enn 900-1000 m o. h. (Sømme 1934), men i Nord-Noreg er det skjoldkreps i vatn som ligg heilt ned til 200 m o. h.

(Berg 1954). På Svalbard og andre stader i Arktis er den vanleg i fisketome vatn og småpyttar som ligg like ned til havnivå.

Skjoldkrepesen kan bli rundt 25 mm, målt frå fronten av skjoldet til enden av haleplata, men så store eksemplar er nok relativt sjeldne (Sars 1896). Medan dei tidlege stadia hos skjoldkrepes er planktoniske, held dei større skjoldkrepesane seg vanlegvis i eller på det øvre botnssubstratet der dei mellom anna ét diatoméer. Dei kan òg symja fritt heilt opp mot vassyta, og då er dei truleg på jakt etter *Daphnia* og andre vassloppearter som dei er effektive beitarar på (Christoffersen 2001). Dermed vil skjoldkrepes kunna strukturera dyreplanktonsamfunnet (Christoffersen 2001; Jeppesen et al 2001). Sidan skjoldkrepesen er ein relativt stor evertebrat (Figur 1), er den sjølv utsett for predasjon frå fleire fugleartar (Hartley og Fisher 1936) og ikkje minst frå fisk. Det er difor rimeleg å tru at skjoldkrepesbestandar kan bli sterkt regulert av predasjon. Med sin nordlege utbreiing er det òg grunn til å tru at temperatur kan vera ein begrensande faktor for dette spesielle krepesdyret. I denne artikkelen går eg gjennom nokre av desse miljøfaktorane som påverker skjoldkrepesen. Eksempla er henta frå fleire innsjøar i Noreg.

Påverknad av vasskvalitet og beiting på skjoldkrepesstadier

I Stolsmagasinet (1091 m o. h. i Hol og Ål kommunar) hadde skjoldkrepes med kroppslengde over 6,3 mm egg i dei ytre eggkapslane. Desse



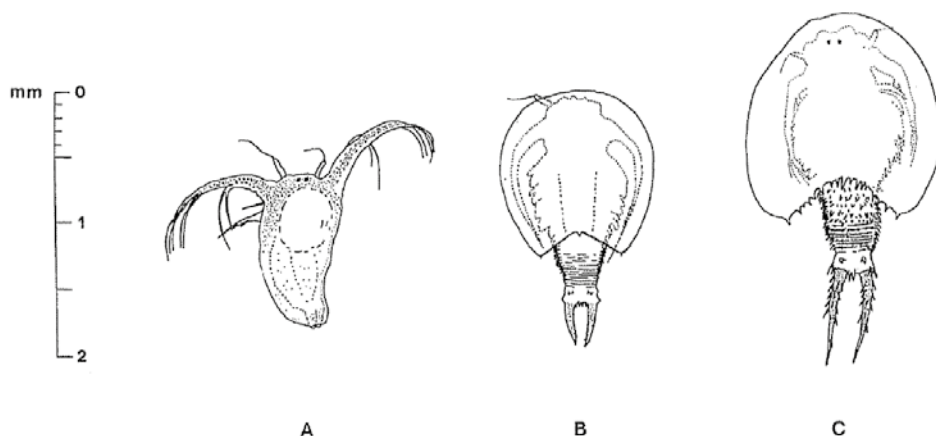
Figur 1. Skjoldkrepes frå Stolsmagasinet i Hallingdal. Målt frå forkant av skjoldet til enden av haleplata kan skjoldkrepesen bli på rundt 25 mm, og med dei to lange haletrådane vert den endå lengre (Foto etter Borgstrøm 1970). Den større skjoldkrepesen har ein olivenbrun farge med eit grønleg skjær, men på sprit blir fargen meir mørkegrøn (Sars 1896).

eggkapslane er danna av det 11. beinparet (Sars 1896). I kapslane får egga eit hardt ytre lag, og dei vert deretter frigjort og havnar på botnen. Dei klebrige egga vert liggjande på botnssubstratet heilt til dei klekker neste sommar. I klekkefasen stikk den raudfarga larva litt ut av egget, og då er egget lett å få auga på i til dømes ei tørrlagd strandsone i eit nedtappa reguleringsmagasin. I forsøk med klekking av skjoldkrepesegg ved forskjellig pH vart det påvist at pH-verdiar under 5,5 kan ha ein negativ innverknad på klekking og utvikling av dei fyrste skjoldkrepesstadia (Borgstrøm & Hendrey 1976). Ved pH-verdiar mellom 5,5 og 6,8 varte det fyrste stadiet (naupliusstadiet) (Figur 2a) frå nokre minutt til eit par timar før det gjekk over i stadium II (Figur 2b). Vidare utvikling til stadium III (Figur 2c) kom etter 20-45 timar ved pH 6,0 og høgare, og noko lengre tid ved pH 5,5. Ved lågare pH stoppa utviklinga opp, og stadium III vart ikkje nådd. Dette forsøket indikerer at skjoldkrepes ikkje tolererer surt vatn, og dette vert og støtta ved at pH i lokalitetar med funn av skjoldkrepes i Sør-Noreg har alle lege mellom 6 og 7 (Borgstrøm et al. 1976). I deler av fjellheimen i det sørlege Noreg kan skjoldkrepesen difor ha forsvunne då vatna vart surare.

Stadium II og III er frittsymjande, og med den raude fargen er dei truleg lette å få auga på av fisk på jakt etter dyreplankton. Planktonetande fisk som ørekyt og aureungar ét dei unge, frittsymjande skjoldkrepesstadia (Borgstrøm et al. 1985). Sidan det kan vera hundretals fleire ørekyt enn aureungar i eit vatn, vil ørekyten kunna beita ned dei tidlege stadia av skjoldkrepes, og eit fåtal skjoldkrepes vil dermed overleva fram til eggproduserande stadium. Samstundes blir det lite skjoldkrepes tilgjengeleg for større aure. Ørekyt blir difor ein alvorleg konkurrent til aure (Hesthagen & Sandlund 2013; Brittain & Borgstrøm 2015).

Betydning av temperatur for vekst og sesongførekomst

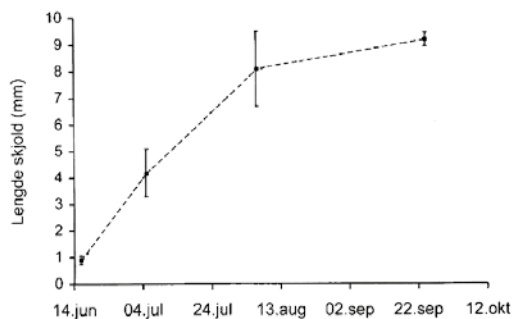
Skjoldkrepesen veks fort frå eggklekkinga etter isløysing i juni-juli fram til kjønnsmogne individ i slutten av juli og i august (Figur 3). Både



Figur 2. Dei tre fyrste skjoldkrepssstadia er alle raudfarga, A) naupliusstadiet, og B) stadium II og C) stadium III som begge er planktoniske, men liknar den vaksne skjoldkrepsen (Etter Borgstrøm & Larsson 1974).

klekking av egg og vekst ser ut til å vera sterkt temperaturavhengig. Det kan illustrerast med eit døme frå Buvatn i Stolsmagasinet (1090 m o.h.). Her var det alt den 16. juni i 1970 stor tett-leik av botnlevande skjoldkreps i grunne dammar som var danna i den elles tørrlagde reguleringssona, medan skjoldkrepsindividua ute i magasinet berre bestod av dei om lag 2 mm planktoniske stadia. Temperaturen i dammane i reguleringssona var 26°C, medan overflatevatnet i sjølve magasinet hadde ein temperatur på 10°C (Borgstrøm 1997).

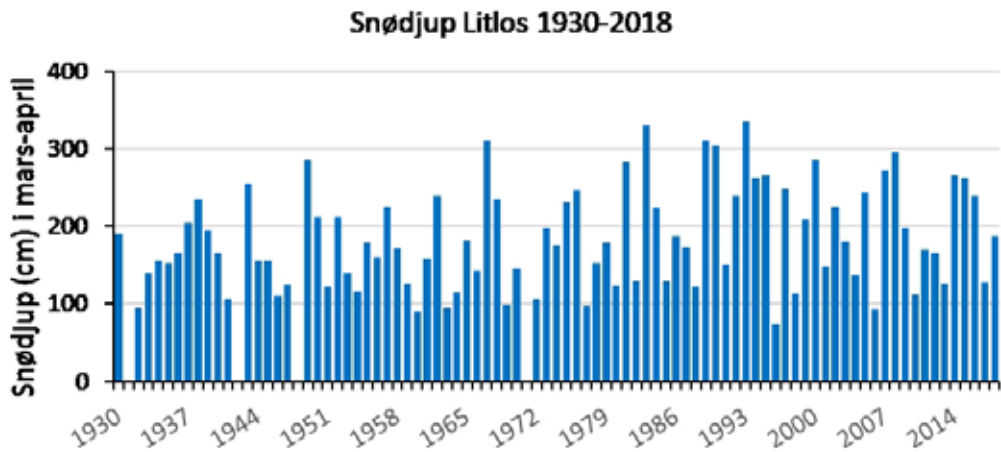
Dato for isløysing ser ut til å vera avgjerande for klekkingstidspunkt for egg og dermed den vidare utviklingen av skjoldkrepsen, noko vi mellom anna har observert i Litlosvatn (1170 m o.h.) og i det ovanforliggjande Kollsvatn (1182 m o. h.) på vestre del av Hardangervidda. I 1993 var det ekstra store snømengder på Vestvidda. På Øst-Telemarken Brukseierforening sin målestasjon på Litlos var snødjupet i overgangen mars-april dette året målt til 334 cm, og siste isflaket på Litlosvatn forsvann ikkje før den 28. juli. Skjoldkreps som vart teke i planktonhåv heilt i slutten av juli og så seint som 6. august var framleis berre i stadium II (sjå Figur 2b), og skjoldkreps var fråværande i auredietten i byrjinga av august (Simonsen & Valderhaug 1994). I eit anna snørikt år, 1989, var det 310 cm snødjup på stasjonen ved Litlos, og med isfritt Litlosvatn fyrst den 25. juli. Skjoldkreps vart



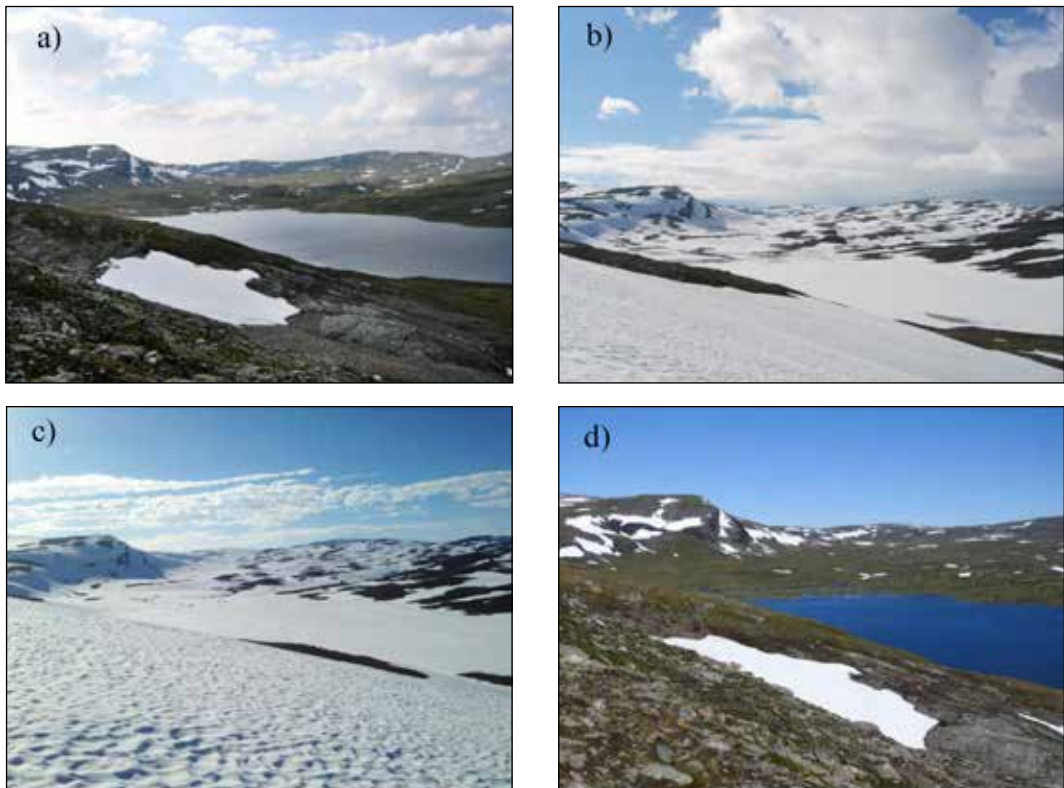
Figur 3. Lengde av skjoldet på skjoldkreps frå Buvatn i Stolsmagasinet, i Ål kommune, sommaren og hausten 1970 (Etter Borgstrøm 1997).

ikkje funne i dietten til auren i det ovanforliggjande vatnet (Kollsvatn) i byrjinga av august dette året. I 1988 derimot då det berre var 122 cm snødjup på den same målestasjonen, gjekk isen rekordtidleg, og Litlosvatn var isfritt alt 10. juni. Dette året var skjoldkreps alt kome inn i dietten til auren i slutten av juli (Pedersen & Scobie 1990). Tilsvarende var det i den varme sommaren 2018. Isen på Litlosvatn vart borte alt den 14. juni dette året, og skjoldkreps var til stades i dietten både i Litlosvatn og Kollsvatn alt i slutten av juli.

Fotoserien i Figur 5 frå Kollsvatn og området ikring dette vatnet illustrerer godt korleis snø- og istilhøva kan variera frå det eine året til det neste på vestre del av Hardangervidda. Er det mykje snø om våren, vil dette vanlegvis føra til



Figur 4. Snødjup målt i overgangen mars-april på snømålestasjonen på Litlos frå 1930 til 2018. Nokre få år med manglande registrering. Data frå Øst-Telemarken Brukseierforening/Norsk Hydro.



Figur 5. Utsyn mot Kollsvatn og nuten Koll frå Litlosbrøtet a) 1. juli 2006, b) 30. juni 2007, c) 1. juli 2015, og d) 3. juli 2018. Målt snødjup på stasjon Litlos i overgangen mars-april i desse fire åra var 272 cm i 2007, 94 cm i 2006, 262 cm i 2015, og 187 cm i 2018 (sjå Figur 4).

at det ligg att mykje snø heilt til juli månad, og dei høgareliggjande vatna vil vera isdekte til ut i juli. I enkelte ekstremår som 2015 då sommaren

var kald, var mange vatn delvis isdekt til byrjinga av august, slik Kollsvatn var det. På enkelte vatn låg det att fjorårsgamal is i byrjinga av septem-

ber dette året. Sidan all skjoldkreps ser ut til å død i løpet av hausten og tidleg vinter, kjem ein ny generasjon fyrst etter eggklekking året etter. Tida skjoldkreps vert tilgjengeleg som næring for fisk og fugl vert difor sterkt avkorta i år med mykje snø og sein isløysing. Det er ein nær samanheng mellom snømengd og dato for isfritt vatn i dette området (Borgstrøm 2001), og den årlege snømengda på våren og forsommaren (Figur 4 og Figur 5) vil difor langt på veg fortelja om det vert ein god eller dårleg sesong for skjoldkreps, og tilsvarande ein god eller dårleg vekstsesong for auren.

I Stolsmagasinet vart det den 2. juli i 1969 funne i gjennomsnitt over 200 skjoldkreps per mageprøve frå aure (med medellengd 30,7 cm) som hadde matrøyr og mage heilt fullt opp av skjoldkreps, medan tilsvarande prøver frå heilt fulle magar frå aure (med medellengd 31,8 cm) i overgangen august-september berre bestod av i gjennomsnitt 58 skjoldkreps (Borgstrøm 1970) (Figur 6). Det fortel litt om veksten av skjoldkrepsen utover sommaren, men det fortel òg kor omfattande beitinga på skjoldkreps kan vera. Høgst sannsynleg vert dei største individa av skjoldkreps nedbeita raskare enn små individ, og truleg vil storleiken på innsamla skjoldkreps underestimera den potensielle lengdevæksten.



Figur 6. Store skjoldkreps plukka ut av ein auremage (Foto: R. Borgstrøm).

Predasjon; grunnlaget for god aurevekst

Vekst hos aure er sterkt påverka av temperatur, i tillegg til mattilgang og kvalitet på maten, og ein årleg tilvekst på fem cm vert gjerne rekna som bra for aure i høgfjellsvatn. I vatn der tettleiken av aure er låg, kan skjoldkreps vera heilt dominerande i auredietten frå juli månad, og ofte ser vi då at auren i slike vatn har ein ekstra god vekst. I det regulerte Stolsmagasinet i Hol og Ål der skjoldkreps var hovudnæringa for aure frå byrjinga av juli, kunne ein del to år gamle aure få ein tilvekst på 11-14 cm på slutten av 1960-talet. Slik god årleg lengdevækst har vi òg sett i vatn på Hardangervidda der aurebestanden har låg tettleik, samstundes som fisken lever av skjoldkreps og marflo. I til dømes Vatnalivatnet på Vestvidda kom lengdetilveksten for enkelte toårige aure heilt opp i over 14 cm i 1999, sjølv om gjennomsnittet låg på 10,5 cm (\pm SD 3,7 cm). Skjoldkrepsen bidreg dessutan til å gje auren den fine raudfargen (Hesthagen & Kleiven 2019) (Figur 7). Skjoldkrepsbestanden vert truleg meir eller mindre heilt nedbeita i løpet av hausten. Lien (1978) undersøkte dietten til aure gjennom heile året i fire år (1969-72) i Øvre Heimdalsvatn i Øystre Slidre, og han fann at skjoldkreps energimessig var det dominerande næringsdyret i dietten i august månad, og at den òg betydde mykje i september. I dei neste månadane gjekk mengda skjoldkreps sterkt ned, men han fann litt skjoldkreps i mageinnhaldet heilt til desember. Etter desember var dei heilt borte, og dukka ikkje opp att før i juli månad etter at ein ny generasjon kom til.

Skjoldkrepsegga tåler innsjøregulering

I Stolsmagasinet vart det funne skjoldkreps i botnprøver då magasinet framleis var nedtappa med 2,5 m. Samstundes var det svært mykje skjoldkreps i grunne smådammar som hadde danna seg i den tørrlagde reguleringssona. Det må difor ha blitt lagt skjoldkrepsegg både på grunt vatn og djupare enn 2,5 m hausten føreåt. Eg har funne eggberande individ frå heilt ned til 28 meters djup (i Steinbusjøen i Valdres). På den andre sida er det ofte mykje skjoldkreps på grunt



Figur 7. Skjoldkrepse er eit viktig krepsdyr som bidreg til å gje aure i høgfjellet raud kjøtfarge, som her hos ein aure frå Kollsvatn på vestre del av Hardangervidda.

vatn utover hausten. Det kan tyda på at strandsona er preferert som eggleggingsstad. Kanskje tørrelgging av strandsona og dermed frysing av egga om vinteren er ein fordel for skjoldkrepse (Aass 1969)? Ved ei innsjøregulering vil mange evertetratar, i fyrste rekke insektartar, forsvinna frå reguleringssona, og det skal heller ikkje utelukkast at dette har gitt mindre konkurranse for skjoldkrepse og mindre predasjon på til dømes skjoldkrepseegg. Uansett ser det ut til at innsjøreguleringar gir skjoldkrepse ei føremun, noko også Dahl (1932) peika på. Eit godt døme på dette er frå Pålbufjorden i Numedalsvassdraget der Dahl (1932) ikkje hadde funne skjoldkrepse før reguleringa av vatnet, men etter at vatnet vart eit reguleringsmagasin i 1927 oppdaga han at skjoldkrepse vart eit vanleg næringsdyr for aure i magasinet. Også i mange andre reguleringsmagasin har skjoldkrepse blitt eit viktig innslag i fiskedietten (Aass 1969; Borgstrøm 1970). Den

er dessutan blitt påvist i andre regulerede vatn som ligg langt under den vanlege høgdegrensa for skjoldkrepse, til dømes i Volbufjorden i Øystre Slidre som ligg berre 434 m o.h. (Saltveit og Brand 1980), og i Savalen (707 m o.h.) i Alvdal/Tynset kommunar (Hansen og Stubbsjøen 1984).

Skjoldkrepse tåler klimaendringar

Skjoldkrepse ser ut til å trivast ved relativt høge temperaturar, men samstundes manglar den i låglandet i Sør-Noreg og Sverige, og har forsvunne frå til dømes Irland og Skottland der den levde ei tid etter at den store innlandsisen var smelta bort (Mitchell 1957; Morrison 1959). Skjoldkrepse må mest sannsynleg ha vore i høgfjellet i Sør-Noreg alt for rundt 9000 år før notid, på ei tid då sommartemperaturane var rundt eit par grader C høgare eller meir enn i dag (Aas & Faarlund 1988; Odland 1996; Bakke & Nesje

2008; Velle et al. 2010), og det var furuskog over store delar av til dømes Hardangervidda (Moe 1978). I låglandet var det den gongen endå høgare sommartemperaturar, så mest sannsynleg har skjoldkrepsen overlevd i høgfjellet heilt frå den fyrste innvandringa etter Istida. Vesentleg høgare sommartemperaturar enn i dag har difor tidlegare neppe vore eit hinder for skjoldkreps. Sidan skjoldkrepsen ser ut til å bli favorisert av innsjøreguleringar der det om vinteren vert nedtapping av vasstanden og frysing av strandsona, kan det vera nedkjøling og frysing av egga om vinteren som er mest avgjerande for om skjoldkreps skal trivast i ein lokalitet (sjå Aass 1969). Difor kan låge vintertemperaturar med tørrlegging og frysing av egga i delar av strandsona i både reguleringsmagasin og naturlege innsjøar i høgfjellet vera ein viktig føresetnad for å oppretthalda ein skjoldkrepsbestand. Hos enkelte andre arter av bladfotkreps vil egga

berre utvikla seg etter at dei fyrst har lege tørt ei tid (Boas & Thomsen 1967), og kanskje skjoldkrepssegga kjem i same kategori, med krav om tørrlegging og frysing?

Qvenild et al. (2018) meiner at skjoldkreps på Hardangervidda kan få problem i eit varmare klima, men ut frå dei temperaturregima skjoldkreps ser ut til å greia seg i er det grunn til å tru at den vil tolerera eit varmare klima, så lenge vintertemperaturane er låge. Presthus Heggen et al. (2010) påviste skjoldkreps i sedimentkjernar frå ein innsjø ved Kangerlussuaq på Vest-Grønland i eit lag som tilsvara perioden 7000 – 6500 år før notid, og på denne tida var sommartemperaturane på Grønland fleire grader høgare enn dagens temperaturar (Presthus Heggen 2010), slik det også er vist for høgfjellet i Noreg (sjå til dømes Velle et al. 2010). I dei øvre laga i sedimentprøva fann dei ikkje skjoldkreps, noko som mest sannsynleg kan knytast til at det no er både



Figur 8. Nedtappa reguleringsmagasin der øvre del av reguleringssona framleis er tørrlagt på sommaren. Egg av skjoldkreps og andre småkreps som ligg i den tørrlagte strandsona vil ikkje kunna klekka. (Foto: R. Borgstrøm).

trepigga stingsild og røye i den undersøkte innsjøen. Temperaturauke på nokre grader om sommaren frå dagens temperaturnivå ser difor ikkje ut til å vera negativt for skjoldkreps korkje på Grønland eller i norsk høgfjell, men som alt nemnt kan fiskepredasjon vera ein ekskluderande faktor.

Låg sommarvasstand i regulerte innsjøar kan derimot få store negative fylgjer for skjoldkreps og andre småkreps (Brabrand 2010). I enkelte år blir reguleringsmagasin ikkje fylt opp om sommaren på grunn av sterk nedtapping føregåande vinter, kombinert med lite tilsig av vatn enkelte vårar og forsomrar (Figur 8). Egg av skjoldkreps og andre småkreps som ligg i den tørrlagde reguleringssona vil dermed ikkje kunna klekka (Borgstrøm 1973; Brabrand 2010). Konsekvensen av dette blir at det i slike år blir langt mindre tilgjengeleg mat for aure og andre artar som utnyttar småkreps. Dette har skjedd fleire gonger i

til dømes reguleringsmagasin rundt Hardangervidda, mellom anna i fleirårsmagasinet Mårvatn. Her vart skjoldkreps og linsekreps midlertidig borte frå dietten til aure etter sterk nedtapping av magasinet vinteren 1969/70, med låg vassstand ut over sommaren 1970, og auren vart betydeleg avmagra (Borgstrøm 1973). Tilsvarande hadde mange magasin låg fylling sommaren 2018, og det er fare for at dette gjekk ut over skjoldkreps og andre småkrepsartar som har overvintrande egg liggjande i reguleringssona.

Uventa førekomst av skjoldkreps i elv på Spitsbergen

Det er ikkje påvist skjoldkreps i vatn med røye på Svalbard og i mange andre røyevatn i Arktis. Det er difor eit paradoks at skjoldkreps er eit viktig næringsdyr for røye i til dømes utlaupselva frå Straumsjøen, eit vatn som ligg på nordsida av Isfjorden på Spitsbergen (Borgstrøm et al.



Figur 9. Utlaupeelva frå Straumsjøen på Spitsbergen. Ved liten sommarvassføring vert det danna fleire dammar og stilleflytande parti i elvelaupe (Foto: Morten Aas, publisert i Borgstrøm et al. 2018).

2018). Sidan dei fyrste stadia av skjoldkreps som nemnt er frittsymjande vil dei ikkje kunne opphalda seg i rennande vatn, fordi dei i eit slikt miljø vil bli ført ut med vasstraumen. Når skjoldkreps likevel er vanleg i Straumsjøelva, og er eit viktig næringsdyr for røye som vandrar ut frå Straumsjøen om sommaren, har dette truleg samanheng med at vassføringa i elva er lita når skjoldkrepsegga klekker. Dermed greier dei tidlege skjoldkrepstedia å bli verande i dei mange pyttane som vert danna i elva ved liten vassføring (Figur 9). I tillegg kan det koma tilførsler av skjoldkreps frå enkelte av dei fisketome småvatna som drenerer til utlaupselva (Borgstrøm *et al.* 2018). Straumsjøen og utlaupselva er lite influert av smeltevatt frå brear, og vassstemperaturen kom opp i over 13 oC i slutten av juli 2006, dvs. langt høgare enn i dei typiske brevassdraga på Spitsbergen (Svenning 2015).

Det blir spanande å fylgja skjoldkrepsbestanddar både på Svalbard og i høgfjellet i Sør-Noreg i åra framover for å sjå korleis dei responderer på endringar i både temperatur, nedbør og endringar i fisketettleik. Skulle sommarnedbøren auka, er det fare for at skjoldkrepsen blir borte frå Straumsjøelva og liknande elvar på Svalbard, sjølv om den vil overleva i fisketome vatn.

Referansar

Aas, B. & Faarlund, T. (1988). Postglasiale skoggrenser i sentrale sørnorske fjelltrakter. 14C-datering av subfossile furu- og bjørkerester. Norsk Geografisk Tidsskrift 42: 2 – 61.

Aass, P. (1969). Crustacea, especially *Lepidurus arcticus* Pallas, as brown trout food in Norwegian mountain reservoirs. Report Institute Freshwater Research Drottningholm 49: 183-201.

Berg, M. (1954). New localities of *Lepidurus arcticus* Pallas in North Norway. Astarte 9: 1-5.

Boas, J. V. E. & Thomsen, M. (1967). Zoologi Bind 2 Hvivelløse dyr. Gyldendal, København.

Borgstrøm, R. (1970). Skjoldkreps, *Lepidurus arcticus*, i Stolsvannsmagasinet i Hallingdal. Fauna 23: 12-20.

Borgstrøm, R. (1973). The effect of increased water level fluctuation upon the brown trout population of Mårvann, a Norwegian reservoir. - Norwegian Journal of Zoology 21: 101-112.

Borgstrøm, R. & Larsson, P. (1974). The first three instars of *Lepidurus arcticus* (Pallas) (Crustacea: Notostraca). Norwegian Journal of Zoology 22: 45-52.

Borgstrøm, R. (1997). Skjoldkreps – et arktisk dyr i norske innsjøer. Fagnytt naturforvaltning 4: 1-4.

Borgstrøm, R. (2001). Relationship between spring snow depth and growth of brown trout *Salmo trutta* in an alpine lake: Predicting consequences of climate change. - Arctic, Antarctic and Alpine Research 33: 476-480.

Borgstrøm R., Aas M., Hegseth H., Dempson J.B. & Svenning M.-A. (2018). *Lepidurus arcticus* (Crustacea: Notostraca); an unexpected prey of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in a High Arctic river. *Boreal Environmental Research* 23: 149–157.

Borgstrøm, R., Brittain, J. & Lillehammer, A. (1976). Evertebrater og surt vann Oversikt over innsamlings-lokaliteter. Intern Rapport Sur nedbørs virkning på skog og fisk. IR 21/76.

Borgstrøm, R., Garnås, E. & Saltveit, S.J. (1985). Interactions between brown trout, *Salmo trutta* L., and minnow, *Phoxinus phoxinus* (L.) for their common prey, *Lepidurus arcticus* (Pallas). Verhandlungen International Vereinigung für Limnologie. 22: 2548-2552.

Borgstrøm, R. & Hendrey, G. R. (1976). pH tolerance of the first larval stages of *Lepidurus arcticus* (Pallas) and adult *Gammarus lacustris* G. O. Sars. Intern Rapport Sur nedbørs virkning på skog og fisk. IR 22/76.

Borgstrøm, R. & Larsson, P. (1974). The first three instars of *Lepidurus arcticus* (Pallas) (Crustacea: Notostraca). Norwegian Journal of Zoology 22: 45-52.

Brabrand, Å. (2010). Virkning av reguleringshøyde og ulik manøvrering på næringsdyr i reguleringsmagasiner. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI) Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo Rapport nr. 281.

Brittain, J. E. & Borgstrøm, R. (2015). Naturlige variasjoner versus menneskeskapte miljøendringer – hva viser lange tidsserier fra referansevatnet Øvre Heimdalsvatn? Vann 50: 218 – 224.

Christoffersen, K. (2001). Predation on *Daphnia pulex* by *Lepidurus arcticus*. Hydrobiologia 442: 223-229.

Hansen, J.-H. & Stubbsjøen, I. (1984). Savalen - Virkninger av vannstandssenkinger med 3,0 / 4,7 m på bunndyr og fisk. Cand. agric-oppgåve, Inst. for naturforvaltning, NLH.

Hartley, C. H. & Fisher, J. (1936). The marine foods of birds in an inland fjord region of West Spitsbergen. Part 2. Birds. Journal of Animal Ecology 5: 370-389.

- Hessen, D. O., Rueness, E. K. & Stabell, M. (2004). Circumpolar analyses of morphological and genetic diversity in the Notostracan *Lepidurus arcticus*. *Hydrobiologia* 519: 73–84.
- Hesthagen, T. & Kleiven, E. (2019). Fiske i Jotunheimen – frå matauk til hobby. NINA Fagbok.
- Hesthagen, T. & Sandlund, O. T. 2013. Metodikk for skadevurdering av aurebestander som følge av introduksjon av fremmede fiskearter. *Vann* 48: 499 – 506.
- Jeppesen, E., Christoffersen, K., Landkildehus, F., Lauridsen, T., Amsinck, S.L., Riget, F. & Søndergaard, M. (2001). Fish and crustaceans in northeast Greenland lakes with special emphasis on interactions between Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), *Lepidurus arcticus* and benthic chydorids. *Hydrobiologia* 442:329-337.
- Lien, L. (1978). The energy budget of the brown trout population of Øvre Heimdalsvatn. *Holarctic Ecology* 1: 279 – 300.
- Mitchell, G. F. (1957). Late-glacial finds of *Lepidurus arcticus* (Pallas) in the British Isles. *Nature* 180: 153.
- Moe, D. (1978). Studier over vegetasjonsutviklingen gjennom Holocen på Hardangervidda, Sør-Norge. II. Generell utvikling og tregrensevariasjonar. Dr. filosofavhandling, Botanisk museum, Bergen.
- Morrison, M. E. S. (1959). *Lepidurus arcticus* in the Irish late-glacial. *Nature* 184: 739.
- Odland, A. (1996). Differences in the vertical distribution pattern of *Betula pubescens* in Norway and its ecological significance. *Paläoklimaforschung* 20: 43 – 59.
- Pedersen, K. Å. & Scobie, L. (1990). Dynamikk, habitatbruk og redskapsseleksjon for ørretbestanden i Kollsvatn, en innsjø på Hardangervidda. Cand. agric.-oppgåve, Institutt for Biologi og Naturforvaltning, NLH Ås.
- Presthus Heggen, M., Birks, H. H. & Anderson, N. J. (2010). Long-term ecosystem dynamics of a small lake and its catchment in west Greenland. *The Holocene* 20: 1207 – 1222.
- Qvenild, T., Fjeld, E., Fjellheim, A., Rognerud, S. & Tysse, Å. (2018). Climatic effects on a cold stenotherm species *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda, Notostraca) on the southern outreach of its distribution range. *Fauna norvegica* 38: 37-53.
- Saltveit, S.J. & Brabrand, Å. (1980). Skjoldkreps *Lepidurus arcticus* i Vollbufjorden 434 m o.h. i Øystre Slidre, oppland. *Fauna* 33: 105-108.
- Sars, G. O. 1896. *Fauna Norvegica*. I. Phyllocardia og Phyllopora. Christiania, Aktiebogtrykkeriet.
- Simonsen, T. A. & Valderhaug, N. A. (1994). Bestandsdynamikk, habitatbruk og ernæring for aure i Litlosvatn. Ein innsjø på Hardangervidda. Cand. agric.-oppgåve, Institutt for Biologi og Naturforvaltning, NLH Ås.
- Svenning, M-A. (2015). Water temperature, light and ice-conditions in Svalbard lake systems. NINA-Minireport 575.
- Sømme, S. (1934). Contribution to the biology of Norwegian fish food animals. I. *Lepidurus arcticus* Pallas 1793 syn. *L. glacialis* Krøyer 1847. *Avhandlingar Norske Videnskaps-Akademi Matematisk Naturvitenskapelig Klasse* 1934(6): 1–36.
- Vekhoff, N. V. (1997). Large branchiopod Crustacea (Anostraca, Notostraca, Spinicaudata) of the Barents Region of Russia. *Hydrobiologia* 359: 69–74.
- Velle, G., Bjune, A. E., Larsen, J. & Birks, H. J. B. (2010). Holocene climate and environmental history of Brurskardstjønni, a lake in the catchment of Øvre Heimdalsvatn, south-central Norway. *Hydrobiologia* 642: 13 – 34.