

# Suomen uhanalaisia lajeja: Rupilisko (*Triturus cristatus*)

Ville Vuorio





Suomen uhanalaisia lajeja:  
Rupilisko (*Triturus cristatus*)

**Ville Vuorio**



POHJOIS-KARJALAN  
YMPÄRISTÖKESKUS

SUOMEN YMPÄRISTÖ 34 | 2009  
Pohjois-Karjalan ympäristökeskus  
Alueiden käyttö ja luonnonsuojelu

Taitto: Terttu Saari  
Kansikuva(t): Ville Vuorio  
Sisäsivujen kuvat: Ville Vuorio

Julkaisu on saatavana myös internetistä:  
[www.ymparisto.fi/julkaisut](http://www.ymparisto.fi/julkaisut)

Vammalan Kirjapaino Oy, Sastamala 2009

ISBN 978-952-11-3561-3 (nid.)  
ISBN 978-952-11-3562-0 (PDF)  
ISSN 1238-7312 (pain.)  
ISSN 1796-1637 (verkköj.)

## SAATTEEKSI SALAMANTEREILLE

Vielä 2000 -luvun vaihteessa rupiliskon (*Triturus cristatus*) mannersuomalainen esiintymiskuva oli varsin epäselvä. Itä-Suomesta, pääosin Pohjois-Karjalasta, tunnettiin vanhastaan kymmenisen rupiliskolampea. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus käynnisti vuonna 2002 esiintymispaikkojen kartoitukset uhanalaisuusarvioinnin tarkentamiseksi sekä suojelu- ja hoitotarpeiden arvioimiseksi.

Kesällä 2002 Riinu Rannap Viron ympäristöministeriöstä etsi suomalaista yhteistyökumppania kansainväliseen rupiliskon suojelua edistävään projektiin. Yhteistyön käynnistänyt puhelu tuli allekirjoittaneen kävellessä Saarenmaan pohjoisrannalla pitkin Pangan rantatörmän jyrkkää reunaa. Tuulen ja meren kohinassa ei vielä kovin kirkkaasti hahmottunut, mihin oltiin lähdessä. Pian kuitenkin nähtiin, että osallistuminen kansainväliseen hankkeeseen oli ratkaisevan tärkeää rupiliskon suomalaisten jatkokartoitusten onnistumiselle ja samalla lajin itäsuomalaista esiintymistä koskevan ekologisen tietämyksen lisäämiselle sekä mahdollisuuksille turvata rupiliskon säilyminen mannersuomalaisessa faunassa.

Viron ympäristöministeriön koordinoimana toteutettiin kaksi virolais-tanskalais-suomalaista EU:n LIFE -rahoitukseen perustuvaa hanketta: Protection of the Great Crested Newt in the Eastern Baltic Region (LIFE Starter, 2003) sekä Protection of Triturus cristatus in Eastern Baltic Region (LIFE Nature, 2004–2008). Pohjois-Karjalan ympäristökeskus toimi hankkeiden suomalaisena vastuutahona. Hankkeeseen saatiin myös ympäristöministeriön rahoitusta.

Tämä rupiliskon suojeluohjelma on tehty osana mainittuja hankkeita. Ensimmäisinä vuosina suomalaisista kartoituksista vastasi ja kansainväliseen yhteistyöhön osallistui suunnittelija Aleksi Päivärinta. Kesästä 2005 alkaen maastotöistä on vastannut suunnittelija Ville Vuorio, joka on suojeluohjelman laatimisen ohella vastannut jo toteutettujen hoitotoimien suunnittelusta ja järjestämisestä. Myös kansainvälinen asiantuntijayhteistyö ja hankkeen raportointi sekä hankkeessa tuotetut esitemateriaalit ovat olleet Suomen osalta Vuorion päävastuulla.

Rupiliskon suurin uhkatekijä on vuosikymmenien ajan ollut maa- ja vesihabitaattien tuhoutuminen. Selkeän uuden haasteen rupiliskon suojelulle muodostaa ilmastomuutos. Kuivina kesinä lisääntymislammen kuivuessa ennen rupiliskon muodonvaihdosta koko kyseisen vuoden poikastuotanto tuhoutuu. Leudot talvet heikentävät horroksen laatua ja yksilöiden elinvoimaisuutta. Kovina pakkasjaksoina paljas maa ja liian ohut lumipeite voivat puolestaan johtaa talvisiin joukkokuolemiin.

Rupilisko viettää 90 % elämästään maalla. Soveliain maaelinympäristö on lammen lähellä sijaitseva lahopuinen ja lehtipuuvaltainen metsä. Vesitaloudeltaan mahdollisimman luonnontilaisella pienvesi- ja kosteikkoverkostolla lähimetsineen on iso merkitys rupiliskon sopeutumisessa ilmastomuutokseen. Pienimuotoisten hoitotoimien toteutukseen on löydetty kustannustehokkaita tapoja kytkeillä ne yhteistyössä maanomistajien ja metsätalouden toimijoiden kanssa tilojen muuhun metsänhoitoon.

Syyskuussa 2009 saatiin varmistus tärkeälle jatkotyölle, kun yhdeksi Metsäluonnon monimuotoisuuden yhteistoimintaverkostohankkeeksi valittiin Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen hanke ”Ilmastomuutos metsässä – rupilisko huippumalliksi, METSO turvaverkostoiksi”. Tämä tarjoaa erinomaiset mahdollisuudet toteuttaa lajin suojeluohjelman tavoitteita rupiliskon elinympäristöjä ja niiden kytkeytyneisyyttä turvaamalla.

Yhdessä hankkeen monista yhteistoimintaseminaareista ympäristöneuvos Seppo Vuolanto heitti ilmaan aiheellisen kysymyksen lajin suomalaisesta nimestä. Rupisuus kuvaa lajia hyvin – nimi ei pahenna miestä eikä rupista liskoakaan. Salamanterina laji istuisi kuitenkin oikeaan paikkaansa sukupuussa. Samalla voisi ehkä karistaa ruvetkin – lampisalamanteri soi korviin rupisalamanteria paremmin. Laajemmin pienvesissä menestyvälle sukulaislajille sopisi mainiosti vesisalamantherin nimi.

Tämä saatteeksi salamantereille, Joensuussa 2.10.2009

Sirkka Hakalisto  
Luonnonsuojelupäällikkö, biologi  
Pohjois-Karjalan ympäristökeskus



## SISÄLLYS

<b>Saatteeksi salamantereille .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Johdanto .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Tutkimusmenetelmät.....</b>	<b>9</b>
<b>3 Tunnistaminen, levinneisyys ja biologia.....</b>	<b>11</b>
3.1 Tunnistaminen.....	11
3.2 Levinneisyys.....	14
3.3 Elinympäristöt.....	14
3.4 Biologia.....	22
3.4.1 Elinkierto .....	22
3.4.2 Fysiologia ja ekologia .....	30
3.4.3 Morfologia .....	36
<b>4 Kannan kehitys ja uhkatekijät.....</b>	<b>39</b>
4.1 Maankäyttöön liittyvät uhkatekijät.....	39
4.2 Ilmastonmuutos .....	40
4.3 Otsonikato.....	42
4.4 Taudit.....	44
4.5 Kemikaalit.....	45
<b>5 Uhanalaisuus.....</b>	<b>46</b>
<b>6 Suojelutoimet .....</b>	<b>51</b>
<b>7 Esiintymät ja niiden hoitotarve .....</b>	<b>54</b>
7.1 Tausta .....	54
7.2 Esiintymäkohtainen hoito .....	56
7.2.1 Pisa.....	59
7.2.2 Koli – Eno.....	60
7.2.3 Heinävaara.....	61
7.2.4 Öllölä .....	62
7.2.5 Tohmajärvi.....	65
7.2.6 Parikkala .....	66
<b>8 Seuranta ja tutkimus .....</b>	<b>67</b>
<b>Lähteet.....</b>	<b>70</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>73</b>
<b>Kuvailulehdet.....</b>	<b>96</b>





# 1 Johdanto

Rupilisko, *Triturus cristatus* (Laurenti 1768), kuuluu sammakkoeläinten luokkaan, pyrstösammakoiden Caudata -lahkoon ja salamantereiden Salamandridae -heimoon. Sammakkoeläimet olivat ensimmäisiä maaselkärankaisia, ne nousivat maalle devonikaudella n. 350 miljoonaa vuotta sitten. Sammakkoeläimistä kehittyivät edelleen matelijat, linnut ja nisäkkäät. *Triturus*-suvun synty on ajoitettu noin 64 miljoonan vuoden päähän ja rupiliskon noin 24 miljoonan vuoden päähän (Steinfartz *et al.* 2007). Suomessa asustaa kaksi *Triturus*-suvun edustajaa, rupilisko ja vesilisko (*T. vulgaris*, Linnaeus 1758).

Ahvenanmaalla rupilisko rauhoitettiin vuonna 1977 (Landskapslag om naturvård 41/77) ja Manner-Suomessa vuonna 1983 (Asetus matelijoiden ja sammakkoeläinten rauhoittamisesta 404/83). Vuosien 1985, 1990 ja 2000 uhanalaisuusarvioinneissa rupilisko luokiteltiin vaarantuneeksi lajiksi (Rassi *et al.* 1986, 1992 ja 2001). Vuonna 1997 rupiliskosta tuli luonnonsuojeluasetuksen (160/1997) mukainen erityisesti suojeltava laji. Luonnonsuojelulain (47§) mukaan erityisesti suojeltavaksi lajiksi voidaan asetuksella säätää sellainen uhanalainen eliölaji, jonka häviämishuhto on ilmeinen. Tällaiselle lajille on tarvittaessa laadittava suojeluohjelma lajin kantojen elvyttämiseksi. Rupilisko on myös luonnonsuojelulain (49§) tarkoittama luontodirektiivin IV a -liitteen laji, jonka lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen ja heikentäminen on kiellettyä suoraan ilman erityisiä rajauspäätöksiä.

Rupilisko on eurooppalainen laji. Sen levinneisyys ulottuu Uralilta Iso-Britanniaan ja Ranskaan. Pohjoisimmat havainnot ovat Ruotsin Lapista, eteläisimmät Kreikan eteläosista. Rupiliskon elämäntoiminta alkaa munasta, joka on munittu vesikasvin lehden alapinnalle toukokuussa. Alkio kehittyi munan sisällä pari viikkoa, jonka jälkeen siitä kuoriutuu noin sentin mittainen toukka. Toukka kasvaa ja kehittyi kesän aikana lammessa niin paljon, että elokuun loppupuolella se on jo kahdeksan senttimetrin mittainen ja valmiina muodonvaihdokseen. Muodonvaihdoksessa mm. ulkoiset ki-

dukset häviävät ja iho paksuuntuu. Muodonvaihdoksen jälkeen alkaa kolmesta viiteen vuotta kestävä maanpäällisen elämän vaihe, jolloin esiainkuiset kasvavat ja mahdollisesti vaeltavat uusille alueille. Aikaisintaan kolmivuotiaina rupiliskot ovat sukukypsiä ja ne hakeutuvat alkukevästä sopiviin lisääntymislampiin puolisoa etsimään. Rupiliskot voivat elää yli 20-vuotiaiksi.

Rupiliskon elinympäristöt vaihtelevat elämäntoimintaan, vuodenaajan ja jopa vuorokauden ajan mukaan. Lisääntymislampi on yleensä pienikokoinen ja kalaton. Toukat syövät aluksi levää ja vähitellen myös vesiselkärangattomia. Lisääntymislammen rannalta löytyy päiväpiiloiksi sopivia koloja lahoista maapuista, juurakoista tai kivien väleistä. Em. kolot sopivat myös rupiliskojen talvehtimispaikoiksi. Aikuiset yksilöt käyttävät ravinnokseen pääasiassa selkärangattomia eläimiä.

Käsillä oleva rupiliskon suojeluohjelma on suunnattu Manner-Suomen alueelle, lajin uhanalaisuuden arvioinnissa on otettu huomioon myös Ahvenanmaa. Suojeluohjelma on tehty Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksessa osana Viron ympäristöministeriön koordinoimaa EU:n LIFE Luonto -hanketta "Protection of *Triturus cristatus* in Eastern Baltic Region". Rupiliskon biologiaa kuvaavissa kappaleissa esitellään myös muiden sammakkoeläinten biologiaa soveltuvien osin, jotta kokonaiskuva rupiliskosta ja sen heimoveljistä säilyisi eheämpänä. Sammakkoeläimet ovat fysiologisesti ja morfologisesti hyvin lähellä toisiaan, kuten myöhemmin käy ilmi. Myös niihin kohdistuvat globaalit uhat ovat samanlaisia lajista riippumatta. Sammakkoeläimiin ja erityisesti rupiliskoon kohdistuvien uhkien ymmärtäminen edellyttää lajin ekologian ja fysiologisten ominaisuuksien tuntemista, siksi tämän suojeluohjelman biologiasuus on laajahko.

Rupiliskon suurin uhkatekijä on ollut maa- ja vesihabitattien tuhoutuminen sekä kalojen istutukset. Ojitukset, turpeenotto ja lähteiden hyödyntäminen ovat tuhonneet rupiliskolle soveliaita

elinympäristöjä. Tällä hetkellä Suomessa on kaksi eri tekijää, jotka uhkaavat rupiliskopopulaatioita. *Metsätalous* muodostaa uhan lisääntymislammelle, lammen läheisyydessä olevalle maahabitaatille ja paikallispopulaatioiden välialueille, joilla on oleellinen merkitys rupiliskojen liikkumiseen. Lampien valuma-alueella tehtyjen hakkuiden seurauksena lampiin valuu veden laatua heikentävää kiintoainesta ja ravinteita. Lampien välittömässä läheisyydessä tehdyt hakkuut lisäävät lampiin tulevan auringonpaisteen määrää, jolloin vesi lämpeene nopeammin ja lammet saattavat kuivua liian aikaisin. Toinen rupiliskojen merkittävä uhkatekijä on *ilmastonmuutos* ja sen mukanaan tuomat kuivat kesät ja leudot talvet. Kuivina kesinä lisääntymislammet kuivuvat ennen toukkien muodonvaihdosta, jolloin toukat menehtyvät veden puutteeseen. Leudot talvet heikentävät horroksen laatua, jolloin talven aikana kuluu enemmän energiaa ja yksilöt ovat keväällä huonommassa kunnossa.

Suomen rupiliskopopulaatioiden säilyminen edellyttää aktiivisia suojelutoimenpiteitä, joista tärkeimpiä ovat lisääntymislampien hyvästä kun-

nosta huolehtiminen, joidenkin lampien syventäminen ja ojittamalla tuhottujen lampien ennallistaminen, ojitettujen soiden vesitalouden ennallistaminen sekä asianmukainen seuranta. Lisäksi tarvitaan tutkimustietoa rupiliskon pohjoisesta ekologiasta, leviämisestä, elinympäristöstä sekä tietoa joka palvelee käytännön metsätaloustoimijoita: minkä kokoinen on riittävä suojavyöhyke lammen ympärillä, minkälaisia metsänhoitotöitä lampien lähellä voi tehdä, miten metsätyyppi, lammen valuma-alue ja maaperä tulisi huomioida hoitotöissä. Myös ilmastonmuutoksen vaikutuksia tulisi pystyä selventämään: millaiset lammet kuivuvat herkästi, mikä merkitys on puuston tarjoamalla varjostuksella ja tuulisuuden vähentämisellä sekä ennen kaikkea mikä on eri tekijöiden yhteisvaikutus.

Tässä yhteydessä lausuttakoon vielä suuret kiitokset FT Petri Kuposelle ja FT Olli-Pekka Tikkaselle rakentavista ja asiantuntevista kommentista, joita he antoivat tämän suojeluohjelman laadintavaiheessa.

## 2 Tutkimusmenetelmät

Ympäristökeskus aloitti kesällä 2002 rupiliskopulaatioiden etsimisen Pohjois-Karjalan alueella. Kartoitusta tehtiin öiseen aikaan pulloppydyksiä käyttämällä, jolloin saatiin tietoa aikuisten yksilöiden esiintymisestä. Yhdessä yössä pystyi tällä menetelmällä kartoittamaan vain muutaman lammen. Maastokauden tuloksena löytyi kuitenkin 20 uutta rupiliskolampea. Näistä lammista tosin osassa on kaloja, joten ne eivät sovellu lisääntymiseen. Vuonna 2003 valmisteltiin kansainvälinen jatkohanke ”Protection of the Great Crested Newt in the Eastern Baltic Region” LIFE-Starter rahoituksen voimin.

”Protection of Triturus cristatus in Eastern Baltic Region” -LIFE Luonto -hankkeen käynnistyttyä vuonna 2004 uusien rupiliskolampien etsintää jatkettiin. Nyt kartoitusta tehtiin etsimällä rupiliskon munia systemaattisesti vesikasvillisuudesta ja pyydystämällä toukkia haavin avulla. Vuodesta 2005 vuoteen 2008 LIFE-hankkeen toimesta tehtiin lisääntymisen seuranta yhteensä 39 lammella, joista 31 voidaan luokitella lisääntymislammiksi. Vuonna 2006 uusien rupiliskolampien etsimistä jatkettiin. Tuloksena löytyi yhteensä 16 uutta lisääntymislampea Joensuusta ja Kontiolahdelta. Vuoden 2007 etsinnöissä löytyi 12 uutta lampea ja vuonna 2008 uusia lampia löytyi vielä 9 kappaletta. Vuoden 2009 lampisaalis jäi kahteen uuteen lampeen, jonka jälkeen Manner-Suomesta tunnettiin 70 rupiliskon lisääntymislampea.

Lisääntymiskelpoisten rupiliskolampien etsimisessä käyttökelpoisimmaksi menetelmäksi valikoitui toukkien etsintä haavin avulla. Toukkien pyydystäminen haavin avulla tuottaa suoraan tietoa siitä, onko lampi sovelias lisääntymiselle. Lammessa tehtiin tietty määrä vakioituja haavinveitoja riippuen lammen koosta. Toukat ovat keskittyneet lammen pohjoisosan rantavyöhykkeen kelluslehtisen kasvillisuuden kohdille aivan rannan tuntumaan. Tämä alue pyrittiin haavimaan tarkemmin kuin lammen muut osat. Vakioitu ha-

avinveito on kahden metrin mittainen ja J-kirjaimen muotoinen.

Rupiliskojen lisääntymistä voi seurata myöskin niiden muninnan perusteella. Rupiliskot valitsevat muninta-alustaksi veden alla olevan mielellään pehmeälehtisen kasvin, jonka lehden alapinnalle



Rupiliskojen haavintaa lammen rantavedessä. Menetelmä soveltuu erinomaisesti lisääntymisen seurantaan.



Muninta-alustaksi hyvin soveltuvaa rantalemmikkiä. Taiteltujen lehtien sisällä on munia kehittymässä.

naaraat munivat. Lehti taitellaan munan suojaksi. Suosittuja munintakasveja Pohjois-Karjalassa ovat mm. rantaminttu ja rantalemmikki.

Rupiliskojen ja vesiliskojen pyydystäminen on luvanvaraista toimintaa. Se edellyttää luonnon-suojelulain mukaista poikkeamislupaa lajien rau-

hoitussäännöksistä. Rupiliskoa koskevat myös luontodirektiivin säädökset. Rupiliskon suojele-hankeelle myönnetyn luvan mukaan eläinten pyydystäminen ja vapauttaminen tehdään yksilöitä vahingoittamatta siten, että populaatioille ei aiheudu heikentymisvaaraa.

## 3 Tunnistaminen, levinneisyys ja biologia

Ensimmäiset sammakkoeläimet nousivat maalle devonikaudella n. 350 miljoonaa vuotta sitten. Ne kehittivät varsieväkalojen alaluokasta. Nykyisin elävät sammakkoeläimet, luokka Amphibia, jaetaan kolmeen lahkoon: matosammakot (Apoda), pyrstösammakot (Caudata) sekä sammakot ja konnat (Anura). Sammakkoeläinlajeja tunnetaan noin 6 000. Näistä Suomessa esiintyy viisi lajia: sammakko (*Rana temporaria*), viitasammakko (*R. arvalis*), rupikonna (*Bufo bufo*), vesilisko (*Triturus vulgaris*) ja rupilisko (*T. cristatus*). Näistä rupilisko ja vesilisko kuuluvat salamantereiden heimoon, joka kehittyi n. 95 miljoonaa vuotta sitten. *Triturus* -suku kehiti

n. 64 miljoonaa vuotta sitten ja suvun suuret edustajat, joihin rupiliskokin kuuluu, 24 miljoonaa vuotta sitten (Steinfarzt *et al.* 2007).

### 3.1

#### Tunnistaminen

Suomessa elää kaksi pyrstösammakoihin kuuluvaa salamanterieläintä, rupilisko (*T. cristatus*) ja vesilisko (*T. vulgaris*). Kooltaan jopa 16 cm mittaiseksi kasvava rupilisko on vesiliskoa (enintään 10 cm)



*Triturus* -suku on vanha ja arvokas. Tässä suvun edustaja tepastelee lammen rantavesissä 24 miljoonan vuoden tuomalla varmuudella.

suurempi. Rupiliskon iho on kyhmyinen ja vesiliskon sileä. Rupiliskon kaulan pääväri on tumma ja vesiliskon vaalea. Rupiliskolla on selvä värierot mustan/mustanharmaaruskean selän ja keltaisen/oranssin vatsan välillä. Vatsassa on tummia täpliä. Vanhemmilla rupiliskoilla vatsapuolen tummien laikkujen osuus lisääntyy. Koiraiden pyrstö on naaraita leveämpi ja naarailta pyrstön alaosassa on keltainen/oranssi juova. Vanhoilla koirailta on kutuaikana pyrstön keskellä hopeanhohtoinen juova. Rupiliskolla on värikäs kutuasuu, johon uroksella kuuluu kaksiosainen harja selässä ja pyrstössä. Vanhemmilla uroksilla harja on epäsäännöllisempi ja korkeampi. Tähän harjaan viittaa myös lajin tieteellinen nimi *Triturus*. Se tulee sanoista *Triton* ja *ura*. *Triton* on kreikkalaisen taruston jumala, vedenjumala Poseidonin poika. Tritonilla on ihmisen yläruumis ja kalan pyrstö. *Ura* on kreikkaa ja tarkoittaa häntää. Lajinimi *cristatus* tulee latinan *crista*-sanasta, joka tarkoittaa harjaa tai töyhtöä. Takajaloissa on viisi ja etujaloissa neljä varvasta.

Toukkavaiheessa rupiliskon ja vesiliskon erottaa koon ja pyrstön perusteella. Rupiliskon pyrstö

päätyy jouhimaiseen mustaan piikkiin. Rupiliskon toukkien pyrstö on korkeampi kuin vesiliskolla.

Sukupuolielinten lisäksi sammakkoeläinten sukupuolen voi määrittellä esim. koon, ihon kuvioinnin, rauhasten ja rakenteen sekä äänipussin ja yleisen värityksen perusteella. Jotkut erot säilyvät yksilöillä läpi koko elämän, toisten kehittyessä gonadotrooppisten hormonien (sukupuolisoluja tuottavia elimiä stimuloiva) vaikutuksesta ainoastaan aktiiviseen lisääntymisaikaan. Salamanteri -heimon edustajilla naarat ovat yleensä hiukan uroksia isompia. Naarat tarvitsevat suurempaa kokoa munien kehittymiseen. Naaraiden ruumiin koolla ja tuotettujen munien määrällä on positiivinen riippuvuussuhde (Duellman *et al.* 1986). Erityisesti lammissa lisääntyvien salamantereiden uroksille kasvaa selvät evät tai harjat pyrstön ja selän päälle. Huomattavimmat harjat kasvavat *Triturus* -suvun edustajille. (Halliday 1977) *Triturus* -suvulla kutuasuuun liittyy lisäksi kirkkaat harjan värit. Värikäs kutuasuu on tehokas visuaalinen ärsyke parittelukumppaneille.



Rupiliskon takajalka.



Rupiliskon etujalka.



Aikuinen rupiliskokoiras kutuasussaan.



Aikuinen vesiliskokoiras kutuasussaan.



Rupiliskon toukka, pituus 7–8 cm.



Vesiliskon toukka, pituus 4 cm.

## Levinneisyys

Rupiliskot, kuten muutkin *Triturus* -suvun 13 lajia, ovat levinneisyydeltään eurooppalaisia. Rupiliskon päälevinneisyysalue on Keski-Euroopassa, mutta se yltää idässä aina Uralille saakka. Pohjoisimpia asuinalueita on Ruotsin Lapissa Västerbottenin läänissä, läntisin Ranskassa ja eteläisin Kreikassa.

Suomessa lajia esiintyy Ahvenanmaalla ja Itä-Suomessa. Ahvenanmaalta tunnetaan 28 rupiliskolampea. Itä-Suomen esiintymislammista suurin osa on Joensuun ja Tohmajärven alueella. Lisäksi vanhastaan tunnetut esiintymät ovat säilyneet Nilsiässä ja Parikkalassa. Anttolasta vanhasta esiintymispaikasta rupiliskoa etsittiin elokuussa 2007 entisten tietojen perusteella, mutta yhtään toukkaa tai aikuista ei löytynyt.

Solantien (2008) hypoteesin mukaan rupiliskon levinneisyys Suomessa selittyy ankarien sääolosuhteiden mukaan. Rupiliskon levinneisyys noudattaa Manner-Suomessa aluetta, jossa saadaan pysyvä lumipeite viimeistään tammikuussa ja jossa routakausi kestää enintään 145 vuorokautta. Paljas maa kovien pakkasten aikaan on tuhoisaa rupiliskoille, koska pakkanen voi tuolloin yltää syvälle maakoloihin ja se voi tuhota horrostavat yksilöt, jos niiden ruumiinlämpö laskee pakkasen puolelle. Suomen vahvin populaatio Öllölässä sijoittuu ilmastollisesti alueelle, jossa pysyvä lumipeite saadaan viimeistään joulukuussa ja jossa routakausi kestää enintään 135 vuorokautta.

## Elinympäristöt

Rupiliskojen elinympäristö vaihtelee vuodenajan ja yksilöiden kehitysvaiheen mukaan. Lammet ovat lisääntymis- ja toukkavaiheen elinympäristöjä. Rupiliskolammen tyypillisiä piirteitä ovat pieni koko, kalattomuus ja munintaan soveltuvan vesikasvillisuuden esiintyminen. Manner-Suomen lampien pinta-ala vaihtelee välillä 100–4 100 m<sup>2</sup> ollen keskimäärin 1 300 m<sup>2</sup>. Lammet ovat matalia, 70 % niistä on syvyydeltään kaksi metriä tai sen alle. Lisääntymislammille ovat luonteenomaisia myös suuret vedenkorkeuden vaihtelut. Keväällä lumien suluttua vesi on korkeimmillaan ja laskee varsin nopeasti. Useat lisääntymislammet saattavat kuivua kokonaan eli lammen vedenpinta saattaa laskea kaksikin metriä kesän aikana.

Suomessa lammet ovat pääosin vesitaloudeltaan ja syntyvaltaltaan luonnontilaisia metsäisessä elinympäristössä olevia lampia, joita tyypillisesti esiintyy harjuympäristössä. Lisääntymislammet ovat aina jonkin verran reheviä, aivan karuissa lammissa lisääntymistä ei ole havaittu. Lampia luonnehtii runsas ilmaversois- ja kelluslehtiskasvillisuus ja ne ovat pääosin matala- tai loivarantaisia. Joissain lammissa on myös lähdevaikutusta, jolloin lammet ovat hyvin kirkasvetisiä ja niissä on pohjaruusu- ja kasvillisuuttakin. Suolammet ovat kaikki humuspitoisia. Lisääntymislampien rantoja leimaa myös ravinteisuus. Kivennäismaarannat ovat ainakin joltain osin vähintään lehtomaista kangasta, usein lehtoakin. Suorannoissa on havaittavissa lettoisia piirteitä.

Maalle rupiliskot siirtyvät toukkavaiheen päätyttyä syksyllä. Tällöin ne etsivät sopivia koloja maaperästä, kivien väleistä, juurakoista ja maapuista. Rupiliskot talvehtivat yleensä lampien lähistöillä. Rupilisko pystyy lisääntymään lammissa, joiden ympäristö on hyvinkin vaihteleva. Soveliain ympäristö on kuitenkin luonnontilainen metsä, jossa on runsaasti piilopaikkoja tarjolla maassa olevien lahopuiden alla ja sisällä, kaatuneiden juurakoiden ja kantojen onkaloissa. Myös kivien väleissä olevat kolot ja nisäkkäiden tekemät onkalot ovat sopivia ravinnonetsintä- ja piilopaikkoja rupiliskoille.

Keski-Euroopassa rupiliskot esiintyvät maatalousympäristön lammissa ja pihalammissa, koska luonnontilaiset lammet on hävitetty. Rupiliskokannat esimerkiksi Tanskassa ovat laskeneet viimeisen 50 vuoden aikana lampien hävittämisen, saastumisen ja kalojen siirtoistutusten seurauksena. Elinympäristöt ovat pirstoutuneet voimakkaasti uusien teiden rakentamisen ja asutuksen leviämisen myötä (Damm *et al.* 2006). Maatalousvaltaisessa ympäristössä rupilisko suosii lampia, joiden lähistöillä on niittyjä tai metsää. Rupiliskojen runsauteen myönteisesti vaikuttavat kelluslehtinen kasvillisuus ja lampea ympäröivät viljelemättömät sektorit. Rupiliskojen liikkuminen tapahtuu todennäköisesti näitä viljelemättömiä alueita pitkin (Joly *et al.* 2001).

Sammakkoeläinten liikkuminen ja reittivalinnat vaihtelevat lajeittain, lajin sisäisesti alueittain sekä iän ja sukupuolen mukaan. Yleisesti voidaan kuitenkin todeta sammakkoeläinten välttelevän avohakkuualueita metsäisissä elinympäristöissä. (Patrick *et al.* 2006) Erityisesti täpläsalamanterin (*Ambystoma maculatum*) nuoret yksilöt välttelevät käsiteltyjä alueita. Metsänkäsittely voi katkaista lampien välisen yhteyden estämällä nuorten yksilöiden leviämisen lammesta toiseen (Patrick *et al.* 2008).





Lampien läheisyydessä olevat juurakot tarjoavat rupiliskoille suojapaikkoja.

Vahvimmat rupiliskokannat esiintyvät sellaisilla alueilla, joissa on useita lampia toistensa läheisyydessä. Rupilisko on verraten huono leviämään uusille alueille. Populaation eristyneisyydestä tulee ongelma, jos seuraava lisääntymiseen sopiva lampi on liian kaukana. Ongelmat kasvavat, jos elinympäristössä tapahtuu epäsuotuisia muutoksia. Tällöin myös luontaiseen lisääntymiseen liittyvän satunnaisvaihtelun merkitys korostuu. Rupiliskon osalta on perusteltua puhua metapopulaatiosta, jolla tarkoitetaan paikallisten populaatioiden muodostamaa joukkoa. Paikallispopulaatiot elävät selvästi toisista erillään. Metapopulaation säilyminen ja kasvu riippuvat paikallispopulaatioiden sukupuuttoriskistä ja niiden välisestä muuttoliikkeestä. Kolonisaatiolla on erityinen rooli metapopulaation menestymisessä (Hanski *et al.* 1997).

Rupiliskojen lisääntymislammet ovat selvästi ympäristöstään erottuvia ja helposti ryhmiteltävissä erilaisten ominaisuuksiensa perusteella, joten niitä on käytetty metapopulaatiotutkimuksissa (ponds-as-patches). Marsh *et al.* (2001) kuvailee eri tutki-

muksissa käytettyjä sammakkoeläinten metapopulaatioiden luonteenpiirteitä ja muistuttaa liiallisen yksinkertaistamisen mukanaan tuomista vaaroista. Lampien pitäminen elinympäristölaikkuina korostaa niiden suurta merkitystä paikallispopulaatiolle ja se mahdollistaa lampiin perustuvan seurannan ja kantojen hoidon. Toisaalta lampien pitäminen elinympäristölaikkuina on monille lajeille liiallinen yksinkertaistus eikä se kerro koko kuvaa metapopulaatioiden rakenteesta ja toiminnasta. Marshin (*et al.* 2001) mukaan paikalliset sukupuutot ovat todennäköisesti seurausta pikemminkin deterministisistä tekijöistä (huonontunut habitaatin laatu) kuin stokastisista populaatioprosesseista. Lampien isolaation vaikutukset korostuvat muuttuneessa, ei-luonnontilaisessa ympäristössä, jopa niin paljon, että isolaation vaikutukset selittyvät enemmän ter- restristen habitaattien esiintymisen kuin lampien esiintymisen kautta. Tämä on erityisen tärkeä tiedostaa, kun haetaan selityksiä paikalliselle populaation koon laskulle tai sukupuutolle. Sammakkoeläinten kanssa on oltava erityisen tarkkana, koska



Luonnontilainen ja luontainen lisääntymislampi Öllölän populaation alueella.

lajeja on helppo olla havaitsematta. Niiden lisääntymiskausi on lyhyt ja kannat vaihtelevat suuresti. Paikalliset sukupuutot eivät siten ole välttämättä lopullisia. Sen sijaan käyttämättömät habitaatit ovat tärkeitä lajin pitkän aikavälin säilymisen kannalta, jolloin pääpaino tulee olla habitaattien välisen yhteyden säilyttämisellä. Rowe *et al.* (2000) havaitsi pitkäikäisiä ja vakaita metapopulaatioita sellaisissa lammissa, jotka olivat yhteydessä muihin lampiin. Rupiliskopopulaatioiden säilymisen kannalta merkittäviä tekijöitä ovat siis lampien määrä, tiheys ja laatu sekä lampien välisten alueiden laatu.

Rupiliskon suojeluhankkeen alkumetreillä tehtiin tutkimus tanskalaisista lisääntymislammista. Tulosten perusteella tyypillinen lammen pinta-ala oli 100-700 m<sup>2</sup>, syvyys yli puoli metriä ja rannan jyrkkyys vaihteli 20 ja 45 asteen välillä. Lammissa oli munintaan sopivaa kasvillisuutta, kelluslehtisten vesikasvien peittävyys oli noin 50 % ja yli met-

rin mittaisten kasvien, kuten pajujen, järviruo'on tai osmankäämien, peittävyys oli alle 10 %. Lampien pohjamateriaalina oli hiekka tai savi, vesi oli kirkasta, lammen ympärillä oli ainakin viiden metrin levyinen viljelemätön kaistale eikä lammessa tullut olla kaloja. (Rannap *et al.* 2006) Suomalaiset lammet ovat hyvin samantyyppisiä, joskin pinta-alaltaan suurempia ja syvempiä. Suurin ero suomalaisten ja tanskalaisten lampien välillä on niiden alkuperä, suomalaiset lammet ovat luonnonlampia, Tanskassa suurin osa on ihmisten kaivamia.

Jehlen (2000) tulosten perusteella 50 % aikuisista rupiliskoista viettää aikaansa lammen läheisyydessä, enimmillään 15 m päässä vedestä. Kun elinpiiriä laajennetaan 50 m, niin tältä alueelta löytyy jo 95 % aikuisista. Rupiliskojen liikkumista seurattaessa nuorten aikuisten todettiin liikkuvan jopa 1290 metriä reilun vuoden aikana. (Kupfer 1998) Aikuiset ja nuoret aikuiset liikkuvat yhtä



paljon. (Hayward *et al.* 2000) Rupiliskot ovat hyvin paikkauskollisia eläimiä, ne palaavat samalle lammelle lisääntymään vuodesta toiseen vaikka lammen laatu olisikin muuttunut lisääntymiseen sopimattomaksi esim. kalojen siirtelyn tai avohakkuiden myötä. Sadan metrin säteellä tehtyjen avohakkuiden on todettu vaikuttavan negatiivisesti rupiliskojen aikuisten ja toukkien määriin. (Nilsson 1998, Kupfer *et al.* 2000)

Jehle *et al.* (2000) selvitti rupiliskon ja marmorivesiliskon (*T. marmoratus*) liikkumista heti lisääntymiskauden päätyttyä. Ensimmäisen yön aikana kummankin lajin yksilöt liikkuvat jopa toista sataa metriä. Suosittuja piilo- ja lepopaikkoja olivat nisäkkäiden tekemät kolot ja luolat. Ensimmäisen yön jälkeen kaikki rupiliskot liikkuivat ainostaan lyhyitä matkoja lähinnä maan alla. Tutkituista yksilöistä 64 % pysytteli 20 metrin säteellä lammesta. Keskimäärin rupiliskot

liikkuivat noin viisi metriä tunnissa. Vauhdikkain yksilö eteni 28 metriä tunnissa. Tutkitut yksilöt valitsivat suojapaikoikseen seuraavia kohteita: maassa olevien lehtien alla (44 %), pikkunisäkkäiden tekemät kolot (34 %), kasvillisuuden seassa maan pinnalla (13 %), maapuiden alla (6 %) ja kivikasoissa (5 %). Rupiliskojen reitinvalinnan kannalta merkitystä oli myös maanalaisella habitaattivalikoimalla, koloilla ja käytävillä.

Malmgren (2002) havaitsi eteläisessä Ruotsissa rupiliskojen suunnistavan maatalousympäristössä suoraan läheiseen metsikköön vältellen avoimia peltoaukeita. Ensimmäiset aikuiset yksilöt lähtivät lammesta 10.–30. kesäkuuta ja viimeiset 19. heinäkuuta – 8. elokuuta kolmen vuoden tutkimuksen aikana. Ensimmäiset nuoret, juuri muodonvaihdon läpikäyneet yksilöt lähtivät 18. kesäkuuta – 27. heinäkuuta ja viimeiset 21. lokakuuta – 3. marraskuuta. Nuoret yksilöt pystyvät seuraamaan



Virossa rupiliskot viihtyvät pihapiirien kaivetuissa lammikoissa.

aikuisten jättämiä kemiallisia jälkiä ja löytävät näin sopivia maaelinympäristöjä talvehtimiseen ja ravinnon hankintaan (Hayward *et al.* 2000). Rupiliskoilla tehdyissä siirtokokeissa vielä 230 metrin päähän viedyt yksilöt osaavat palata alkuperäiseen lampeensa (Sinsch 2007).

Skei *et al.* (2006) selvitti rupi- ja vesiliskon esiintymistä Keski-Norjan lammissa. Parhaiten rupi- ja vesiliskon esiintymistä selitti korkeus merenpinnasta ja veden ionikonsentraatio. Korkein esiintymistodennäköisyys oli lammissa, joissa veden pH oli 6,5. Kun veden pH laskee 4,5:een rupiliskojen munat eivät enää kehity ollenkaan, mutta vesiliskojen munista kuoriutuu vielä 80 %. Lämpötilan ei ole todettu vaikuttavan kuoriutumisen onnistumiseen. Matalassa lämpötilassa kuoriutuminen vain hidastuu (Griffiths *et al.* 1994). Dolmenin *et al.* (2008) tekemän tutkimuksen mukaan Norjassa rupiliskojen lisääntyminen ei enää onnistu lainkaan, jos pH on alle 5,3.

Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan rupiliskolammassa on selvästi muihin saman alueen lampiin verrattuna suurempi vesikasvien lajilukumäärä. Muutamat kasvilajit esiintyivät usein yhdessä rupiliskojen kanssa, kuten uistinviita ja makasammaliin kuuluva hetealvesammal. Rupiliskon esiintyminen lammissa kertoo myös lammen suuresta vesikasvimonimuotoisuudesta. Gustafson *et al.* (2006) toteaa, että rupilisko toimii myös tärkeänä monimuotoisuuden indikaattorilajina. Vesikasvillisuudella on merkittävä rooli rupiliskoille niiden elinkierron eri vaiheissa. Rupiliskojen ravinnokseen käyttämien vesiselkärangattomien määrä on riippuvainen lammen vesikasvillisuudesta. Vesikasvit tarjoavat suojaisan paikan munien kehitykselle ja piilopaikkoja petojen varalle. Säännöllisesti kuivuvissa lammissa vesikasvillisuutta on vähemmän (Nilsson 1998).



Pienet lammet ovat lajirikkaita habitaatteja sammakkoeläimille, mutta niiden vesimäärä voi vaihdella suuresti. Sammakkoeläinten elinkierto on sopeutunut tähän vuodenaikaiseen vaihteluun ja lampien mahdolliseen kuivumiseen, tosin ei liian aikaiseen kuivumiseen. Monien sammakkoeläinten toukkavaihe menee nopeasti ohi, jolloin lammen kuivuminen ei välttämättä ole lajille uhka. Mutta kun lammessa on enää vähän vettä sammakkoeläinten välinen ja lajien sisäinen kilpailu kiihtyy, yksilöiden kasvu hidastuu ja kannibalismia alkaa esiintyä. Tällöin yleensä isokokoiset toukat menestyvät. Tämä vahvimpien selviäminen saattaa edistää lisääntymiskykyä populaatioitasolla (Griffiths 1997b).



Ruutanoiden siirtely lammesta toiseen on rupiliskon kannalta tuhoisaa.



Luonnontilaisen lammen pohja tarjoaa hyviä suojapaikkoja rupiliskoille. Jos lampi kuivuu liian aikaisin, kaikki lammessa olevat toukat kuolevat.

Lammen tuottavuus määrittyy lampeen tulevan auringon säteilyyn, lämpötilan ja tarjolla olevien ravinteiden mukaan. Nuorissa lammissa, sukkesion alkuvaiheessa, avoimuus suosii kasviplanktoneita primaarituottajina, myöhemmin lampeen tulee makrofyyttejä ja lammen rakenne muuttuu kompleksisemmaksi (Friday 1987). Myöhemmin

muutamista makrofyyteistä tulee dominoivia ja makrofyyttidiversiteetti laskee erityisesti runsasravinteisissa lammissa (Gustafson 2006).

Nilsson (1998) havaitsi erilaissiipisten (sudenkorentojen alalahko) esiintymisen korreloivan positiivisesti rupiliskojen esiintymisen kanssa.



Tanskalainen rupiliskolampi.

## Biologia

### 3.4.1

#### Elinkierto

#### Soidinmenot

Rupiliskot heräilevät horroksesta ensimmäisiin kevätsateisiin. Ne lähtevät talvehtimipaikoistaan liikkeelle yleensä kosteana kevät yönä, jolloin lämpötila on noussut nollan ja viiden asteen välille. (Malmgren 2007) Lampien rantojen auetessa jääpeitteestä saapuvat ensimmäisenä kookkaimmat koiraat (Verrell *et al.* 1985). Naaraiden tultua lampeen alkavat soidinmenot. *Triturus*-lajeilla soidinmenoissa tärkeimmät tekijät ovat koiraiden värikäs kutuasua ja toistuvat samankaltaiset liikkeet, joita molemmat sukupuolet tekevät soidinmenojen aikana. Naaraiden on todettu olevan kiinnostuneita korkeaharjaisista koiraista (Malmgren 2008). Soidinmenojen alussa rupiliskokoiras uiskentelee naaraan ympärillä. Koiras näykkii naaraan kuonoa, ruumista ja kloaakkia. Lammen pohjalla koiras esittelee komeaa kutuasuaan naaraan silmien edessä. Koiras taivuttaa vartaloaan puoliympyrän muotoon, nostelee pyrstöään ja uiskentelee nopeasti edestakaisin. Naarailla on soidinmenojen aikana tärkeä rooli, koska koiras on riippuvainen naaraan antamasta palautteesta. Jos naaras ei reagoi koiraan liikkeisiin riittävän nopeasti, koiraan täytyy keskeyttää kosintamenot ja käydä välillä pinnalla hengittämässä. Tällä välin naaras on saattanut poistua paikalta. Naaraan hyväksyntään vaaditaan usein tuntien, jopa kahden päivän mittainen koiraan kelpoisuuden esittely. Jos naaras kelpuuttaa koiraan, niin soidinmenot etenevät soidintanssiin, jossa koiras värähtää taivutettua pyrstöä. Tällä liikkeellä koiras levittää feromoneja, joiden tarkoituksena on houkutella naarasta jatkamaan soidinmenoja. Joskus koiraat paukuttavat omaa pyrstöään ruumistaan vasten tehostaakseen feromonien leviämistä. Sen jälkeen koiras näykkii naarasta sieltä täältä. Vähitellen koiras nostaa pyrstöään, kunnes koiras seisoo lähes päällään pystyssä. Tässä vaiheessa naaras tulee koiraan lähelle, jos naaras pitää koirasta edelleen hyväksyttävänä parittelukumppanina. Nyt koiras esittelee kloaakkiaan naaraalle. Tämän jälkeen koiras lähtee hitaasti liikkeelle naaraan seurattessa perässä. Viimein naaras koskettaa koiraan kloaakkia kuonollaan. Tämä toimii koiralle merkkinä siitä, että koiras voi laskea siittiökotelon lammen pohjalle. Kun siittiökotelo on lammen pohjalla, koiras ohjaa naaraan sen luo. Tarpeen vaatiessa koiras asettuu naaraan eteen poikittain,

jotta naaras löytää ja ottaa tarjolla olevan siittiökapselin kloaakkiinsa. Tähän päätösvaiheeseen saakka pääsee vain 7 % yrityksistä (Kinne 2006, Halliday 1977, Duellman *et al.* 1986, Hedlund 1990).

Yleensä naaraiden panostus lisääntymiseen on suurempi, joten naaraiden oletetaan olevan tarkempia parittelukumppanin valinnassa. Naaraat pyrkivät suosimaan laadukkaita uroksia, kun taas uroksilla on tapana pyrkiä parittelemaan mahdollisimman monen kumppanin kanssa (Duellman *et al.* 1986). Hallidayn (1977) mukaan *Triturus*-suvulla parittelukumppanin valinta muodostuu haju-, tunto- ja näköaistimuksiin perustuvista ärsykkeistä. Naaraat voivat keskeyttää soidinmenot pakenemalla paikalta. Pakeneminen voi osoittaa, ettei naaras ole vielä fysiologisesti valmis parittelemaan tai ettei naaras halua paritella kyseisen koiraan kanssa.

#### Hedelmöitys

Rupiliskokoiras laskee siittiökotelon lammessa kivelle, puulle tai kasville. Siittiökotelo on hyytelömäinen ja kartionmuotoinen. Sen koko vaihtelee salamantereilla kahdesta kymmeneen millimetriin. Koiraiden viemäriaukon alaosan rauhaset erittävät väritöntä hyytelömäistä massaa, josta muodostuu siittiökotelon tukirakenne. Viemäriaukon yläosan lantiorauhasista erittyy valkoista, polysakkarideja (monimutkaisia monosakkarideista eli sokereista koostuvia hiilihydraatteja) sisältävää ainetta, jonka sisälle siittiöt pakataan siittiöhattuun (engl. sperm cap). Naaras poimii siittiökotelon kloaakin lihaksilla kloaakin yläosassa sijaitsevaan erityiseen siittösäiliöön (engl. spermatheca). Kun siittiökotelo on naaraan viemäriaukossa fagosyytit (syöjäsolut) ja leukosyytit (veren valkosolut) muuttavat sen rakennetta ja siittiöt ajautuvat siittösäiliön tiehyisiin muodostaen kiehkuroita. Siittiöt ovat varastoituneena siittösäiliössä ovulaatioon eli munasolujen irtoamiseen saakka. Joillakin lajeilla siittiöitä varastoidaan usean kuukauden ajan, tulisalamanterilla tarvittaessa jopa kahden ja puolen vuoden ajan. Ovulaation aikana siittiökiehkurat hajoavat ja siittiöt poistuvat siittösäiliöstä sen lihasten supistusten toimesta. Munasolujen hedelmöittyminen tapahtuu kloaakissa. Siittiöiden päässä oleva rakenne, akrosomi, sisältää proteolyttisiä entsyymejä (proteiineja hajottavia), jotka mahdollistavat munasolun peitteen pilkkomisen ja siittiöiden tunkeutumisen munasoluun. Siittiöt tunkeutuvat munasoluun sen mahanpuoleiselta sivulta. Salamantereilla munasoluun saattaa tunkeutua useita siittiöitä, mutta ainoastaan yksi siittiö osallistuu alkionmuodostukseen (Duellman *et al.* 1986).



## Muninta

Munasolun ympärillä on ohut ja kestävä ruskuaiskalvo. Se on proteiinipitoinen, puoliläpäisevä munarauhasen tuottama kalvo, jonka ympärillä on sisäkäisiä munanjohtimen erittämiä kapselleita (Lofts 1974). Salamantereilla sisin kapseli muuttuu neste-mäiseksi muninnan jälkeen, jolloin ruskuaiskalvon sisällä oleva munasolu kelluu vapaasti kapselin sisällä. Sammakkoeläinten munien koko vaihtelee suuresti aina Kaakkois-Aasiassa elävän *Ichthyophis glutinosus* matosammakon 42 mm halkaisijaltaan olevista munista Saharan eteläpuolisessa Afrikassa elävien kielettömien sammakoiden heimoon *Pipidae* kuuluvien pikkukynsisammakoiden noin 1,5 mm muniin (Duellman *et al.* 1986).

Joidenkin *Triturus*-suvun edustajien munissa on havaittu melaniinia. Melaniini on pigmenttiaine, joka suojaa munia auringon vahingolliselta ultravioletisäteilyltä. Suoralle auringonvalolle altistuvien lajien munat sisältävät enemmän melaniinia verrattuna sellaisten lajien muniin, jotka eivät altistu suoralle auringonvalolle. Runsaasti melaniinia sisältävät munat absorboivat säteilyä muodostaen lämpöä. Tämän on todettu edesauttavien alkioiden kehittymistä (Duellman *et al.* 1986).

Rupiliskonaaraat munivat seisovaan veteen. Munat (halkaisija n. 2 mm) asetellaan yksitellen vesikasvien lehdistä, jotka taitellaan takajaloilla lopuksi munan suojaksi. Munien kiinnittäminen lehtiin suojaa munia syödyksi tulemiselta, UV -säteilystä ja toisaalta se estää niitä tipahtamasta lammen pohjalle, jossa voi olla huonompi happitilanne. Yleensä rupiliskot valitsevat nuoria lehtiä munien suojaksi, koska ne tuottavat enemmän happea (Nagl *et al.* 1997, Duellman *et al.* 1986, Winpenny 1951). Manner-Suomessa suosituimmat munintakasvit ovat rantaminttu ja –lemmikki, tosin aikaisin keväällä, kun em. kasvit eivät vielä ole tarpeeksi kookkaita, munintaan kelpaa jopa kevättulvan alle jääneet puolukat tai edellisvuoden heinät. Naaraat suosivat auringonpaisteista matalaa rantaa munintapaikkana (Kinne 2006).

## Munan kehitys

Sammakkoeläinten alkioiden ruskuaisessa, muutamia eläviä poikasia synnyttäviä lajeja lukuun ottamatta, ovat kaikki tarvittavat ravintoaineet munasta kuoriutumiseen saakka. Salamantereille kehittyvät munassa kolme paria kiduksia. Kidukset ovat pitkiä hapsumaisia muodostelmia pään sivuilla. Ne kasvavat nopeasti kuoriutumisen jälkeen. Munat kehittyvät nopeammin lämpimässä vedessä ja

niistä erittyy tyypipitoisia aineenvaihduntajäämiä ammoniakkinä ja ureana (Balinsky 1970).

Tsygootin (hedelmöittynyt munasolu) vakoutuminen on sammakkoeläimillä holoblastinen (munasolu jakautuu täydellisesti), mutta toispuolinen. Vakoutumisen alkuvaiheen jälkeen rakkulavaiheessa alkioon kehittyvät ontelo, blastoseeli. Tämän jälkeen solut alkavat erilaistua gastrulaatiovaiheessa. Seuraavaksi alkaa hermoston alkukehitys, neurulaatio. Hermoston kehityksen alkuvaiheessa sammakkoeläinten alkio on värekarvainen. Värekarvojen liike pitää alkion jatkuvassa liikkeessä, jolloin hapen saatavuus tehostuu (Duellman *et al.* 1986). Tämän jälkeen tapahtuu nopeaa kasvua pään alueella mm. aistinratojen alueella. Seuraavaksi alkion ruumis suoristuu, pyrstö ja kidukset alkavat muodostua. Eturaajat ovat tässä vaiheessa melamaiset tyngät. Seuraavaksi alkaa takaraajojen kehitys. Viimeisenä alkiolle kehittyvät ruuansulatuselimistö. Lopulta ruskuaispussin sisältö on käytetty ja edessä on kuoriutumisen. Rupiliskolla munavaihe muninnasta kuoriutumiseen kestää noin kaksi viikkoa, veden lämpötilasta riippuen (Duellman *et al.* 1986).

Rupiliskon munista 50 % kuolee ennen kuoriutumista (Macgregorin *et al.* 1990). Griffithsin (1997b) Englannista ja Ranskasta keräämien tietojen mukaan munista ja toukista jää henkiin 0–10 %. Korkean kuolleisuusasteen oletetaan johtuvan homotsygotiasta eli sukulaisten keskenään pariutumisen aiheuttamasta geneettisen muuntelun pienenemisestä (Macgregor *et al.* 1990).

## Kuoriutuminen

Sammakkoeläimillä on kehittynyt kuoriutumiseen kaksi tapaa. Mekaanisesti kuoriutuminen tapahtuu vain Amerikassa esiintyvällä *Eleutherodactylus*-suvulla siten, että ruskuaispussiin tehdään aukko terävällä hampaalla. Em. poikkeusta lukuun ottamatta sammakkoeläimet kuoriutuvat kemiallisesti alkion rauhasen tuottaessa proteaasientsyymejä, jotka saavat aikaan gelatiinien ja muiden proteiinien pilkkoutumista, mutta eivät vaikuta ruskuaispussin polysakkarideihin tai alkion omiin proteiineihin (Duellman *et al.* 1986). Salamantereilla kuoriutumisosprosessi on kaksiosainen. Ruskuaispussista kuoriutuminen tapahtuu jo munanjakautumisen neurulaatiovaiheessa. Munakapselista kuoriutuminen tapahtuu myöhemmin, eturaajojen kehittyessä, kun suu ja sisäelimet ovat jo olemassa (Duellman *et al.* 1986, Salthe 1963). Rupiliskot ovat kuoriuessaan noin 10 mm pitkiä (Dolmen 1983).



Rupiliskonaaras munii munat yksitellen vedessä olevien kasvien lehtien alapinnalle. Tässä muninta-alustana on poikkeuksellisesti puolukka, koska runsas kevättulva nosti lammen pinnan metsän puolelle.



Edellisessä kuvassa munittu muna. Rupiliskon muna on halkaisijaltaan noin 2 mm.



Noin viikon ikäiset rupiliskon alkioit.

## Toukkavaihe

Toukat ja aikuiset eroavat toisistaan hengityksen, liikkumisen ja ravinnon suhteen. Kun toukat ja aikuiset käyttävät hyväkseen kahta toisistaan riippumatonta resurssia, ne eivät joudu kilpailutilanteeseen toistensa kanssa ravinnosta tai elintilasta. Salamantereiden toukkien yleinen morfologia on samanlainen kuin aikuisten yksilöiden, mutta erojakin on: pienempi koko, ulkokidukset, pyrstössä oleva evä, hampaisto, alkeellinen kieli ja silmässä oleva kovakalvo. Lisäksi leuan lihaksisto ja leuka ovat vielä huonosti kehittyneet, sieraimet ovat laajat ja liikkumattomat, silmäluomet puuttuvat sekä mykiö on kupera (Duellman *et al.* 1986).

Salamantereiden rustoinen kallo on vankkatekoisempi kuin matosammakoilla, muttei niin tukeva kuin sammakoilla. Koko suulaki muotoutuu uudeleen muodonvaihdoksessa. Suulaen luutumisen, vannasluun, suulaenluun, alaleuanluun, kehäluun ja välileuanluun muodostuminen tapahtuu ennen kuin toukka aloittaa syömisen. Toukalla on yksinkertaiset, käpymäiset hampaat (Duellman *et al.* 1986).

Salamantereiden toukkavaiheessa eri lajeilla on sopeumia kiduksissa, kiduskansissa ja pyrstön evässä lajien elinympäristöjen mukaan. Seisovassa vedessä kehittyvät toukat ovat kyljistä litistyneempiä, niillä on korkeammat pyrstöevät sekä suuremmat tasapainoistimet ja kidukset virtavesien toukkiin verrattuna. Kidusten haarat ovat pitkiä ja kapenevia. Jokaisessa haarassa on kaksi riviä pitkiä hapsuja, jotka haarahtuvat edelleen moniksi kohtisuoriksi hapsuiksi. Kidusten koko riippuu veden happipitoisuudesta, matalahappisissa lammissa tarvitaan isoja kiduksia. Suurilla kiduksilla on helpompi hengittää myös korkeammissa lämpötiloissa.

Lammissa elävät toukat etsivät ruokaa pohjasta, jossa ne liikkuvat korkeaa pyrstöevää heiluttamalla. Korkea pyrstöevä mahdollistaa nopean kiihdytyksen. Virtavesien toukilla on matalammat pyrstöevät ja lihaksikkaammat pyrstöt. Virtapaikoissa liikkuminen tapahtuu yleensä pohjaa pitkin ryömimällä, pyrstöä käytetään tasapainon ylläpitoon

ja nopeisiin uintipyrahdyksiin. Päässä sijaitsevat parilliset tasapainoistimet ovat sauvamaisia ulokkeita. Joillain lammissa elävillä lajeilla ne häviävät jo ennen kuoriutumista, toisilla ne säilyvät kunnes eturaajat ovat täysin kehittyneet. Tasapainoistimet estävät toukkia uppoamasta pohjamutaan ja ne auttavat toukkia säilyttämään tasapainonsa ensimmäisten eturaajoilla tehtyjen liikkumisyritysten aikana (Duellman *et al.* 1986).

Useimmat salamanteriheimon toukat syövät pieniä vesiselkärangattomia, tosin *Triturus*-suvun edustajat käyttävät myös leviä ravinnokseen. Toukkien kasvu riippuu ensisijaisesti lämpötilasta ja ravinnon saatavuudesta. Lammissa asuvilla toukilla on yleensä sigmoidinen kasvukäyrä (s: n muotoinen, jossa kasvu on aluksi hidasta, nopeutuu sitten voimakkaasti ja tasaantuu lopussa). Toukkavaiheen pituus vaihtelee sammakkoeläimillä runsaasti. Joillakin sammakoilla, esim. Pohjois-Amerikan *Scaphiopus*-suvulla, se kestää vain kaksi viikkoa, kun joillain salamantereilla siihen menee viisi vuotta. Rupiliskon toukkavaihe kestää yhden kesän, eli noin kolme kuukautta (Duellman *et al.* 1986). Toukat kasvavat nopeammin runsasravinteisissa kuin karuissa lammissa. Vastakuoriutunut toukka on noin 10 mm pituinen kuonosta pyrstön päähän mitattuna. Parin viikon ikäisinä ne ovat noin 17 mm pituisia. Neliviikkoisina ne ovat optimiolosuhteissa jo 35 mm pitkiä ja niiden takajalat alkavat muodostua. Toukkavaiheen lopussa, aikaisintaan kahden kuukauden kuluttua kuoriutumisesta, ne ovat 40–80 mm pitkiä, ympäristön lämpötilasta riippuen (Kinne 2006, Dolmen 1983).

Rupiliskojen toukat viettävät päivisin aikaa lammen pohjoispäädyssä aivan rannan tuntumassa. Tällä alueella lammen vesi on lämpimintä, koska se saa eniten auringonpaistetta osakseen. Toukat liikkuvat kuitenkin koko lammen alueella syöden levää kivien ja rungonkappaleiden päältä. Toukat ovat päiväaktiivisia (Dolmen 1983). Griffithsin (1997b) mukaan toukista muodonvaihdokseen selviytyy 0–10 %.

## Muodonvaihdos

Muodonvaihdoksella eli metamorfoosilla tarkoitetaan toukkavaiheen jälkeisiä nopeita muutoksia yksilön rakenteessa, fysiologiassa, biokemiassa ja käyttäytymisessä ennen aikuisvaihetta. Tärkeimmät muodonvaihdosta säätelevät hormonit ovat kilpirauhashormoneja (Duellman *et al.* 1986).

Ihon värit ja muodot kehittyvät muodonvaihdoksessa. Pigmenttisolut ja niiden biokemialliset tuotteet, kudokset sekä hormonit vaikuttavat ihon kuviointiin ja väritykseen. Tosin ihon värityksen kehittyminen jatkuu vielä muodonvaihdoksen jäl-



Kaksi viikkoa muninnan jälkeen toukka on valmiina kuoriutumaan munakapselista.



Munista 50 % kehittyä kuoriutumisvaiheeseen. Kuvan munat eivät kuoriutuneet.

keenkin kilpirauhashormonien ja melanosyyttejä (ihon pigmenttisolu) stimuloivien hormonien vaikutuksesta (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläinten silmissä tapahtuu muutoksia toukkavaiheen lopussa ja rupiliskoilla uudelleen niiden palatessa maaelämävaiheesta lampiin lisääntymään. Sammakkoeläinten sauvasoluissa on kahdenlaisia näköpigmentejä. Muodonvaihdoksessa porfyropsiini korvautuu rodopsiinilla, punaisella näköpigmentillä. Vielä keskeneräisessä muodonvaihdoksessa toukilla on verkkokalvolla molempia näköpigmentejä. Pohjois-Amerikassa esiintyvällä *Notophthalmus*- ja meidän *Triturus*-suvulla rodopsiini muuttuu vielä takaisin profyropsiiniksi esiaikuisten palatessa takaisin lampiin esiaikuisuuteen liittyvän maaelämäkauden jälkeen. Tämän muutoksen aiheuttaa aivolisäkkeen etulohkon erittämä prolaktiini-hormoni. Vesielämään palaamiseen liittyviä muutoksia kutsutaan näillä suvuilla toiseksi muodonvaihdokseksi (Duellman *et al.* 1986).

Salamantereilla tapahtuu muodonvaihdoksessa fysiologisia ja morfologisia muutoksia, jotka vaikuttavat liikkumismuotoon, aisteihin, hengitykseen ja syömiseen. Pyrstön evä imeytyy takaisin ruumiiseen, iho paksuuntuu ja ihorauhaset kehittyvät. Kidukset surkastuvat ja kidusraot sulkeutuvat, samalla kidushengitys loppuu keuhkojen kehittymisen myötä. Silmäluomet kehittyvät, sieraimet sulkenut sidekudos korvautuu kehittyneemmällä läpällä, jonka toimintaa ohjaa sileä lihaskudos. Huulipoimut kutistuvat ja kita laajenee. Leuan luut ja hampaat kehittyvät. Kieli ja sen luusto kehittyvät. Virtsa- ja sukuelimissä tapahtuu kehitystä. Pronefros (alkeellinen munuainen, munuaisten ensimmäinen vaihe) häviää ja korvautuu kehittyneemmällä opistonefrosella tai mesonefrosella (esimunuainen) lajista riippuen. Sukurauhaset ja niihin liittyvät tiehyet kehittyvät (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläimillä orvaskesi muodostuu toukkavaiheessa kahdesta tai kolmesta solukerroksesta. Solukerrosten määrä kasvaa viiteen tai kuuteen muodonvaihdoksen edetessä. Toukkavaiheessa orvaskedessä on epiteelisolujen lisäksi erikoistuneita soluja. Tällaisia ovat mm. Merkelin solut, joissa on tuntoaistin reseptoreita. Merkelin solut säilyvät aikuisillakin. Leydigin solut erittävät limaa orvaskeden solujen väliin. Leydigin solut häviävät muodonvaihdoksessa. Toukkavaiheen orvaskedessä on myös kylkiviiva-aistiin erikoistuneita soluja. Jokaisessa kylkiviiva-aistin solussa on aistinkarvasoluja. Kylkiviiva-aisti on jo täysin kehittynyt munasta kuoriutumisen jälkeen. Muodonvaihdoksen lopussa ihossa on tapahtunut monia muutoksia, solujen muodostumisia ja surkastumisia, joiden seurauksena orvaskesi on tullut kompleksisemmaksi. Hävitettävät solut tuhotaan

autolyysissä, lysosomeista (hajotukseen erikoistunut soluelin) vapautuvien hydrolyyttisten (veden avulla tapahtuva hajottaminen) entsyymien avulla. Kilpirauhashormoneilla on keskeinen merkitys ihon solujen muodostumiseen ja häviämiseen. Pään ja vartalon lihakset muotoutuvat uudelleen muodonvaihdoksessa. Salamantereiden toukilla oleva pyrstön evä surkastuu muodonvaihdoksessa. Raajojen kasvu on kaikilla sammakkoeläimillä jatkuva tapahtuma, jossa raajat kehittyvät raajasilmuista vähitellen (Duellman *et al.* 1986).

Ruuansulatuskanavan rakenne ei muutu salamantereilla muodonvaihdoksessa juurikaan. Suurin muutos ruuansulatuskanavassa tapahtuu juuri ennen kuin nuori toukka aloittaa syömisen. Tällöin ruskuaisvarasto on käytetty loppuun ja ruuansulatukseen liittyvä peristalttinen liike alkaa. Peristalttinen liike puristaa ruokapalaa ruuansulatuskanavassa eteenpäin supistusrenkaan avulla. Salamantereiden toukkien mahassa valkuaisaineita hajotetaan pepsiinientsyymin avulla (Duellman *et al.* 1986).

Muodonvaihdoksen edetessä haima alkaa pienentyä asinaarisolujen (engl. acinar cell) eli rauhasrakkulasolujen (avoeritteisen rauhasen rauhasstiehyen pohjukkaa ympäröivä erittävien solujen ryhmä) rappeutumisen ja muun kudoksen kuivumisen myötä. Haiman kokonaistilavuus voi pienentyä 80 %. Muodonvaihdoksen jälkeen haiman koko kasvaa jälleen, tällöin umpieritykseen



Rupiliskon toukilla on pään molemmilla puolilla komeat ulkokidukset.



Öllölä elokuussa 2007. Yläkuvassa rupiliskon toukka on havainnut isomalluaisen nahanluonnista jääneen kuoren. Tähtäys, ponnistus ja suu auki: kuori ei päässyt pakemaan, kuten alakuvasta näkyy.

osallistuvan kudoksen osuus suurenee suhteellisesti enemmän. Tyroksiini säätelee haiman kasvua (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläinten toukilla on alkeellinen munuainen, joka poistaa lähinnä vettä ja ammoniakia. Maaelämää viettävillä aikuisilla munuaisten tehtävänä on nestetasapainon säilyttäminen ja virtsa-aineiden poisto. Munuaisten kehityksen rinnalla tapahtuu myös sukurauhasten kehitys ja erilaistuminen (Duellman *et al.* 1986).

Toukkien alkeellinen munuainen eli pronefros muodostuu ruumiinontelon avautuvista värekarvojen peittämästä tunnelimaisista nefrostomeista (engl. nephrostome). Tämä alkumunuainen säilyy koko toukkavaiheen ajan, mutta häviää muodonvaihdoksessa. Alkumunuainen häviää autolyysin ja fagosytoosin seurauksena. Kilpirauhashormonit säätelevät tapahtumaa. Salamantereilla keskimäinen ja takimmainen alkumunuainen erilaistuvat varsinaisiksi munuaisiksi. Sukupuolirauhaset muodostuvat vatsaontelossa sukupuoliharjanteissa olevista primordiaalisista sukusoluista, jotka sijaitsevat alkumunuaisen läheisyydessä. Primordiaalisista sukusoluista kehittyy erilaistumisen kautta naaras- tai koirassukupuolirauhaset. Primitiivisistä munuaistiehyistä kehittyvät Wolffin ja Müllerin tiehyet. Jälkimmäinen häviää yleensä yksilönkehityksen aikana uroksilta, mutta Wolffin tiehyt esiintyy molemmilla sukupuolilla. Toukilla Wolffin tiehyt toimii alkumunuaisen pääasiällisenä eritystiehyenä, muodonvaihdoksessa se erilaistuu esimunuaisen tiehyeksi. Naarailla Müllerin tiehyestä kehittyy munanjohdin. Uroksilla Wolffin tiehyestä kehittyy virtsanjohdin ja sitä käytetään myös sukusolujen kuljetukseen. Naarailla se säilyttää eritystehtävänsä. Toukkavaiheessa molemmat tiehyet ovat vielä läsnä. Muodonvaihdoksessa Müllerin tiehyt häviää uroksilta, kun naarailla siitä muodostuu munanjohdin. Virtsajohdin säilyy molemmilla sukupuolilla. Naarailla primaarista virtsanjohdinta käytetään ainoastaan eritystehtävään, kun uroksilla niitä käytetään myös sukusolujen kuljetukseen. Sukurauhaset ja niiden tuotteet kehittyvät salamantereilla koko toukka-ajan (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläimillä kilpirauhashormoneista tyroksiinin on osoitettu suoraan säätelevän keskushermoston kehitystä. Keskushermosto on jo hyvin kehittynyt toukkavaiheen lopulla. Muodonvaihdoksessa sen koko pienenee, mutta pikkuaivojen ja ydinjatkoksen seinämät paksuuntuvat sekä väliaivot laajentuvat ja lyhentyvät (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläinten toukkavaiheessa silmät kasvavat. Uloimman ja sisemmän sarveiskalvon välissä on nestettä. Sarveiskalvot yhdistyvät muodonvaihdoksessa, jonka jälkeen silmälihaksen kasvavat ja samalla kiinnittyvät kitaluuhun. Silmän ja sitä ympäröivien lihasten kasvun johdosta useimmilla sammakkoeläimillä on pulloittavat silmät. Muodonvaihdoksessa salamantereilla ja useilla sammakoilla epidermaalisista laskoksista kehittyy myös ylä- ja alaluomet, vilkkuluomi, sidekalvon pussi, vilkkuluomen jänne sekä kyyneltiehyt (Duellman *et al.* 1986).

### Talvehtiminen

Syksyllä lämpötilan pudotessa aikuiset sammakkoeläimet etsiytyvät talvehtimispaikoille lampien pohjalle, juurakoihin tai maassa oleviin koloihin. Rupiliskon toukat eivät aina ehdi kasvaa ja kehittyä ensimmäisen kesän aikana muodonvaihdokseen saakka. Jos rupiliskolammessa on vettä vuoden ympäri, toukat voivat talvehtia lammessa. Tällöin niiden muodonvaihdos tapahtuu seuraavana keväänä. Lammessa talvehtiminen voi johtua myöhäisestä muninta-ajankohdasta tai toukkien hitaasta kehitymisestä veden kylmyyden vuoksi (Griffiths 1996 & 1997a, Hagström 1972).



Terrestristä elämänvaihettaan viettävä, noin kaksivuotias rupiliskonuorukainen.



Piilopaikat ja varovaisuus ovat tarpeen rupiliskoille. Tämä yksilö oli varomaton. Myrkyllinen iho ei ole kelvannut saalistajalle.



Toukkana talvehtinut rupilisko. Yksilö saatiin haaviin toukokuun alussa, juuri jäiden lähdön jälkeen. Yksilön pituus oli vain viisi senttiä.

## Neotenia

Neotenialla tarkoitetaan yksilön säilymistä toukkamuotoisena lisääntymiskyvyn saavuttamisesta huolimatta. Salamantereilla neoteminen lisääntyminen on seuraus hidastuneesta somaattisesta kasvusta. *Triturus*-suvulla esiintyy neoteniaa ankarissa ympäristöolosuhteissa. Sitä on tavattu ainakin Montenegrossa, Etelä-Ranskan kalkkikivitasangoilla ja Ruotsissa Västerbottenin läänissä 470 metriä meren pinnan yläpuolella. Ruotsin populaatio tosin hävisi taimenten siirtoistutuksen myötä (Duellman *et al.* 1986, Dely 1967, Dolmen 1983).

## Nuoret yksilöt

Muodonvaihdon jälkeen rupiliskot nousevat maalle ja niiden terrestinen elämänvaihe alkaa. Tällöin niiden entinen päiväaktiivisuus päättyy ja niistä tulee yöaktiivisia. Norjassa tehdyn tutkimuksen mukaan (Dolmen 1983) rupiliskot saavuttavat sukukypsyyden sitä aiemmin mitä etelämpänä ne ovat levinneisyysalueella. Etelä-Norjassa sukukypsyys saavutetaan jo kahden vuoden iässä, mutta Keski-Norjassa siihen menee vähintään neljä vuotta. Ero johtuu ilmastollisista ja elinympäristöjen laatuun liittyvistä tekijöistä.

Terrestriset sammakkoeläimet ovat yleensä yöaktiivisia, jolloin ne luonnostaan välttävät korkeampia päivälämpötiloja ja pienempää ilmankosteutta. Päiväpiilopaikoissa on yleensä suurempi ilmankosteus. Tällaisia piilopaikkoja ovat kaikenlaiset kolot ja käytävät kivien välissä, lahoppuissa, juurakoissa sekä maassa (Duellman *et al.* 1986). Nuorista yksilöistä kuolee vuosittain 78 % (Griffiths 1997b).

### 3.4.2

## Fysiologia ja ekologia

### Vesitalous

Sammakkoeläinten iho on hyvin läpäisevä. Ihon pinnan kohorakenne on tärkeä tekijä hydraatioissa, eli kosteuden lisäämisessä. Iholla on limaa erittäviä rauhasia. Useimmilla vedessä elävillä sammakkoeläimillä on kokonaan sileä iho. Maalla ja puissa elävillä sammakkoeläimillä on yleensä epätasainen ja rakeinen iho. Epätasaisen pintarakenteen ansiosta ihon pinta-ala kasvaa. Kostealla pinnalla ollessaan eläin pystyy imemään itseensä tehokkaammin vettä. Veden imeytymistä edistää sammakkoeläinten kyky litistää ruumiistaan, jolloin suurempi osa ruumiista on kosketuksissa alustaan. Veden imeytymistä ohjaavat monet hormonit, joista aivolisä-



Yllä olevan yksilön kotiampi. Lammen pienestä koosta huolimatta poikastuotto on ollut vuosittain runsasta.





Lähikuva rupiliskon ihosta.

keen takalohkon erittämän vasotosiinin merkitystä pidetään suurimpana (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläinten ruumiinpainosta 70–80% on vettä. Vesitasapainoa voidaan säädellä monilla keinoilla. Aikuiset sammakkoeläimet eivät normaalisti juo vettä. Ruuansulatuskanavalla on pieni merkitys sammakkoeläinten vesitalouden kannalta. Osa ravinnon mukana tulleesta vedestä imeytyy paksusuoleessa, mutta suurin osa poistuu elimistöstä ulosteen mukana. Jos elinympäristön kosteus on suuri, keuhkojen kautta tapahtuva veden haihtuminen on merkityksetöntä, mutta kuivassa ympäristössä sen merkitys kasvaa. Vedessä asustavat sammakkoeläimet poistavat vettä munuaisten kautta laimeana virtsana. Terrestriiset sammakkoeläimet tuottavat virtsaa tai virtsahappoa. Suurin osa vedenhukasta tapahtuu kuitenkin ihon kautta haihtumalla. Ruumiin sisällä tapahtuvan solujen energia-aineenvaihdunnan tuloksena syntyy aineenvaihdunnallista vettä. Näin tuotettu vesi päätyy veriplasmaan. Tällaisen aineenvaihdunnallisen veden osuus ruumiinpainosta on alle 0.01%. Vettä voidaan varastoida virtsarakossa ja imusuonistossa. Vesivarastoja käytetään kudoksissa korvaamaan haihtumalla, erittämällä tai hengityksessä menetettyä vettä (Duellman *et al.* 1986).

Salamantereiden virtsarakko on pussimainen. Virtsarakon koko vaihtelee lajeittain, tulisalamanterilla (*Salamandra salamandra*) virtsarakossa voi olla nestettä 35% yksilön painosta, kun täysin akvaattisella afrikkalaisella kynsisammakolla (*Xenopus laevis*) vastaava luku on vain 1%. Lajeilla,

jotka asuttavat kuivia alueita, on suuri virtsarakko veden varastointia varten. Täysin vedessä elävillä lajeilla ei ole tarvetta säilöä vettä, joten niiden virtsarakko on pienempi (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläimillä verineste suodatetaan munuaisten suonikeräisissä. Paine-eron vaikutuksesta neste siirtyy munuaistiehyisiin. Tiehyiden sisäpinnan solut imeyttävät vettä ja liuenneita aineita takaisin verenkiertoon. Samalla erotellaan virtsa, joka pysyy munuaistiehyissä. Virtsasta poistetaan edelleen vettä proksimaalisessa tubuluksessa, jonka jälkeen neste etenee salamantereilla ripsimäiseen munuaissuppiloon muuttuen alkuvirtsaksi. Useimmat sammakkoeläimet ovat ureoteelisiä eli niiden typpiaineenvaihdunnan lopputuotteena on virtsaa, tosin vedessä ollessaan ne pystyvät erittämään myös ammoniakkaa. Aivolisäkkeen takalohko tuottaa osmoottiseen säätelyyn vaikuttavia arginiini-, vasotosiini- ja oksitosiinihormoneita. Näiden hormonien vaikutuksesta munuaistiehyiden läpäisevyys kasvaa, jolloin veden ja laimean virtsan diffundoituminen (lämpöliikkeestä johtuva aineiden sekoittuminen, jolloin väkevyyserot tasoittuvat) kiihtyy (Duellman *et al.* 1986).

Elimistön kuivumisesta kärsivä sammakkoeläin on pulmallisessa tilanteessa. Veden etsiminen vaatii liikkumista, jolloin haihdunta kasvaa. Yksilö voi myös valita veden säästämisen pysymällä paikallaan, jolloin vedenhaihdunta pienenee, mutta tällöin kuivuuden jatkuessa se ei enää säily hengissä (Duellman *et al.* 1986).



Rupilisko kykenee tarvittaessa nopeisiin liikkeisiin veden alla. Otusta on vaikea kuvata.

## Lämpötila

Sammakkoeläimet ovat ektotermisiä eli niiden ruumiinlämpö riippuu ainoastaan ympäristön lämpötilasta, ne eivät pysty käyttämään omaa aineenvaihduntaa lämpötilansa nostamiseen. Aineenvaihdunnassa muodostuu vain vähän lämpöä ja sekin häviää saman tien ympäristöön. Jotkut lajit kuitenkin pystyvät säätelemään ruumiinlämpöä valikoimalla sopivan lämpöisen ympäristön. Ruumiinlämmön säätelyllä on vaikutusta ruuansulatukseen. Kun ruumiinlämpö nousee, kiihtyy myös ruuansulatus, joka puolestaan auttaa nuoria yksilöitä kasvamaan nopeammin. Nopea kasvu mahdollistaa rasvan kertymisen ruumiiseen, jolla on oleellinen merkitys horroksesta selviämiseen. Lämmönsäätelyn ohella sammakkoeläinten on huolehdittava myös ihon kosteudesta. Korkeamassa lämpötilassa haihduttaminen on nopeampaa (Duellman *et al.* 1986).

Griffithsin (1997a) mukaan salamannerit rupeavat olemaan aktiivisia kahdeksan ja kahdeksantoista asteen välissä. Siperissa elävä *Salamandrella keyserlingii* voi kestää muutaman viikon ajan jopa 45 asteen pakkasta. Rupiliskon suojeluhankkeen aikana tehdyissä populaatiolaskennoissa havaittiin rupiliskojen liikkumisen lisääntyvän selvästi kun veden lämpötila nousi yli 12 asteeseen.

## Kaasujen vaihto

Sammakkoeläimet käyttävät hengityskaasujenvaihtoon kiduksia, keuhkoja, ihoa ja suunielua. Hengityksen nopeuteen vaikuttavat eläimen aktiivisuus, ihon pinta-ala ja ruumiin koko sekä ympäristötekijöistä lämpötila, ilmanpaine, kosteus ja valojaksoisuus. Veren hapenkuljetuskyky riippuu punasolujen absoluuttisesta määrästä ja tilavuudesta, punasolujen suhteellisesta osuudesta koko veren tilavuuteen, hemoglobiinipitoisuudesta sekä veren pH:sta. Lisäksi hapen ja punasolujen sitoutuminen riippuu lämpötilasta ja ilmanpaineesta sekä eläimen aktiivisuudesta (Duellman *et al.* 1986).

## Energia-aineenvaihdunta

Aerobinen aineenvaihdunta on käytössä hitaassa ja pitkäkestoisessa liikkumisessa. Nopeassa, lyhytkestoisessa liikkumisessa energia saadaan pääosin anaerobisen aineenvaihdunnan tuloksena. Sammakkoeläimet pystyvät pitämään yllä nopeata liikumista yhdestä kahteen minuuttia, jonka aikana anaerobinen maitohapon muodostuminen vastaa vähintään kahta kolmasosaa adenosiniinifosfaatin (ATP) tuotannosta. Adenosiniinifosfaatti on solussa oleva runsasenerginen yhdiste, jota käytetään energian siirtoon ja tilapäiseen varastointiin.

Nopea liikkuminen on mahdollista myös alemmassa lämpötilassa, koska lämpötila ei vaikuta maitohapon muodostumiseen. Alemmissa lämpötiloissa tosin toipuminen kestää pidempään (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläinten aerobinen ja anaerobinen kapasiteetti ovat kääntäen verrannollisia eri lajeilla. Lajit, joilla on laaja-alainen kyky käyttää aerobisen aineenvaihdunnan tuotteita liikkumiseen, eivät tuota suuria määriä maitohappoa liikkumisessa. Lajeilla, jotka tuottavat enemmän maitohappoa, on suppeampi kyky aerobiseen aineenvaihduntaan liikkumisessa. Erot pohjautuvat entsyymitoimintaan, fosfofruktokinaasin ja maitohappodehydrogenaasin reaktionopeuteen. Lajit, joiden pakeneminen perustuu liikkumisen nopeuteen, käyttävät anaerobista aineenvaihduntaa (Duellman *et al.* 1986).

### Saalistus

Rupiliskolla näkö on tärkein aisti ravinnon paikallistamisessa. Se näkee paremmin vedessä kuin maalla. Sammakkoeläimet, jotka havaitsevat saa-

liinsa näköaistin perusteella, käyttävät yleensä odottelua saalistustapanaan: kun saalis on havaittu, sammakkoeläin saattaa jahdata sitä hiukan ennen pyydystämistä. Rupiliskolla on myös kyky löytää saaliinsa pelkästään hajuaistin perusteella. Hajuaisti on tärkeä erityisesti saalista jäljitettäessä. Saaliin havaitseminen ja pyydystäminen on kuitenkin tehokkainta silloin, kun käytetään sekä näkö- että hajuaistia (Duellman *et al.* 1986, Margolis 1976, Griffiths 1996).

Toukkavaiheen salamantereilla ja terrestristen salamantereiden vedessä tapahtuvan lisääntymisen aikana nielurangan toinen nielukaari (engl. hyobranchial apparatus) toimii toukilla kidusten tukena ja liikuttaa kidusfilamentteja sekä laajentaa ja supistaa poskionteloä syömisen aikana. Useimmat salamanterit hyökkäävät saalista kohti. Tällöin suuontelo laajenee ja samalla leuat aukenevat (Duellman *et al.* 1986).

Terrestrisillä salamantereilla kielellä on tärkeä rooli saalistamisessa. Kieli on kiinnittynyt suun etuosaan ja se voidaan työntää ulos. Nielurangan toinen nielukaari toimii kielenulostyöntömekanis-



Rupilisko vaanii saalistaan liikkumatta.

mina ja hengityksen pumppumekanismina: glottis eli kurkunpään aukko kiinni – nenänreiät kiinni – alaleukaa alas – ilmaa sisään – nenänreiät auki – glottis auki – alaleuka ylös – ilma keuhkoihin (Duellman *et al.* 1986).

Kinnen (2006) havaintojen mukaan 8 cm pituinen esiaikuinen pystyy syömään 5 cm vesiliskon. Hän havaitsi myös, että 14 cm (kuonosta pyrstön kärkeen) pituinen naarasrupilisko pystyy syömään kerralla kokonaan noin 10 cm pitkän juotikkaan.

Cicort-Lucaciu *et al.* (2005) selvitti rupiliskojen ravintokäyttäytymistä tyhjentämällä 490 yksilön mahat. Tulosten mukaan rupiliskojen ravinto koostuu pääasiassa sammakkoeläinten ja sääskien (Nematocera) toukista. Muita ravintokohteita olivat sukkulamadot, harvasukasmadot, äyriäiset (raakuäyriäiset, vesikirput ja hankajalkaiset), kotilot, hämähäkit, tuhatjalkaiset, hyppyhäntäiset, päivänkorennot, sudenkorennot, kaskaat, kirvat, luteet, kovakuoriaiset (kärsäkkäät ja sukeltajat), perhoset, kärpäset ja pistiäiset (muurahaiset).

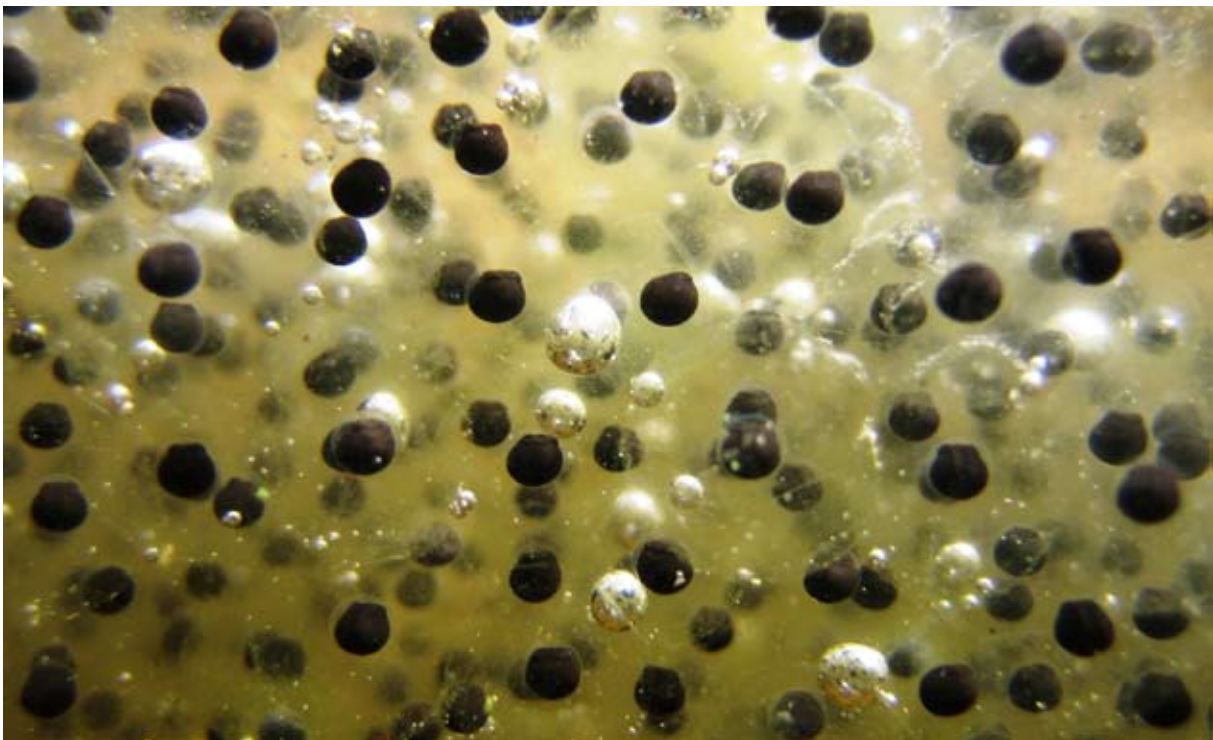
### Viholliset ja puolustusmekanismit

Sammakkoeläimet ovat saaliseläimiä monille selkärangkaisille. Yleensä sammakkoeläimiä on paljon, ne ovat pienikokoisia ja niillä on pehmeä iho. Vedes-

sä olevat sammakkoeläinten munat ovat helppoja saaliita kaloille ja vesiselkärangattomille. Toukat ovat saaliita vesiselkärangattomille, kaloille, lintuille ja pienille nisäkkäille (Duellman *et al.* 1986). Myös rupilisko on monien lintujen, nisäkkäiden ja kalojen ravintoa. Rupiliskojen toukkia saalistavat monet hyönteiset, juotikkaat, kalat, mutta myös aikuiset rupiliskot (Kinne 2006).

Sammakkoeläimillä on monia keinoja välttää saaliiksi joutuminen. Saalistajaa voidaan paeta nopeasti ennen sen varsinaista hyökkäystä, hyökkääjältä voidaan piiloutua tai molemmat keinot voidaan yhdistää. Jos sammakkoeläin kohtaa saalistajan se voi reagoida jollain seuraavista tavoista: teeskennellä kuollutta, kasvattaa omaa kokoaan, muuttaa tyyppillistä muotoaan, näyttää saalistajalle huonosti sulavaa ruumiinosaa (esim. kookkaita rauhasia), näyttää aposemaattista väritystään (osoittaa värityksellään olevansa harmillinen tai varottava) tai hyökätä saalistajan kimpuun. Aposemaattinen väritys on yleinen niillä sammakkoeläinlajeilla, joilla on ihossa myrkyllisiä aineita. Näiden varoitusvärien vaikutus perustuu opittuun vastineeseen saalistajan puolelta. Yleiset värit ovat punainen, oranssi ja keltainen (Duellman *et al.* 1986:246-258).

*Triturus*-suvulla on havaittu seuraavia keinoja välttää saaliiksi joutuminen: myrkylliset ihoerit-



Sammakon ja viitasammakon kutu ja toukat ovat erinomaista saalista rupiliskoille.

teet, sylkiamylaasia tuottava korvanalussylikirauhanen, pyrstön ja ruumiin rauhaset, aposemaattinen väritys, jähmettyminen paikoilleen, ruumiin taivutus mutkalle, pyrstön ja rinnan kohotus sekä pyrstön läiskytys ja aaltoliike (Duellman *et al.* 1986, Brodie 1983).

Kinnen (2006) mukaan vedessä ollessaan rupiliskot puolustautuvat nopeilla ja voimakkailla pyrstöniskuilla, joiden ansiosta ne samalla pakenivat kohti suojapaikkaa kivien alle, kasvillisuuden joukkoon tai pohjamutiin. Maalla rupiliskot puolustautuvat esittämällä kuollutta. Ne kellahtavat kumoon ja pyörähtävät ympäri, jolloin niiden mahankuviointi tulee näkyviin. Kuolleen esittäminen voi jatkua toistakymmentä sekuntia, jolloin rupiliskot pitävät silmiä kiinni ja pidättävät hengitystä pyrstön ollessa mutkalla. Rupiliskot voivat erittää myrkyllisiä yhdisteitä rauhasistaan tai päästellä ääniä. Aikuiset rupiliskot kiemurtelevat hyökkäyksen kohteeksi joutuessaan ja ne voivat purra ahdistelijaa.

Monet bakteerit tarttuvat sammakkoeläimiin. Ne ovat peräisin yleensä saastuneesta vedestä tai ruuasta. Sienitartunnat leviävät sammakkoeläimiin rikkinäisen ihon tai sierainten kautta (Duellman *et al.* 1986:243). Tauteja käsitellään erikseen kappaleessa 4.4 Taudit.

## Populaatiobiologia

Lähes kaikilla sammakkoeläimillä muniin ja toukkiin kohdistuu suuri saalistuspaine. Toukkavaiheessa tapahtuvan kilpailun ja saalistuspaineen arvioidaan säätelevän eniten rupiliskopopulaatioiden kokoa (Malmgren 2007). Toukkien selviytyminen on lisäksi riippuvaista tarjolla olevan ruuan määrästä, veden lämpötilasta ja lammen vesitilanteesta. Keväinen veden jäätyminen hidastaa muniin ja toukkien kehitystä. Nollan alapuoliset lämpötilat tappavat muniin ja toukkia (Griffiths 1997b). Nuorten aikuisten kuolleisuus vaihtelee enemmän kuin aikuisten. Tiedot rupiliskojen kuolleisuudesta elämänsä eri vaiheissa vaihtelevat jonkin verran eri lähteiden mukaan. Karlsson (2004) on koennut seuraavia hengissäsäilymisprosentteja: muna/toukkavaihe 5 %, nuoret yksilöt 22–75 % ja aikuiset 49–78 %.

Aikuisilla yksilöillä sukupuolijakauma oli 1:1 Hagströmin (1979) tutkimuksessa. Samaisessa tutkimuksessa pyydystettyjen rupiliskojen ikäkauma oli 4–15 vuotta. Urosten keskimääräinen ikä oli tutkituissa lammissa 8,3 vuotta ja naaraiden 7,9 vuotta. Lisääntyminen alkoi yleisesti viiden vuoden iässä, jolloin keskimääräinen lisääntyvä aikuinen on 7,8–9,5 -vuotias, kuolleisuusasteesta



Rupiliskon mahan väritys kertoo otuksen myrkyllisyydestä. Kuvat on otettu rupiliskon suojeluhankkeen aikana tehdystä populaatiolaskennasta, jossa jokainen pyydetty yksilö kuvattiin mahapuolelta. Kolme ensimmäistä ovat koiraita ja kaksi oikeanpuoleista ovat vanhoja naaraita. Kolmas yksilö on näistä nuorin.



Aikuinen rupiliskonaaras.

riippuen. Molemmat sukupuolet ovat lammissa lisääntymiskauden aikana, tosin tuonakin ajanjaksona molemmat sukupuolet viettävät enemmän aikaa maalla kuin vedessä. Vedessäoloaika voi joi-nain vuosina olla vain muutaman päivän mittainen ja se tapahtuu kutuaikaan.

Yksilöiden koko muodonvaihdoksen aikana on suoraan verrannollinen niiden selviämismahdolli-suuksiin ja kelpoisuuteen myöhemmässä elämäs-sä. Vuosittain kuivuvissa lammissa luonnonvalinta suosii nopeasti kehittyviä yksilöitä. Kylmemmissä olosuhteissa toukat eivät ehdi kehittyä muodonvaihdokseen saakka, vaan talvehtivat lammissa. Lammissa talvehtivat yksilöt kasvavat talven aikana ja ovat muodonvaihdoksen aikana suurempia, kuin saman vuoden lajitoverit. Vaikka lammessa talvehti-minen lisää predaatoriskiä, se kasvattaa yksilöiden kelpoisuutta myöhemmin (Griffiths 1997b). Efektiivinen populaatiokoko kertoo populaatiossa lisääntyvien yksilöiden määrän, se on siis pienempi kuin populaation kaikkien yksilöiden lukumäärä. Efektiivinen populaatiokoko kuvaa perinnöllisessä mielessä tehokkaan eli lisääntyvän populaation ko-koa. Se kertoo, millä todennäköisyydellä sama geeni kahdella yksilöllä on peräisin samalta naaraalta ja samalta koiraalta (Jehle *et al.* 2001).

Briggsin *et al.* (2006) mukaan elinkelpoinen populaatiokoko rupiliskolla on minimissään 500 lisääntymiskykyistä yksilöä. Tällöin sukupuuto- ja sisäsiirtoisuusriski ovat pieniä. Rupiliskon suojelun kannalta on oleellista huolehtia siitä, että lammet sijaitsevat ryhmissä, enintään muu-taman sadan metrin päässä toisistaan (Damm *et al.* 2006). Geneettinen pullonkaula tulee vastaan tilanteessa, jossa populaatioiden lisääntyvien yksilöiden määrä on laskenut hyvin pieneksi. Tämän johdosta populaatio menettää muuntelevuuttaan (Jehle *et al.* 2001).

### 3.4.3

#### Morfologia

Tässä kappaleessa käsitellään vain ihon rakenne. Muuhun morfologiaan voi tutustua liitteessä 1.

Sammakkoeläinten iho on hyvin läpäisevä. Ne käyttävät ihoaan hengityksessä, suola-vesitasa-painon ja jonkin verran myös ruumiinlämmön säätelyssä. Ihon läpi kulkeutuu helposti myös vie-rasaineita, erilaisia ihmisen tuottamia kemiallisia yhdisteitä, jotka vaikuttavat usein tuhoisasti yksi-löihin. Sammakkoeläinten paljas iho altistuu myös suoraan auringon UV-säteilylle, joka voi aiheuttaa

solukuolemia ja mutaatioita. Näitä uhkatekijöitä ja niiden yhteisvaikutusta käsitellään kappaleissa 4.3 Otsonikato, 4.4. Taudit ja 4.5 Kemikaalit, mutta ensin tutustutaan vielä lähemmin ihoon, sen eri osiin ja toimintaan.

Sammakkoeläinten, kuten kaikkien muidenkin selkärankaisten, ihon pinnalla on ektodermistä muodostunut epiteelisolukerros eli orvaskesi ja sen alla pääosin mesodermistä kehittynyt verinahka. Verinahan pigmenttisolut ovat peräisin ektodermin hermostopienasta, myös verinahan rauhaset ovat ektodermaalista alkuperää. Orvaskeden pinta, *stratum corneum*, koostuu kerroksesta suuria litteitä soluja. Aikuisilla sammakkoeläimillä se on kovettunut eli sarveistunut keratiinosyyttien tuottaman runsaasti rikkiä sisältävän skleroproteiinin johdosta. *S. corneum* luodaan uudestaan noin kerran viikossa. Salamantereilla se repeää dorsaalisesti alkaen päästä ja jatkuen kohti ruumiin takaosaa. Useimmat sammakkoeläimet käyttävät raajojaan *s. corneumin* irrottamiseen ja yleensä irronneet palat syödään (Duellman *et al.* 1986, Griffiths 1996).

*Stratum corneumin* ja sen alapuolella olevan *s. germinativumin* välissä on desmosomeja. Ne ovat solujen välisiä liitoksia ja kiekkomaisia solurakenteita, joiden kohdalla soluseinät ovat paksuuntuneet ja ne muodostavat solunsisäisen levyn. Desmosomien kohdalla solukalvoja liittävät lujasti toisiinsa solunulkoiset proteiinisäikeet. Orvaskeden pinnan uusiutuessa tämä desmosomikerros on täynnä alapuolisten solujen erittämää limaa. Tällöin desmosomien väliset säikeet katoavat ja desmosomit liittyvät *stratum corneumiin*. *Stratum germinativum* on 4–8 solukerroksen paksuinen ja siinä on runsaasti mitokondrioita (soluelin, jossa tapahtuu soluhengitys, jonka tuloksena syntyy runsasenergistä adenosiinitrifosfaattia) sisältäviä soluja. Orvaskeden ja verinahan välissä on tyvikalvo, joka säätelee aineiden kulkeutumista. Se on muodostunut laminiinista ja kollageenisäikeistä. Verinahka koostuu myös kahdesta kerroksesta. Ulompana on *stratum spongiosum*, joka koostuu sidokudoksesta, jossa on limittäisiä säikeitä ja mm. pigmenttipitoisia kromatoforeja eli värisoluja. Seuraava kerros on nimeltään *stratum compactum*. Se on muodostunut tiiviisti järjestäytyneistä kollageenisäikeistä, joiden välissä sijaitsee limaa ja toksiineja erittäviä rauhasia sekä hiussuonia, hermosyitä ja sileitä lihaksia (Duellman *et al.* 1986).

## Ihon rauhaset

Sammakkoeläimillä kaikki rauhaset ovat alveolaarisia eli niiden rauhassolujen väliin jäävä rauhaskammio on muodoltaan rakkulamainen. Rauhasia on kahta tyyppiä, myrkkyy- ja limarauhasia. Limarauhaset ovat pienempiä ja ne ovat kokonaan verinahan *stratum spongiosum* -kerroksen sisällä. Ne erittävät mykopolysakkarideja, jotka pitävät ihon kosteana. Niitä on yleensä enemmän selänpuolella. Myrkkyyrauhaset ovat sijoittuneet tiettyihin ruumiinosiin, kuten päähän ja niskaan ja erityisesti salamantereilla pyrston dorsaalipinnalle. Myrkkyyrauhaset rupeavat erittämään ainoastaan tietyn ärsykkeen saatuaan. Tällainen ärsyke voi olla humoraalinen eli elimistön nesteiden kautta välittyvä (hormonit, hiilidioksidi, happi ym.) tai se voi tulla sympaattisen hermoston kautta (sympaattinen hermosto on osa tahdosta riippumatonta hermostoa, esim. hengitys, verenkierto ja ruuansulatus. Sympaattinen hermosto valmistaa elimistöä aktiiviseen taistele tai pakene-tilanteeseen, se aktivoi lisämunuaisen ytimen tuottamaan adrenaliinia ja noradrenaliinia). Myrkkyyrauhasten eritteissä monet peptidit (kahden tai useamman aminohapon muodostama yhdiste) ja alkaloidit (tyyppiä sisältävä orgaaninen yhdiste) ovat myrkyllisiä. Niitä käytetään hyväksi puolustuksessa (Duellman *et al.* 1986). Myrkyllisten yhdisteiden erittämiskyky liittyy yhdessä aposemaattisen värityksen (eliön väritys viittaa myrkyllisyyteen: voimakkaat tai kirkkaat värit, vastavärit yhdessä) kanssa saalistuksen välttämiseen (Brodie 1983). Vatsan väritys ja ihon myrkyllisyys toimii joillekin mahdollisista saalistajista, mutta ei esimerkiksi käärmeille tai kaloille, jotka kestävät rupiliskon toksiinit (Howard *et al.* 1973).

Rupiliskon ihossa on tetrodotoksiinia ja 6-epitetrodoksiinia. Ne ovat hermomyrkkijä, jotka ehkäisevät hermoston toimintaa. Tetrodotoksiinin vaikutus perustuu solukalvon natriumkanavien (hoitavat solujen ionitasapainoa ja solukalvon sähköisiä ilmiöitä) toiminnan ehkäisemiseen, jolloin solujen toimintapotentiaali estyy. Toimintapotentiaalit ovat keskeisiä hermoviestien ja muiden kudosten välisten viestien kuljettajia. Natriumkanavat ovat erityisen tärkeitä lihassolujen supistumisessa, kun natriumvirrat tyrehtyvät on seurauksena lihasten halvaantuminen (Yotsu-Yamashita *et al.* 2007).

## Kromatoforit ja pigmentti

Kromatoforit ovat eläinten värisoluja, jotka sisältävät väriainetta eli pigmenttiä. Sammakkoeläinten kromatoforit sijaitsevat orvaskedessä tai verinahassa. Orvaskeden kromatoforit ovat yleensä melanoforeja eli ruskeita tai punertavia. Ne ovat ohuita, pitkiä soluja, joiden haarakkeet ulottuvat soluväleihin. Orvaskeden melanoforit ovat yleisiä sammakkoeläinten toukkavaiheessa. Muodonvaihdon jälkeen ne häviävät tai niiden lukumäärä vähenee jyrkästi verinahan paksuuntuessa ja verinahan omien kromatoforien kehityksessä (Duellman *et al.* 1986).

Sekä orvaskeden että verinahan melanoforit tuottavat eumelaniinia. Se on väriltään ruskeaa tai mustaa. Verinahan melanoforin ympärillä olevat solut ottavat vastaan melaniinia. Orvaskedessä sammakkoeläimillä on yleensä myös muunlaisia kromatoforeja. Ksantoforit ovat näistä uloimpia, keltaista, oranssia ja punaista tuottavia soluja. Guanoforit ovat ksantoforien alla. Guanoforit sisältävät valkoisia ja hopeanvärisiä heijastavia kiteitä, joiden heijastama valo pystyy läpäisemään guanoforit. Yhdessä nämä solut tuottavat hyvin kirkkaita värejä. Melanoforit sijaitsevat syvimällä, tosin niiden haarat yltyvät aina guanoforien ja ksantoforien väliin (Duellman *et al.* 1986).



Muodonvaihdon jälkeen alkaa uusi elämä maalla. Kuvan yksilö on juuri lähtemässä syntymälammestaan, ulkokidukset ovat hävinneet ja iho paksuuntunut.



## 4 Kannan kehitys ja uhkatekijät

### 4.1

#### Maankäyttöön liittyvät uhkatekijät

Suomen rupiliskokantojen kehityksestä ei ole olemassa tutkittua tietoa, mutta kantojen muutoksia voi arvioida suhteessa rupiliskojen elinympäristöissä tapahtuneisiin muutoksiin.

Manner-Suomessa sijaitsevat rupiliskojen lisääntymislammet edustavat kolmea luonnontilaista lampityyppiä, harju, metsä- ja suolampia. Neljäntenä lampityyppinä ovat ihmisen tekemät tai voimakkaasti muokkaamat lammet. Harjulammiksi lasketaan pohjavesialueella olevat lammet, riipumatta siitä, onko niiden lähiympäristö metsää vai suota. Luokittelu noudattaa Suomen luontotyyppien uhanalaisuus -teoksessa (Leka *et al.* 2008) käytettyä luokittelua. Harjulammet on luokiteltu Etelä-Suomessa vaarantuneeksi lampityypiksi, jonka uhkatekijöinä mainitaan metsätalouden päästöt, rantarakentaminen, pohjavedenotto ja soranotto. Manner-Suomen 70:stä tunnetusta lisääntymislammesta peräti 36 lampea sijaitsee pohjavesialueella. Valtaosa harjulammista on metsäisessä ympäristössä. Harjulammista rupiliskon kannalta merkittävien uhkatekijä liittyy metsätalouden päästöihin. Lammet ova niin pieniä, ettei rantarakentaminen vaikuta niihin. Myös soranotto on vähäistä kyseisillä lisääntymislammilla tai niiden läheisyydessä. Kaksi lampea sijoittuu vedenhankintaa varten tärkeäksi katsotulle pohjavesialueelle, jonka pohjavesivarat on otettu käyttöön. Pohjavedenoton vaikutuksia lampien vedenpintaan tulee seurata.

Metsälammiksi lasketaan sellaiset lammet, joiden rannat ovat valtaosin metsää. Metsälammet on luokiteltu vaarantuneeksi luontotyyppiksi Etelä-Suomessa. Uhanalaistumisen syinä yleisesti ovat metsä- ja maatalouden päästöt (mm. ojitukset), vesirakentaminen, rantarakentaminen ja happamoitava laskeuma (Leka *et al.* 2008). Rupiliskojen metsäisiin lisääntymislampiin em. uhkatekijöistä kohdistuu erityisesti metsätalous. Happamoitavaa

laskeumaa aiheuttavien rikin ja typen oksidien sekä ammoniakkin laskeumat ovat vähentyneet viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana (Suomen ympäristökeskus 2008). Rupiliskon kannalta lampien happamoituminen on selvä lisääntymiselinympäristön heikennys, munat eivät kehity, jos veden pH laskee alle 4,5 (vrt. kpl 3.3 Elinympäristöt). Varsinaisiksi metsälammiksi Manner-Suomen 70:stä lammesta voidaan laskea 22 kappaletta.

Suolammiksi luokitelluilla lammilla on kaikilla kapea suoreunus, joka voi olla nevaa, rämettä tai korpea. Suolammet luokitellaan Etelä-Suomessa silmälläpidettäviksi. Uhanalaistumisen syistä tärkeimmäksi Leka *et al.* (2008) nostavat suo- ja metsäojitukset sekä tulo- ja laskupurojen perkaukset. Manner-Suomessa on viisi suolammeksi luokiteltavaa rupiliskon lisääntymislampea. Näistä yhden laskuojaa on perattu vuosikymmeniä sitten, mutta lampi on niin syvä, että perkaus ei ole vaikuttanut merkittävästi lajin elinoloihin.

Neljänten, ihmisvaikutteiseen lampiryhmään kuuluu seitsemän lampea: yksi on saunan äärelle kaivettu uimalampi, yksi kasvihuoneiden kastelua varten tehty, yksi syntynyt vahingossa soranoton yhteydessä ja neljää muuta on merkittävästi syvennetty todennäköisesti mudanoton yhteydessä vuosikymmeniä sitten. Näistä seitsemästä lammesta yksi sijaitsee pohjavesialueella, kaksi pihapiirissä ja neljä metsäympäristössä.

Lisääntymislampien lähellä ja välillä tapahtuvat avohakkuut, kulotus, kalojen siirtoistutus, lampien kuivatus ja täyttäminen, soiden ja metsien ojitaminen hävittävät rupiliskojen lisääntymispaikkoja ja heikentävät niiden leviämiskykyä. Ojittamisen vaikutukset ovat riippuvaisia suo- ja metsätyypeistä. Nevojen ojitaminen ei todennäköisesti ole vaikuttanut yhtä kielteisesti rupiliskoihin, kuin rehevämpien metsänlaiteiden tai lettojen ojitus. Nevoilla vesi on luontaisesti niin hapanta, että rupiliskojen munien kehitys ei niissä onnistu.

Rupiliskokantoihin on todennäköisesti merkittävimmin vaikuttanut elinympäristöjen tuhou-

tuminen soiden ojitusten seurauksena. Ojitukset kuivattavat lampia, tuovat niihin lietettä ja muuttavat vedenlaatua. Lampien ympäristöjen hakkuut muuttavat maa- ja vesielinympäristöä epäsuotuisaan suuntaan, joskus jopa kokonaan lajin hävittäen. Tästä esimerkkinä on eräs lampi Tohmajärvellä, josta Alekski Päivärinta sai vuonna 2002 pullopyydyksiin 5 aikuista rupiliskoa. Yleisövihjeen mukaan lammessa oli 1990-luvun alussa runsaasti rupiliskoja. Vuonna 2003 lammen itäpuolinen rinne hakattiin aukoksi ja kulotettiin. Lampi oli rupiliskohankkeen seurannassa 2004–2008. Seurannan aikana lammesta ei löytynyt yhtäkään aikuista tai toukkavaiheen rupiliskoa, lampi kuivui joka kesä. Lampea syvennettiin miestyönä (ks. kuva s. 51) syksyllä 2008. Vuonna 2009 vesi säilyi lammessa läpi koko kesän. Syksyllä vettä oli enää edellisvuonna kaivetussa montussa ja ensimmäistä kertaa viiteen vuoteen rupiliskojen lisääntyminen onnistui kyseisessä Öllölä 46 -lammessa (ks. kpl 7.2.4. Öllölä).

Suomen laajamittaiset soiden ojitukset ovat hävittäneet suolampia tai muuttaneet niitä rupiliskolle sopimattomaksi. Soiden ojitamisen merkitystä havainnollistaa hyvin Tuupovaarasta yleisövihjeen perusteella löydetty rupiliskon lisääntymislampi, Öllölä 5. Lammen vesitalous oli säilynyt luonnontilaisena, vaikka alue laajemmin tarkasteltuna oli ojitettu intensiivisesti. Lampi haavittiin perusteellisesti ja tuloksena löytyi yksi rupiliskon toukka. Etsintää jatkettiin lähistön kahdellatoista ojitetulla alueella olevalla lammella. Yhdestäkään ei löytynyt rupiliskoja, vaikka samaisen vihjeenantajien mukaan ainakin yhdessä niistä oli ollut paljon rupiliskoja ennen ojitusta.

Ojitukset ovat tuhonneet keidassuovyöhykkeellä (Manner-Suomessa rupiliskon levinneisyysalue kuuluu kokonaan keidassuovyöhykkeeseen) 75 % alueen alkuperäisestä suoalasta (Virkkala *et al.* 2000). Kun kyseinen Tuupovaara -esimerkki on vain muutamien neliökilometrin kokoinen, voidaan varovaisesti arvioiden ojitusten olettaa tuhonneen vähintään lukuisia lisääntymiseen soveliaita rupiliskolampia lajin levinneisyysalueella.

Myös kalojen istuttaminen tuhoaa rupiliskopopulaation muutamassa vuodessa kokonaan. Nilsiässä on dokumentoitu ahventen aiheuttama suuren rupiliskopopulaation romahtaminen. Vuonna 1992 lampeen istutettiin kalanpoikasia. Neljän vuoden kuluttua lajia ei enää lammessa havaittu (Savolainen *et al.* 1998). Rupiliskon suojeluhankkeen aikana 2004–2008 kyseisellä lammella käytiin havainnoimassa lisääntymismenestystä viiteenä peräkkäisenä kesänä, mutta yhtään rupiliskoa tai niiden toukkaa ei löytynyt.

Suomessa ihmisen toiminta uhkaa edelleen rupiliskon elinympäristöjä monissa tapauksissa.

Lampia ympäröivän metsän hakkuu muuttaa sekä maa- että vesielinympäristöä epäsuotuisaksi. Maaelinympäristöstä häviää suojapaikkoja, veden pH muuttuu ja lampi rehevöityy lisääntyneiden ravinnevalumiin seurauksesta. Myös lähistöllä tehdyt ojitukset vaikuttavat lammen vesitalouteen tai veden laatuun. Lampia on myös kuivattu ja niitä on täytetty maa-aineksella ja jätteillä. Rupilisko on herkempi elinympäristössä tapahtuville muutoksille kuin vesilisko. Metsätalous voi myös katkaista leviämisreitit lampien väli-alueilla. Rupiliskot välttelevät aukeita paikkoja, esim. avohakkuualoja.

## 4.2

### Ilmastonmuutos

Sammakkoeläimet ovat hyviä indikaattoreita ilmastonmuutoksen vaikutuksesta luonnon monimuotoisuuteen. Ilmastonmuutoksella on potentiaalia tehdä kaikki muut sammakkoeläinten suojelutoimet turhiksi. Sen takia ilmastonmuutoksen vaikutuksilla on oltava merkittävä rooli sammakkoeläinten suojelutoimissa (Pounds *et al.* 2007). Sammakkoeläinten sukupuuttoihin havahduttiin 1970-luvulla, 1980-luvulla lajeja hävisi lisää ja 1990-luvulla ymmärrettiin, että kyse ei ole satunnaisista tapahtumista (Stuart *et al.* 2004). Tällä hetkellä sammakkoeläimiä tunnetaan maailmassa 6 467 lajia. Näistä 168 arvioidaan jo kokonaan hävinneiksi, kolmasosa lajeista on uhanalaisia ja tällä hetkellä 2 469 lajin kannat ovat vähenemässä. Merkittävin yksittäinen tekijä kantojen vähenemiseen on elinympäristöjen häviäminen ja huonontuminen (Amphibiaweb 2009, IUCN *et al.* 2006). Sammakkoeläinten kannat ovat pienentyneet myös suhteellisen koskemattomilla alueilla. Näillä alueilla ilmastonmuutoksella saattaa olla suoria ja epäsuoria vaikutuksia sammakkoeläinten kantoihin (Pounds *et al.* 1999).

Ilmastonmuutos vaikuttaa ympäristön lämpötilaan ja kosteuteen, jotka puolestaan vaikuttavat suoraan sammakkoeläinten lisääntymisajankohtiin. Lauhkean vyöhykkeen lajisto saattaa olla suurimmassa vaarassa ilmaston edelleen lämmitessä, koska ko. alueen lajit ovat suurimman osan vuodesta inaktiivisia selviytyen näin kylmistä talvista tai kuumista kesistä. Keväinen, pienikin lämpötilan nousu saa sammakkoeläimet päättämään horroksen aikaisemmin, jonka jälkeen ne suuntaavat kutupaikoille. Aikaisessa kutemisessa on kuitenkin riskinä loppukevään mahdolliset pakkaset, jotka voivat tuhota munat. Rupiliskon

on jo todettu aikaistaneen kutuaan Englannissa (AmphibiaWeb 2008, Beebee 1995).

Poikkeukselliset sääolosuhteet, etenkin kuivuuden lisääntyminen, näyttävät olevan merkittävä tekijä sammakkoeläinten vähenemisessä. Sammakoeläinten sukupuuttojen ja vähenemisen taustoja selvittävien tutkimusten perusteella on havaittu ainakin seuraavaa: Brasiliassa vuosien 1979–1982 poikkeukselliset pakkaset aiheuttivat viiden lajin häviämisen ja kuivat talvet pienentivät kantoja merkittävästi, Itä-Australiassa kuivat talvet ovat heikentäneet sademetsäjoissa asuvien sammakoeläinten kantoja merkittävästi, Pohjois-Amerikassa leopardisammakko hävisi kuivuuden takia, kuivien kausien pidentyminen on vähentänyt Puerto Ricossa useiden sammakoiden kantoja, Costa Ricassa yläkömetsien kuivuus (engl. dry mist) on pienentänyt sammakoeläinkantoja ja lajilukumäärää (AmphibiaWeb 2008 viitaten: Heyer *et al.* 1988, Weygoldt 1989, Ingram 1990, Laurence 1996, Corn & Fogleman 1984, Steward 1995, Pounds *et al.* 1999).

Readingin (2007) mukaan ilmaston lämpeneminen on heikentänyt rupikonnanaaraiden kuntoa ja pienentänyt niiden kokoa. Leutojen talvien aikana naarailta kuluu horrostamisessa tai osittaisessa horrostamisessa enemmän energiavaroja kuin

kylminä talvina. Energian poikkeuksellinen kuluminen heikentää yksilöiden kuntoa ja pienentää niiden kokoa, jotka puolestaan vaikuttavat siihen kuinka hyvin yksilöt saavat täydennettyä energiavarojaan seuraavana keväänä ja kesänä. Leutojen talvien aikaansaama naaraiden pienempi ruumiinkoko on pienentänyt munien lukumäärää. Ilmaston lämpeneminen on siis pienentänyt yksilöiden mahdollisuuksia selvitä hengissä talven yli.

Ilmastonmuutoksen aiheuttamat poikkeukselliset sääolosuhteet aiheuttavat monenlaisia ongelmia rupiliskoille:

- vähän lunta (esim. 2007) – vähemmän sulamisvettä keväällä – vähemmän vettä lammessa – lammen aikaisen kuivumisen riski kasvaa – toukkien kuolleisuus kasvaa
- vähän lunta ja erittäin kuiva kevät (esim. 2009) – lampien vedenpinta oli toukokuun lopussa tasolla, joka on normaalia elokuun alulle – aikaisen kuivumisen riski kasvaa, vesikasveihin munitut munat kuivuvat veden pinnan laskiessa



Lampien liian aikainen kuivuminen on tällä hetkellä suurin uhkatekijä suomalaisille rupiliskoille. Kuvassa elokuun alussa kuivunut lampi. Lammen pohjalla oli noin 300 kuollutta toukkaa.



Lokakuun toukat vuodelta 2008. Lampi kuivui vasta lokakuussa, mutta viileä kesä oli hidastanut toukkien kasvua niin paljon, että lammen pohjalle kuoli sadoittain toukkia.

- vähän lunta alkutalvella kovien pakkasten aikaan (tammikuu 2009) – routa yltää syvälle maahan rupiliskojen talvehtimispaikkoihin – väliä kuolema
- viileä kesä (esim. 2008) – toukat kehittyvät hitaasti, ja talvehtivat lammessa – jos lammi jäätyy kokonaan, toukat kuolevat
- kuiva kesä (esim. 2007) – lammet kuivuvat nopeasti – toukat kuolevat, jos lammi kuivuu ennen muodonvaihdosta
- kuiva syksy (esim. 2008) – lammet kuivuvat syksyllä, kun lammessa on vielä myöhään munitut ja kuoriintuneet toukat
- lämmin talvi (esim. 2007) – horroksen laatu on heikompaa ja energiaa kuluu enemmän, jos lämpötila on suurempi – keväällä yksilöiden kunto on heikompi ja ruumiin koko pienempi, naaraat tuottavat vähemmän munia

- aikainen kevät - rupiliskot lopettavat talvehtimisen aikaisin keväällä ja siirtyvät lammiin – mahdollinen takatalvi aiheuttaa tuhoa munille ja mahdollisesti aikuisille

Yhteen vuoteen sattuvat useammat poikkeukselliset sääolot voivat olla yhteisvaikutuksiltaan tuhoisia, varsinkin kun uhiin lisätään tavallista korkeampi UV-B -säteilyn määrä sekä elinympäristössä esiintyvät taudit ja kemikaalit.

#### 4.3

### Otsonikato

Otsonikadosta johtuvalla auringon ultravioletti-säteilyn (UV-säteily) lisääntymisellä on erityisen haitallisia vaikutuksia sammakkoeläimille, koska niillä ei ole ihon suojana karvoja, höyheniä tai suomuja. UV-säteily on ollut eliöiden merkittävä stressitekijä koko evolutionaarisen ajan, tulivuorenpurkaukset voivat aiheuttaa tilapäistä otsonika-

toa. (Cockell 2001) UV-säteily jaetaan kolmeen ryhmään aallonpituuden mukaan. UV-A (315-400 nm) on pienienergistä säteilyä, joka ei absorboitu eliöihin tehokkaasti, eikä siten aiheuta suuria vaurioita. UV-B säteilyä (280-315 nm) sammakkoeläimet absorboivat tehokkaasti. UV-B -säteily hidastaa yksilöiden kasvua, tuhoaa immuunijärjestelmää, aiheuttaa solukuolemia ja mutaatiota. UV-C -säteily (alle 280 nm) on eliöiden kannalta vaarallisinta, korkeaenergistä säteilyä, mutta UV-C imeytyy tehokkaasti yläilmakehän hapteen.

UV-B -säteily aiheuttaa sammakkoeläinten toukkille vakavia soluvaurioita ihon verisuonettomassa kudoksetuksessa (lisätietoja ihosta kappaleessa 3.4.3 Morfologia), joka lisää kuolleisuutta. UV-B -säteilyn vaikutuksesta epiteelisolut ja niiden tumat turpoavat. Turpoaminen johtaa solujen rikkoutumiseen, kun säteilylle altistuminen jatkuu. Samanlaisia soluvaurioita tulee myös kidusten epiteelisoluihin (Nagl *et al.* 1997).

Alppivesiliskon toukkien on havaittu muuttavan uintikäyttäytymistään ennalta arvaamattomaksi UV-B -säteilylle altistettuina, jonka johdosta toukat

saattavat päätyä kasvillisuuden sekaan tai syvemmälle lampeen, jossa säteilyn vaikutus pienenee merkittävästi. Alppivesiliskojen suojana luontaisessa ympäristössä on myös lampiin liuennut orgaaninen hiili. UV-säteilystä 90 % absorboituu (hiili sitoo säteilyn itseensä) tällaisissa humuspitoisissa olosuhteissa muutaman ensimmäisen senttimetrin aikana. Kirkasvetisissä lammissa UV-B -säteily ulottuu pohjaan saakka. Tällaiset lammet eivät sovellu alppivesiliskoille (Nagl *et al.* 1997). Myös Garcia *et al.* (2004) havaitsi kahden salamantelilajien toukkavaiheen muuttavan uintikäyttäytymistään UV -säteilylle altistettuna. UV -säteilyn lisääntyessä toukat hakeutuivat varjoisiin suojapaikkoihin ja syvemmälle veteen. Myös toukkien pigmentin määrä lisääntyi eli ne muuttuivat tummemmiksi. UV -säteily aiheuttaa tumman melaniin leviämisen pigmenttisoluihin. Lisääntynyt pigmentaatio puolestaan suoja UV-B -säteilyltä.

Yhdysvaltojen Oregonin vuoristolammissa UV-B säteilyn määrä puoliintuu puolen metrin syvyydessä ja metrin syvyydessä siitä on enää jäljellä noin viidesosa. Erittäin kuivat vuodet aiheuttavat



Talvi 2008–2009 oli vähäluminen ja kevät 2009 kuiva, Öllölän alueen sademäärä jäi alle puoleen normaalista. Tämän johdosta useiden lampien veden pinta oli toukokuun lopulla jo sellaisella tasolla, jossa se on normaalisti vasta elokuussa.

lisääntymislampien veden pinnan laskua, joka altistaa sammakkoeläinten alkioita UV-B -säteilylle entistä enemmän. UV-B-säteilyn aiheuttamat muutokset alkioissa puolestaan lisäävät munakuolleisuutta aiheuttavan *Saprolegnia ferax* -taudin leviämismahdollisuuksia (Kiesecker *et al.* 2001). Laboratorio-olosuhteissa UV-altistus aiheutti *Rana pipiens* -toukissa jo 24 päivän kuluttua erilaisia takaraajojen epämuodostumisia (Ankley *et al.* 1998).

UV-säteilyn tiedetään muuttavan joitain kemikaaleja entistä toksisimmiksi. Tällaisia valotoksisia (UV-valon vaikutuksesta aktivoituva myrkyllisyys) yhdisteitä ovat mm. polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) (Bowling *et al.* 1983). UV-säteilyenergia siirtyy PAH-yhdisteeseen, jossa tapahtuu valotoksisia hapetus-pelkistysreaktioita, jotka aiheuttavat välittömästi solukuolemia. Erittäin ongelmalliseksi valotoksisen reaktion sammakkoeläimille tekee se, että monet hydrofobiset (vettä karttava) toksiinit kerääntyvät vesieläinten kudoksiin. Tämän jälkeen toksiset yhdisteet voivat vielä tulla entistä myrkyllisimmiksi valotoksisuudesta johtuen (Huovinen 2000).

UV-B -säteilyn on todettu lisäävän kuolleisuutta sammakolla ja viitasammakolla, joskin eri ikävaiheessa. Molempien lajien toukilla UV-B -säteily vaikutti kumulatiivisesti ja riippui altistuksen määrästä (Koponen 2007). UV-B -säteilyllä on todettu olevan tuhoisampia vaikutuksia kylmissä vesissä, aiheuttaen kehityshäiriöitä alkioille ja toukille. Kylmissä olosuhteissa sammakkoeläinten entsyymitoiminta hidastuu. Entsyymitoiminnan hidastuminen hidastaa myös fotolyaasi-entsyymin toimintaa. Fotolyaasi pystyy korjaamaan UV-B -säteilyn aiheuttamia DNA-vaurioita. Kehityshäiriöiden johdosta mm. toukkien kyky nopeisiin uintiliikkeisiin heikkenee. Kyky nopeisiin liikkeisiin on erittäin tärkeä ominaisuus saalistettaessa ja petoja paettaessa. Kylmissä ilmasto-olosuhteissa elävien sammakkoeläinten voidaan olettaa olevan suurimmassa riskissä UV-B -säteilyn haittavaikutusten suhteen (Van Uitregt *et al.* 2007).

#### 4.4

### Taudit

Ilmastonmuutoksella on todennäköisesti myös epäsuoria vaikutuksia sammakkoeläinten populaatioihin. Paikalliset muutokset voivat heikentää sammakkoeläinten puolustuskykyä, jolloin taudinaiheuttajat toimivat tehokkaasti. Myös taudinaiheuttajat voivat hyötyä ilmastonmuutoksesta. Sammakoeläinten taudinaiheuttajia ovat mm.

*Batrachochytrium dendrobatidis* -sieni, ranavirus ja *Saprolegnia* sp. -sieni (Daszak *et al.* 2003).

*Batrachochytrium dendrobatidis* -sieni, kytridiomykoositautin aiheuttaja, hyötyy selvästi ilmaston lämpenemisen aiheuttamista korkeammista yölämpötiloista ja kosteista päivistä (Pounds *et al.* 2006). *B. dendrobatidis* kasvaa parhaiten 17–25 asteessa ja kuolee 30 asteessa (Piotrowski *et al.* 2004). Sieni on todennäköisesti peräisin eteläisestä Afrikasta, josta se tavattiin ensi kerran vuonna 1938. Tauti rupesi leviämään afrikankynsisammakoilla käydyin kansainvälisen kaupan kautta kaikkiin maanosiin. Afrikankynsisammakkoa käytettiin raskaustestinä, koska raskaana olevan naisen virtsassa olevat gonadotrooppiset hormonit saavat afrikankynsisammakolla aikaan ovulaation. Afrikankynsisammakkoa on käytetty myös immunologisissa, alkionkehityksen ja molekyylibiologian tutkimuksissa ympäri maailmaa (Weldon *et al.* 2004).

Tällä hetkellä kytridiomykoositautia on löydetty 14 eri sammakkoeläin lahkosta, 93 eri lajista (Daszak *et al.* 2003, Speare *et al.* 2008). Lähimmät *B. dendrobatidis* esiintymät ovat tällä hetkellä Saksassa, mutta ilmastonmuutoksen myötä lajit, loiset ja taudinaiheuttajat mukaanlukien, leviävät kohti pohjoista (Speare *et al.* 2008). *B. dendrobatidis* selviää ja lisääntyy myös kylmissä olosuhteissa. Sitä on löydetty myös Yhdysvaltojen Kalliovuorilta, alueilta, jotka ovat talvikuukausina lumen peitossa (Daszak *et al.* 1999).

Ranavirukset kuuluvat Iridoviridae -heimoon. Ne aiheuttavat kuolleisuutta kaloissa, matelijoissa ja sammakkoeläimissä. Virusta on tavattu Australiassa, Euroopassa, Aasiassa ja Amerikassa. Ranaviruksen oireina esiintyy ihon punertumista, pistemäistä verenvuotoa iholla, haavaumia, verenvuotoa suusta, kloakista, kuolioita raajoissa, veltoutta ja kuihtumista. Tautia esiintyy normaalisti kesäkuusta elokuuhun (Evara 2008b, Daszak *et al.* 2003). Elintarviketurvallisuusvirasto (Evara) keräsi kesällä 2008 ja 2009 havaintoja sammakoiden kuolleisuudesta Suomessa. Otokoko jäi pieneksi, mutta saatujen tulosten perusteella ranavirusta ei vielä löydetty Suomessa. Lähimmät löydöt ovat Tanskasta (Evara 2008a). Evirassa oli tutkittavana kesällä 2009 myös eräältä Joensuun lammelta löytynyt kuollut rupilisko. Yksilö tutkittiin soluviljely- ja PCR-menetelmällä, mutta viruksia ei havaittu.

*Saprolegnia* -suvun sieniin kuuluva vesihome aiheuttaa kuolleisuutta sammakkoeläinten munissa ja sen oletetaan vaikuttaneen kahden sammakko-lajin kantojen laskuun Yhdysvalloissa. Kyseisissä tapauksissa kantojen pienentyminen on ollut seurausta vesihomeen, ilmastonmuutoksen ja UV-B -säteilyn yhteisvaikutuksesta (Daszak *et al.* 2003, Kiesecker *et al.* 2001).



Heikkokuntoinen, vaivalloisesti liikkuva, vanha rupiliskonaaras tulossa lammesta pois viimeistä kertaa. Vilkkuluomi on jo puolittain kiinni.

#### 4.5

### Kemikaalit

Sammakkoeläimet ovat tärkeitä indikaattorilajeja elinympäristön kemikalisoitumisesta. Sammakkoeläimet altistuvat vierasaineille maalla ja vedessä, sammakkoeläimillä on merkittävä rooli ravintoketjussa, ne reagoivat herkästi vierasaineisiin ja toisaalta niiden toukkavaiheen aikana maataloudessa käytetään torjunta-aineita. Luonnonoloissa sammakkoeläimet altistuvat monille kemikaaleille samanaikaisesti, jolloin kemikaalien yhteisvaikutus tehostaa kemikaalien haittavaikutuksia. Esim. torjunta-aineet ja saalistus aiheuttavat ainoastaan pientä kuolleisuutta erikseen tarkasteltuna, mutta kun vierasaineet ja saalistus vaikuttavat samanaikaisesti, niin sammakkoeläinten kuolleisuus nousee jyrkästi. Luonnossa kyse on juuri monien tekijöiden yhteisvaikutuksesta, jolloin jo pienet, sinänsä vaarattomina pidetyt, vierasainepitoisuu-

det voivat nostaa kuolleisuutta jopa monikymmenkertaiseksi (Rohr *et al.* 2006, Koponen 2007, Relyea 2003).

Monet tuholaismyrkyt aiheuttavat sammakkoeläinten toukilla kehityshäiriöitä. Atratsiini (maataloudessa käytetty tuholaismyrkkyy) aiheuttaa *Rana pipiens* -lajin sukupuolielinten kehityshäiriöitä varhaisessa kehitysvaiheessa ja tuottaa hermafrodiitteja yksilöitä jo pieninä pitoisuuksina. Kemikaali aiheutti jopa oosyyttien eli munasolujen kasvua hitaasti kehittyville koiraille (Hayes *et al.* 2003). Metopreeni aiheuttaa samalle lajille tuokkavaiheessa merkittäviä kehityshäiriöitä pään alueella, päätukirangassa ja pyrstössä (Ankley *et al.* 1998). Samanaikainen UV-B- ja bisfenoli-A-altistus aiheuttaa suurina annoksina kehityshäiriöitä ja lisääntynyttä kuolleisuutta sammakon alkioissa. Viitasammakon varhaiset alkiovaiheet kestävät UV-B-säteilyä paremmin kuin sammakon, mutta myöhemmissä alkioiden kehitysvaiheissa tilanne kääntyy päinvastaiseksi (Koponen 2007).

## 5 Uhanalaisuus

Suomen ensimmäisessä uhanalaisuusarvioinnissa (Rassi *et al.* 1986) rupilisko luokitellaan vaarantuneeksi lajiksi, jonka populaatioiden säilyminen Suomessa on epävarmaa ja josta tulee erittäin uhanalainen, jolle uhkatekijöitä poisteta. Uhkatekijöinä mainitaan mm. esiintymien pienuus, joka altistaa lajin ympäristömuutoksille. Myös rupiliskon leviämiskyky todetaan huonoksi, jolloin paikallinen häviäminen voi jäädä pysyväksi. Mahdollisiksi uhkatekijöiksi luotellaan myös lammikoiden kuivattaminen, veden likaantuminen, kalojen istutukset, maarakennus ja etenkin Ahvenanmaalla maansiirtotyöt. Arvioinnissa huomioitiin, että lajin esiintymisalue oli todennäköisesti tunnettua laajempi. Seuraavassa, vuoden 1990, uhanalai-

suusarviossa (Rassi *et al.* 1992) uhanalaisuusluokka säilyi vaarantuneena. Lajin levinneisyysalue oli Kaakkois-Suomessa varmistunut hieman aiemmin tunnettua laajemmaksi. Uhanalaisuuden syiksi luotellaan ojitus, turpeenotto ja vesien rakentaminen. Vuoden 2000 uhanalaisuusarvioinnissa (Rassi *et al.* 2001) rupilisko on edelleen pysynyt vaarantuneena. Uhanalaisuuden syiksi luotellaan aikaisempaan tapaan ojitus, turpeenotto ja vesien rakentaminen.

Seuraavassa arvioidaan rupiliskon uhanalaisuutta rupiliskon suojeluhankkeen aikana kertyneen tiedon valossa. Arvio tehdään Mannerkosken *et al.* (2007) ohjeiden mukaan soveltuvia kriteereitä käyttäen.

### Kriteeri A, populaation pieneneminen

Sukupolven määrittelyyn Mannerkoski *et al.* (2007) antaa monia vaihtoehtoja. ”Sukukypsyysikä + 0.5 x (lisääntymisjakson pituus elämänkierrossa)” -kaavan mukaan sukupolven pituudeksi tulee kymmenen vuotta Hagströmiin (1979) nojaten: 5 v. + 0,5 x 10 v. Jos käytetään määritelmää ”1/aikuiskuolleisuus + ensimmäisen lisääntymisen ikä” saadaan em. tutkimukseen nojautuen sukupolviväliksi reilut kuusi vuotta. Hagström itse laskee keksimääräiseksi lisääntymisiäksi 7,8–9,5 vuotta. Käytettävissä olevien tietojen perusteella rupiliskon sukupolvi on 6–10 vuotta.

Kolmen sukupolven mittainen aika on siten 18–30 vuotta. Jos näistä määritelmistä valitaan pisin, niin kriteerin mukainen kolmen sukupolven mittainen tarkastelu ulottuu vuodesta 2009 vuoteen 1979. Soiden ojitaminen on tuhonnut habitaatteja ja sen mukana lisääntymiskykyisiä populaatioita aina 1990-luvun loppuun saakka, jolloin vähenemisen voi olettaa olleen jatkuvaa. Huippuvuosina 1969 ja 1970 soita ojitettiin noin 3 000 km<sup>2</sup> vuodessa (Metsäntutkimuslaitos 1998). Suohabitaattien väheneminen on ollut siis voimakasta 1990-luvun loppuun saakka ojituksen aiheuttamien muutosten seurauksena.

Kriteeristä A rupiliskon uhanalaisuuden arviointiin voidaan soveltaa kohtaa A1c. Kolmen sukupolven aikana esiintymisalue on pienentynyt ja habitaattien laatu on huonontunut. Populaation pienentyminen on päätelty habitaatin laadun todetun huonontumisen ja siihen liittyvän esiintymisalueen pienentymisen perusteella. Populaation voisi epäillä pienentyneen yli 50 % mainittuna ajanjaksona, mikä johtaa uhanalaisuusluokkaan VU. Esiintymäkohtaisten seurantatietojen puuttuessa varmuutta pienenemisen suuruusluokasta ei kuitenkaan ole.

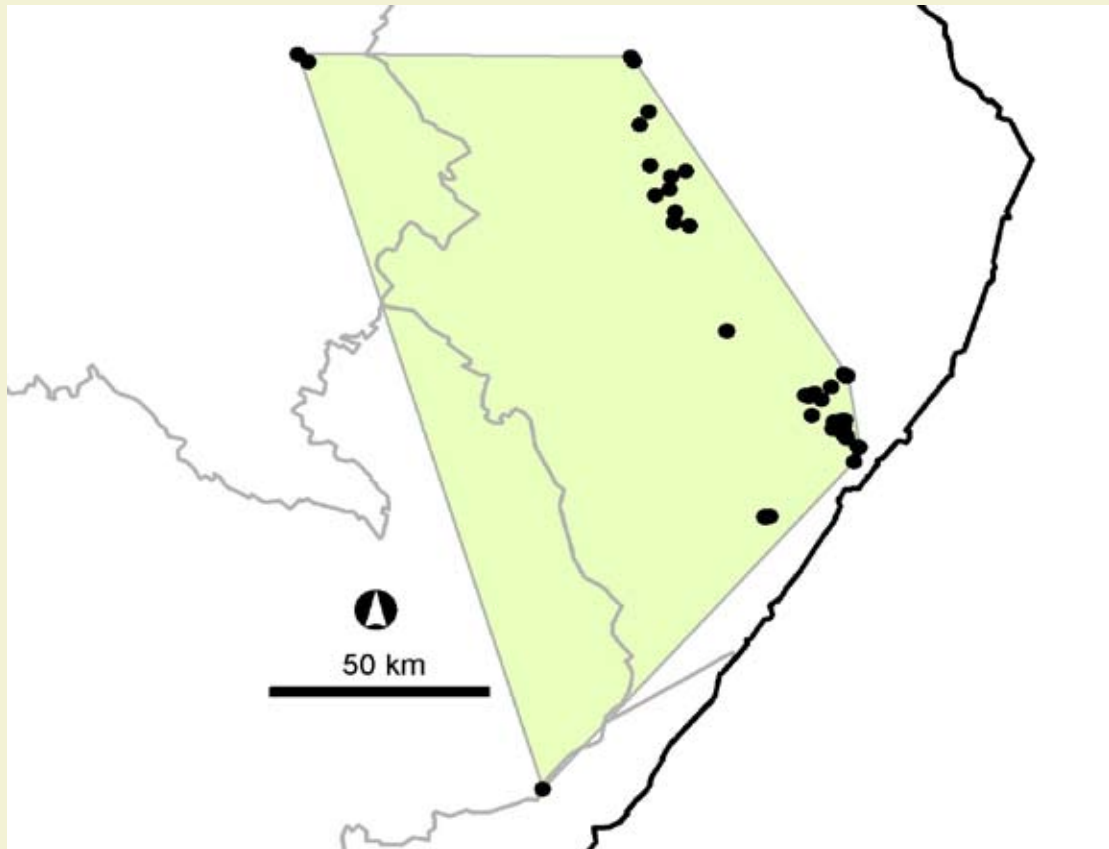


**Kriteeri B**, levinneisyysalueen koko (B1) tai esiintymisalue koko (B2) ja lisäksi kaksi seuraavista kohdista tulee täyttyä:

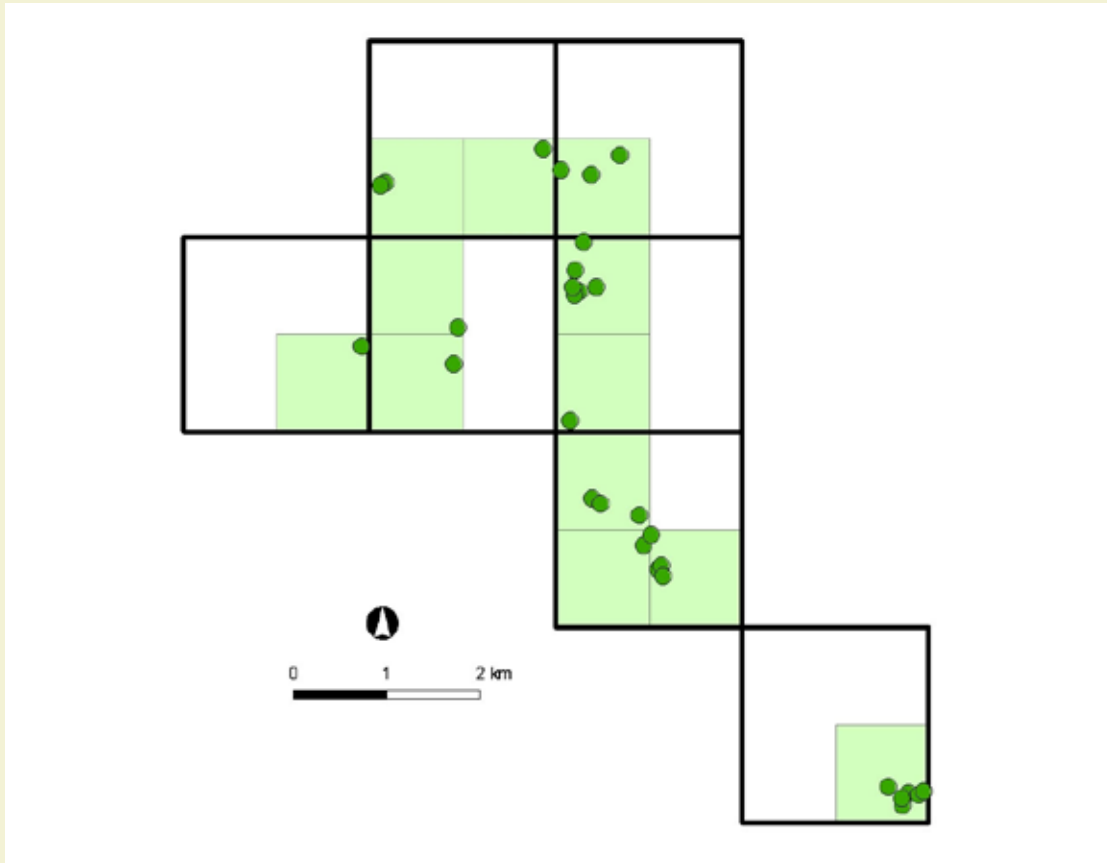
- a) esiintyminen on voimakkaasti pirstoutunut tai tietty määrä esiintymiä
- b) jatkuva taantuminen levinneisyysalueessa, esiintymisalueessa, habitaattien määrässä/laadussa, esiintymien/paikallispopulaatioiden määrässä tai lisääntymiskykyisten yksilöiden määrässä
- c) erittäin suuret vaihtelut levinneisyysalueessa, esiintymisalueessa, esiintymien/paikallispopulaatioiden määrässä tai lisääntymiskykyisten yksilöiden määrässä.

Levinneisyysalue (B1) sisältää kaikki tunnetut nykyesiintymät pienimpänä mahdollisena monikulmiona, jonka kulmat eivät ylitä 180 astetta. Rupiliskon tapauksessa Ahvenanmaa ja Manner-Suomi mitataan erikseen ja lasketaan yhteen molempien alueiden pinta-ala, jolloin saadaan levinneisyysalueen pinta-ala Suomessa. Rupiliskon levinneisyysalue on Hertta-tietokannan mukaan Ahvenanmaalla 3 800 km<sup>2</sup> ja Manner-Suomessa LIFE Luontohankkeen kartoitusten perusteella 12 800 km<sup>2</sup> (kartta 1). Tällöin rupiliskon levinneisyysalue on Suomessa yhteensä 16 600 km<sup>2</sup>. Levinneisyysalueen luokittelun mukaan vaarantuneen lajin kriteeri (levinneisyysalue alle 20 000 km<sup>2</sup>) täyttyy.

Esiintymisalue (kriteeri B2) puolestaan sijaitsee levinneisyysalueen sisällä. SYKE:n luontodirektiivilajien suojelutasoraportissa käytetään asuttujen yhden km<sup>2</sup> ruutujen määrää. Tämän kokoinen alue on ekologisesti mielekäs rupiliskoa ajatellen. Tällä alueella tapahtuu kyseisen



Kartta 1. Rupiliskon levinneisyysalue Manner-Suomessa.



Kartta 2. Rupiliskolammet sijaitsevat usein lähellä toisiaan, kartassa on esimerkkinä Öllölän populaation ydinalue. Kartalla on 30 lisääntymislampea (vihreät ympyrät, osittain päällekkäin). Nämä lammet sattuvat kahdenoista 1 x 1 km ruudun sisään (vihreät ruudut). Kun ruutukokoa kasvatetaan 2 x 2 km kokoiseksi (mustat kehukset) kyseiset 30 lampea ovat seitsemän ruudun alueella.

lammen rupiliskojen lisääntyminen, ruokailu, saalistus ja talvehtiminen. Ainoastaan harhailijat tai muualle muuttajat liikkuvat pidemmälle. Usein rupiliskolammet ovat lähellä toisiaan muutaman lammen ryppäinä, jolloin yhteen ruutuun tulee useampia lampi (kartta 2, vihreät ruudut). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Manner-Suomen 70 tunnettua lisääntymislampea sopivat 43 km<sup>2</sup> alueelle. Ahvenanmaalta tunnetaan 28 lampea, jotka ovat kaikki eri ruuduissa, etäällä toisistaan eli rupiliskon esiintymisalue on Ahvenanmaalla 28 km<sup>2</sup>. Tällöin koko Suomen esiintymisalueen kooksi tulee 43 km<sup>2</sup> + 28 km<sup>2</sup> = 71 km<sup>2</sup>.

Kun ruutukokoa kasvatetaan siten, että ruudun sivut ovat kaksi kilometriä pitkiä (kartta 2, mustat kehukset), niin Manner-Suomen lammet mahtuvat 34 ruudun sisälle ja Ahvenanmaan lammet 27 ruudun sisälle. Näin ollen kaikki Suomen lisääntymislammet mahtuvat 61 ruudun sisälle, kun ruutukoko on 2 x 2 km. IUCN:n ohjeistuksen mukaan erittäin uhanalaisen lajin esiintymisalue on alle 500 km<sup>2</sup>.

Esiintymisaluekriteeriin B sisältyy myös lisäehto, jonka mukaan vähintään kaksi edellä mainituista kohdista a–c tulee täyttyä. Rupiliskon esiintyminen on nykytiedon valossa erittäin pirstoutunutta populaatioiden sisällä ja niiden välillä, jolloin kohdan a) ehdot täyttyvät. Kohtaa b) voidaan lähestyä habitaattien laadun ja määrän vähenemisen kautta. Tiedämme, että soiden ojittaminen on sekä tuhonnut habitaatteja että heikentänyt jäljelle jääneiden laatua (ks. kriteeri A). Kohdassa b) on huomioitava myös ilmastonmuutoksen vaikutukset. Ilmastonmuutoksen

seuraksena tapahtuva tuulisuuden lisääntyminen, mahdollinen kesien kuivuminen ja lumen määrän väheneminen vaikuttavat kaikki yhdessä siihen, että yhä suurempi osa lisääntymislammista tulee kuivumaan entistä aikaisemmin. Populaatioiden taantuminen tulee jatkumaan, vaikka aiheuttaja vaihtuukin. Kohdan b) kolmas kohta siis täyttyy.

Kriteerin B mukaan luokiteltuna rupilisko täyttää erittäin uhanalaisen lajin kriteerit.

**Kriteeri C**, pieni ja jatkuvasti taantuva populaatio: Populaatiokoko määritellään lisääntymiskykyisten yksilöiden perusteella. Äärimmäisen uhanalaisilla lajeilla lisääntymiskykyisiä yksilöitä on alle 250, erittäin uhanalaisilla alle 2 500 ja vaarantuneilla alle 10 000. Edellä mainitun pienen populaatiokoon lisäksi lajin on vielä täytettävä joko C1- tai C2 -kriteeri. C1:n mukaan arvioitu jatkuva väheneminen on äärimmäisen uhanalaisilla lajeilla 25 % kolmen vuoden tai yhden sukupolven aikana, erittäin uhanalaisilla 20 % viiden vuoden tai kahden sukupolven aikana ja vaarantuneilla 10 % kymmenen vuoden tai kolmen sukupolven aikana.

C2:n mukaan a) lisääntymiskykyisiä yksilöitä suurimmassa paikallispopulaatiossa on äärimmäisen uhanalaisilla alle 50, erittäin uhanalaisilla alle 250 ja vaarantuneilla alle 1 000 tai b) koko populaation yksilöiden osuus yhdessä paikallispopulaatiossa on äärimmäisen uhanalaisilla 90–100 %, erittäin uhanalaisilla 95–100 % ja vaarantuneilla 100 % tai c) erittäin suuret vaihtelut lisääntymiskykyisten yksilöiden määrässä.



Rupiliskojen pullopyynti on luvanvaraista ja vaatii suurta huolellisuutta. Pyydysten on oltava hyvälaatuisia, ne on osattava sijoittaa oikein ja ne on koettava säännöllisesti.

Rupiliskojen yksilömäärästä ei ole tarkkoja arvioita Suomesta. Kesän 2008 aikana rupiliskon suojeluhankkeessa tehtiin selvitys lisääntymisikäisten rupiliskojen määrästä muutamassa lammessa Öllölän alueella. Menetelmä perustuu pyynti-merkintä-jälleenpyynti menetelmään, jossa merkintää vastaa mahakuvion kuvaaminen. Selvityksen aikana pyydettiin 106 yksilöä, mutta yhtäkään yksilöä ei saatu kiinni uudelleen. Selvityksen aikana sääolosuhteet olivat erityisen huonot, vesi pysyi kylmänä pitkälle kesään, kesäkuussa oli vielä pakkastakin, joka vaikutti rupiliskojen liikkumisaktiivisuuteen. Lisäksi lampikohtaiset pyyntivälit olivat liian pitkiä.

Pullopyydysten pyyntitehoa on selvitetty monissa eri tutkimuksissa (Karlsson 2004, Otrmann *et al.* 2006, Griffiths *et al.* 1994). Saaduissa tuloksissa on merkittäviä eroja, tulokset vaihtelevat 0,3 ja 83 % välillä. Pyyntitehoon vaikuttavat monet tekijät: pyyntiaika, veden lämpötila, pullopyydysten määrä, lammen koko ja rantaviivan pituus.

Ruotsissa tehtyjen populaatiokokolaskentojen mukaan (Malmgren 2007) kannat voivat olla jopa tuhannen yksilön kokoisia, yleisemmin kuitenkin 100–300 lisääntymisikäistä yksilöä lampea kohden. Suomalaiset lammet ovat niukkaravinteisempia, joten sadan yksilön lammen voidaan olettaa olevan suomalaisittain jo verraten suuri. Kriteeriä C ajatellen on nykytiedon varassa pääteltävissä, että Suomessa tunnettujen lisääntymislampien lisääntymiskykyisten yksilöiden lukumäärä on alle 10 000 yksilöä. Monet lisääntymislammista ovat hyvin pieniä eikä lisääntyminen onnistu niissä joka vuosi. Tällöin kriteerin C alkuoletus täyttyy vaarantuneen lajin osalta. Tämän lisäksi tuli joko kriteerin C1 tai C2 täyttyä.

Kohdan C1 mukaan vaarantuneen lajin arvioitu jatkuva väheneminen kolmen sukupolven aikana on 10 %. Tämä oletamus täyttyy (vrt. kriteeri A). Jolloin Kriteerin C mukaan rupilisko täyttää vaarantuneen lajin kriteerit.

#### **Yhteenveto rupiliskon uhanalaisuudesta**

A1c → vaarantunut (VU)

B2a,b<sub>iii</sub> → erittäin uhanalainen (EN)

C1 → vaarantunut (VU)

Nykyisin rupilisko luokitellaan vaarantuneeksi (Rassi *et al.* 2001) lajiksi. Lajin sijoittuminen korkeampaan uhanalaisuusluokkaan kertoo suuremmasta sukupuuttoriskistä. Mannerkoski *et al.* (2007) mukaan vaarantuneeksi luokitellaan laji, johon kohdistuu luonnossa korkea häviämiskäsi. Edellinen luokitus perustuu kriteereihin B1 + 2c ja C2a, jotka ovat hieman erilaisia kuin uudemmat edellä käsitellyt kriteerit. B1 tarkoittaa esiintymien voimakasta pirstoutumista ja 2c tarkoittaa habitaattien määrän/laadun jatkuvaa taantumista. C2a tarkoittaa, että missään paikallispopulaatiossa ei ole yli 1 000 lisääntymiskykyistä yksilöä. Nyt tehdyn tarkastelun perusteella rupilisko on luokiteltavissa erittäin uhanalaiseksi lajiksi (EN): B2a,b<sub>iii</sub>.

Rupiliskon suojeluhankkeen aikana kertynyttä maastohavaintoaineistoa käytettiin myös direktiivilajien suojelutasoraportoinnissa EU:lle. SYKE:n mukaan rupiliskon suotuisan levinneisyysalueen arvioitiin vastaavan lajin nykyistä kaksiosaista levinneisyyttä maassamme. Ahvenanmaalla ja Manner-Suomen osa-alueilla tunnetaan molemmissa useita populaatioita. Rupiliskon levinneisyystiedon laatua voidaan pitää kohtalaisena LIFE Luonto-hankkeen kartoitusten ansiosta. Vuoden 2008 loppuun mennessä oli rupiliskon suojeluhankkeen toimesta tutkittu yhteensä 350 lampea, joista 70 lampea voidaan pitää lisääntymiseen soveliaina. Hankkeen seurannassa oli 39 lampea. Suomen vahvin rupiliskopopulaatio löytyy Joensuun Öllölästä.

## 6 Suojelutoimet

Tunnettuja rupiliskolampia on suojeltu Natura-alueina ja erityisesti suojeltavien lajien rajauspäätöksillä. Vuoden 2008 loppuun mennessä Pohjois-Karjalan ympäristökeskus on tehnyt kahdeksan rupiliskoa koskevaa erityisesti suojeltavan lajin rajauspäätöstä (yhteensä 20 ha). Rajauspäätöksiä on tehty Natura-verkoston ulkopuolisille alueille osoittamaan esiintymispaikan rajoja erilaisissa maankäyttötilanteissa. Natura -verkostoon kuuluu 28 lampea: Pohjois-Karjalassa Kangasvaaran-Kenraalinkylän lammet (15 ha) ja Heinävaaran-Kyykän lammet (3 ha). Lisäksi pieni osa-alue Värtsilänlaakson luontokokonaisuus sekä Pohjois-Savon Pisa-Kypäräinen Natura-alueesta ovat rupiliskon elinympäristöä.

Naturaan sisällytetyt lammet kuuluivat LIFE Luonto-hankkeeseen, jonka aikana 16 lammella tehtiin hoitotyötä. Hoitotyöt käsittivät kuusten harventamista lampien ympäristöstä. Osa kuusista karsittiin ja kasattiin. Näin luotiin rupiliskolle uusia ravinnonhankinta- ja piilopaikkoja. Hankkeen aikana kaivettiin kaksi uutta lampea Tohmajärven Patsolaan vanhan rupiliskolammen viereen. Patsolan vanhasta lammesta viimeiset rupiliskohavainnot ovat vuodelta 2000, jolloin lammesta pyydystettiin kahdeksan aikuista (Karvonen 2000). Entisessä lisääntymislammessa on vahva ruutanakanta. Rupiliskon suojeluhankkeen aikana lammessa tehtiin lisääntymisen seuranta vuosina 2004–2008, mutta yhtenäkkään vuonna lisääntyminen ei lammessa onnistunut.

Hankkeen aikana syvennettiin viittä lampea lapiotyönä. Kuivuneiden tai kuivumassa olevien lampien syvintä kohtaa syvennettiin noin 50 cm yhden neliömetrin alueelta. Syventämisellä oli välitöntä vaikutusta toukkien elämään, kymmenet toukat selvisivät muodonvaihdokseen saakka jo syventämisvuonna.

Tärkeä rupiliskon suojelutoimi hankkeen aikana oli myös lajista, sen elintavoista ja elinympäristövaatimuksista tiedottaminen. Tätä työtä kohdistettiin erityisesti maanomistajille ja metsätalouden toimijoille, jotta he voisivat ottaa rupiliskot huomioon jo metsänhoidon suunnitteluvaiheessa.



Lampien syventäminen onnistuu myös lapiopelillä, mutta työstä se käy.



Tohmajärven Patsolaan kaivettiin rupiliskon suojeluhankkeen aikana kaksi uutta lampea.

Hankkeen aikana tuli ilmi kaksi tapausta, jossa hakkuut uhkasivat rupiliskolampea ja sen ympäristöä. Toisessa tapauksessa lampi ja sen lähiympäristö rauhoitettiin rajaamalla kooltaan viiden hehtaarin suuruinen erityisesti suojeltavan lajin esiintymispaikka. Toisessa tapauksessa hakkuut saatiin soviteltua 40–50 metrin “suojavyöhykkeen” ulkopuolelle, tosin kesän 2009 aikaiset myrskyt kaatoivat aukon laidalta kymmeniä puita. Muutama kuusi ulottuu jopa lampeen saakka. Tuulenkaadot ovat rupiliskolle eduksi lahoppuuston ja piilopaikkojen lisääntyessä.

Elinympäristöjen hoito on ollut etupäässä lampia ympäröivien istutuskuusten poistamista. Kuusen poisto parantaa myös maaperän ominai-

suuksia, koska kuusen hapan karike köyhdyttää maaperää ja muuttaa pintakerroksen rakennetta ja kemiallista koostumusta. Tällöin hajotustoiminta heikkenee, selkärangattomille on vähemmän ravintoa ja rupiliskoille vähemmän selkärangattomia (Alanen *et al.* 1995).

Lajin suojelutoimia on tähän asti tehty rupiliskon suojeluhankkeen toimesta. Hoitotöiden tarve kuitenkin jatkuu hankkeen päätyttyäkin. Em. hankkeessa hoitotöiden pääpaino oli lampien välittömän lähiympäristön hoidossa. Jatkossa hoitotyöt tulevat keskittymään enemmän uusien elinympäristöjen luomiseen soita ja lampia ennallistamalla. Näillä töillä on eniten merkitystä ilmastonmuutokseen sopeutumisessa.



Keinotekoinen rupiliskosuoja. Kaadetut kuuset karsittiin ja pinottiin muutamassa hoitokohteessa lammen läheisyyteen.

## 7 Esiintymät ja niiden hoitotarve

### 7.1

#### Tausta

Tällä hetkellä Suomessa on kaksi eri tekijää, jotka uhkaavat rupiliskopopulaatioita: metsätalous ja ilmastonmuutos. Metsätalous muodostaa uhkan lisääntymislammelle, lammen läheisyydessä olevalle maahabitaatille ja lampien välialueelle, joka on oleellinen eri lampien välisessä geenivaihdossa. Lampien valuma-alueella tehdyt hakkuut heikentävät lampeen valuvan veden laatua, kun lampiin valuu kiintoainesta ja ravinteita. Lampien lähellä tehdyt hakkuut lisäävät lampiin tulevan auringonpaisteen määrää, tällöin vesi lämpenee nopeammin ja lammet saattavat kuivua liian aikaisin.

Tulevaisuudessa suurin uhka sammakkoeläimille johtuu ilmastonmuutoksen ja otsonikadon suorista ja epäsuorista vaikutuksista sekä niiden yhdistelmistä. Ilmaston lämpeneminen huonontaa horrostamisen laatua, jolloin talven yli selvinneet yksilöt ovat huonokuntoisempia ja pienempiä. Tällöin ne ovat alttiimpia ilmaston lämpenemisen mukanaan tuomille uusille taudeille. Horrostamiseen kuluu leutoina talvina enemmän energiaa, kuin kunnollisina talvina. Huono horrostaminen pienentää sammakkoeläinten ja siis myös rupiliskojen kokoa ja näin vaikuttaa myös naaraiden munien lukumäärään.

Jos lammen jäät lähtevät poikkeuksellisen aikaisin ja muninta alkaa jäiden lähtiessä normaaliin tapaan, niin riskinä on myöhemmin esim. huhnikuulla yllättävät pakkaset. Heikommat yksilöt ovat alttiita otsonikadon aiheuttamalle lisääntyneelle UV-B-säteilylle. Otsonikerroksen ohentuminen ja lisääntynyt UV-B-säteily aiheuttaa muutoksia munissa ja toukissa, joka puolestaan alentaa vastustuskykyä ja altistaa lajin taudeille. *Batrachochytrium dendrobatidis*-sieni ja muut taudinaiheuttajat leviävät pohjoisemmaksi ilmaston muuttuessa niille suotuisemmaksi. Vähäisempi

lumimäärä ja kuivat kesät vaikuttavat siihen, että lammissa on vähemmän vettä. Jo nyt seurannassa olevista lammista joka neljäs kuivui vuosittain. Jos lampi kuivuu, ennen kuin rupiliskot ehtivät muodonvaihdokseen saakka, koko sen vuotinen poikastuotanto tuhoutuu.

Tulevaisuudessa suojelutoimet tulee sovittaa myös ilmastonmuutoksen vaatimalla tavalla. Uusia lampia kaivettaessa tai entisiä kunnostettaessa on lampiin tehtävä yksi riittävän syvä kohta, koska UV-B säteilyn määrä noin puoliintuu puolen metrin syvyydessä ja metrin syvyydessä siitä on enää jäljellä noin viidesosa (Kiesecker *et al.* 2001). Suolampien ennallistamisen tai kaivamisen puolesta puhuu se, että humuspitoinen vesi imee itseensä tehokkaasti UV-B säteilyä (Wetzel 2001). Joissain tapauksissa voi olla myös mielekästä kaivaa uusia lampia suon ja kivennäismaa rajalle. Näin luodaan lampi, joka tarjoaa suojapaikan lisääntynyttä UV-B säteilyä vastaan. Suolammet ovat hyviä myös siinä mielessä, että ne ovat pysyviä lampia, kuivatkaan kesät eivät niitä kuivata. Lampia suunniteltaessa on otettava huomioon myös ilmansuunnat ja tehtävä myös varjoisia lampia, siten että vähintään lammen eteläreuna on suojainen. Näin varsinkin, jos lammesta ei voida tehdä syvää. Varjoisan lammen vesi lämpenee hitaammin ja myös haihtuu hitaammin. Lampien kuivuminen on jo nykyisin iso ongelma ja se tulee todennäköisesti vain pahenemaan.

Vastauksena ilmastonmuutoksen ja otsonikadon nostamille uusille lajisuojelukysymyksille on rupiliskoille oltava tarjolla monentyypisiä lisääntymishabitaatteja ja soveliaita maaelinympäristöjä lammen välittömässä läheisyydessä noin 50 metrin säteellä. Myös lampien välisen maaston laadulla on suurta merkitystä lajin säilymisen kannalta. Avohakkuu voi katkaista leviämisreitit. Lampien välistä kytkeytyneisyyttä voi parantaa esim. puuston kiertoaikaa pidentämällä, soita ennallistamalla ja uusia lampia kaivamalla.





Jäähyväiset – vesi kuivui liian aikaisin. Hoitotöitä tarvitaan, jotta kuvankaltaisia tilanteita ei tule vastaan.



Paras ajankohta hoitotöiden tekemiseen on keskitalvi, jolloin rupiliskot horrostavat.

## Esiintymäkohtainen hoito

Rupiliskon elinympäristöjen kunnostamisen ja populaatioiden seurannan tavoitteena on lajin säilyminen elinvoimaisena osana suomalaista lajistoa. Paikallisella, metapopulaatiotasolla tämä tarkoittaa lampien olemassa olon turvaamista ja niiden välisten yhteyksien pitämistä ennallaan. Maise-matasolla se tarkoittaa kunkin metapopulaation laitamilla olevien potentiaalisten, mahdollisesti entisten, elinympäristöjen kunnostamista rupiliskolle soveliaiksi. Käytännössä tämä tarkoittaa soiden ennallistamista ja lampien vesitalouden palauttamista kaivettuja laskuojia tukkimalla. Alue-tasolla pitää pyrkiä myös toistensa lähellä olevien metapopulaatioiden välisten yhteyden luomiseen rupiliskolle soveliaita elinympäristö ennallistamalla, populaatioiden välistä kytkettyneisyyttä parantamalla. Myös puuston kiertoajan pidentäminen parantaa rupiliskojen tilannetta.

Seuraavassa esitellään jokainen Manner-Suomen lisääntymislampi käymällä läpi mm. rupiliskojen suhteellinen kanta-arvio, lammen koko, rantatyyppi, uhkatekijät ja tarvittavat hoitotoimenpiteet. Lisäksi jokaisen populaation alueelta esitetään lukumääräisesti sellaisten LIFE Luontohankkeen aikana vierailtujen lampien lukumäärä, joilla on potentiaalia tulla rupiliskojen lisääntymislammiksi. Tällöin lammilta edellytetään kalattomuutta ja jonkin tasoista rehevyyttä. Tällaiset lammet ovat voineet muuttua hakkuiden tai ojitusten myötä, mutta oikeilla hoitotoimilla ne voivat toimia lisääntymislampina.

Hoitotoimet on tässä suunnitelmassa jaettu kahteen kiireellisyysluokkaan. *Kiireellisintä* hoitotarve on muutamassa lisääntymislammessa, niiden hoito on toteutettava ensimmäisen viiden vuoden aikana. *Toiseen kiireellisyysluokkaan* kuuluvat lammet, jotka erilaisilla hoitotoimenpiteillä voivat tulevaisuudessa toimia mahdollisina lisääntymislampina. Näiden lampien hoitotoimien toteutusmahdollisuus tulee selvittää 5–10 vuoden aikana. Nämä lammet ovat erittäin tärkeitä lisähabitatteja ilmastonmuutoksen vaikutusten pienentämisessä, habitatteja joilla on merkittävä vaikutus populaatioiden elinkelpoisuuteen säilymiselle. Rupiliskoille tulee tarjota erilaisia, toisistaan poikkeavia lisääntymislampimahdollisuuksia: tummavetisiä suolampia, syviä avoimia lampia ja varjoisia lampia rehevässä ympäristössä.

Hoitotyökiireellisyydeltään toiseen luokkaan kuuluvat myös jo umpeenkasvaneet supat, pienet suolaikut ja kosteat painanteet, varsinkin sellaisilla alueilla, jossa rupiliskokanta on heikko. Lisäksi jo-

kaisen populaation alueella on vielä käymättömiä lampia, ojitettuja soita ja painanteita, jotka kartta-tarkastelun perusteella voisivat olla mahdollisia lisääntymislampia tai niistä voisi tehdä sellaisia.

Yhtenä lajisuojelun keinona on myös lajin siirtoistutus. Englannissa on tehty Malmgrenin (2007) mukaan yli 200 rupiliskopopulaatioiden siirtoistutusta 1980-luvun alusta lähtien. Siirtoihin on ryhdytty, kun olemassa oleva lampi on suunniteltu hävitettäväksi rakentamisen alta. Siirtämisen pitkäaikaisia vaikutuksia on kuitenkin tutkittu varsin heikosti. Suomen oloissa tällaisiin siirtoihin ei ole toistaiseksi tarvinnut ryhtyä. Koko populaation siirtoa onkin pidettävä viimeisenä keinona populaation säilyttämiseksi.

Lajin suojelu onnistuu parhaiten paikan päällä lampia ja niiden lähiympäristöjä kunnostamalla. Hoitotoimet voidaan tehdä usein joustavasti ja kustannustehokkaasti metsätaloustoimien yhteydessä. Näin hoitoja on jo toteutettukin yhdessä metsänhoitoyhdistysten kanssa. Myös lampien vesitalouden parantamiseen tähtäävät luonnonhoitohankkeet on toteutettava tiiviissä yhteistyössä metsänhoitoyhdistysten ja maanomistajien kanssa.

### Yhteenveto toimista, jotka heikentävät lajia:

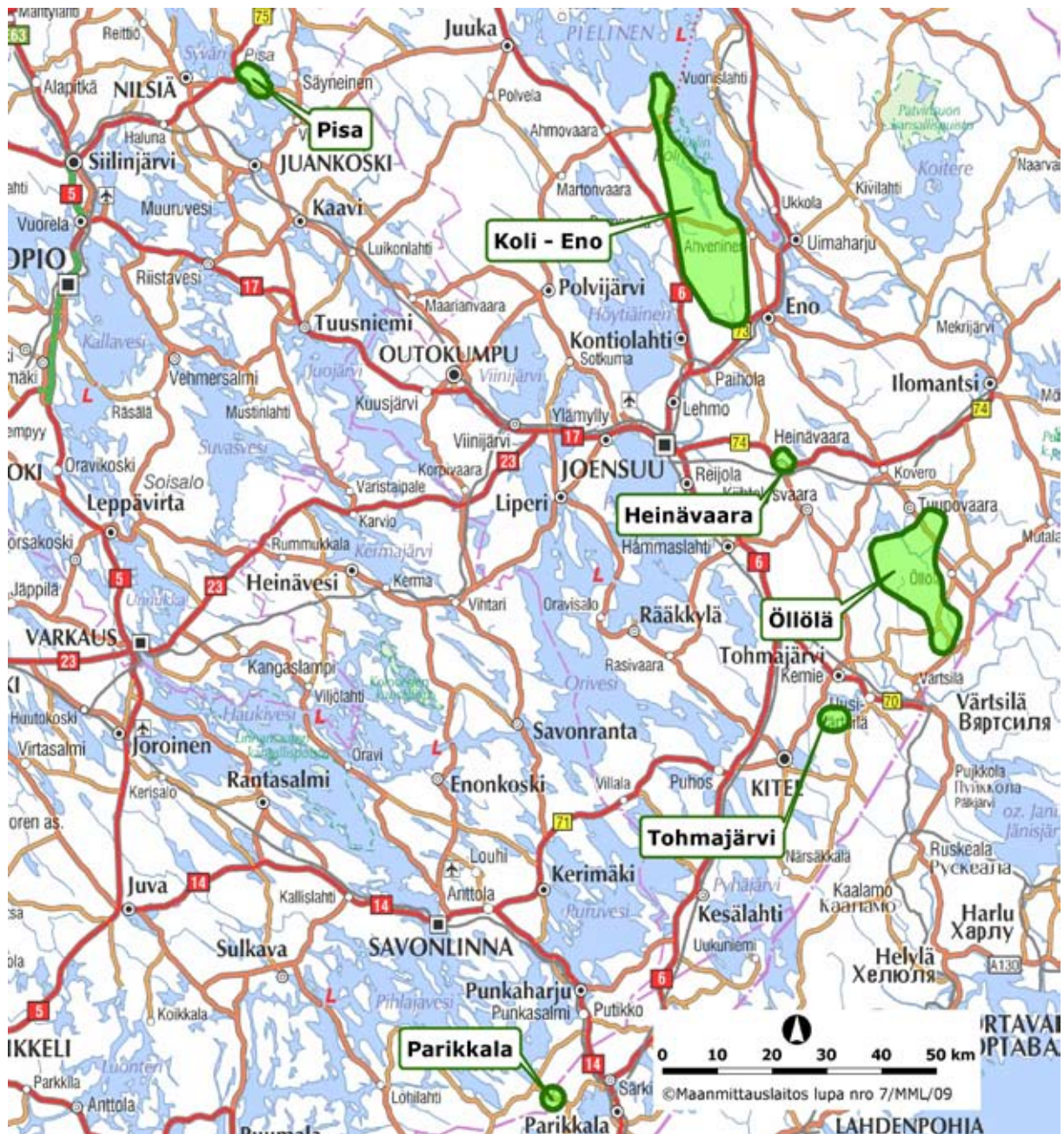
#### lisääntymislammessa

- kaikki toimet jotka vaikuttavat veden laatuun sadan metrin säteellä lammesta, kuten avohakkuu, maanmuokkaus, kulutus
- lammen kaivaminen kesällä
- koneilla ajaminen lammessa
- maa-aineksen tai jätteiden tuonti
- lannoitteet tai torjunta-aineet
- vapaana oleva karja
- jätevedet
- kalojen siirtäminen
- veden johtaminen pois lammesta

#### maaelinympäristössä

- raskailla koneilla ajaminen lammen lähellä 50 m säteellä
- lehti- ja lahopuiden poisto lammen läheisyydestä
- lannoitteet ja torjunta-aineet
- öljyvuodot
- rakennusten ja teiden rakentaminen

Manner-Suomessa on kuusi erillistä rupiliskopopulaatiota (kartta 3). Samaan populaatioon laske-taan tässä yhteydessä sellaiset lisääntymislammet ja niiden rupiliskot, joiden välillä geenivaihto on mahdollista. Populaatioiden pinta-alat on tässä laskettu siten, että jokaisen lisääntymislammen ympärille on piirretty ympyrä, jonka säde on yksi



Kartta 3. Manner-Suomen rupiliskopopulaatiot.

kilometri. Näin laaja laskemistapa on rupiliskon tiedetyn liikkumissäteen ylärajoilla (vrt. Kupfer 1998). Toisiaan lähellä olevien lampien ympyrät ovat ja päällekkäisiä. Toisinaan lammet ovat kahden tai kolmen kilometrin päässä toisistaan, mutta tässä tarkastelussa ne on tulkittu kuuluviksi samaan populaatioon.

Populaatiokohtaiseen taulukkoon on merkitty jokainen tunnettu lisääntymislampi järjestysnumeroin. Tarkat paikat on tallennettu näillä nimillä ympäristöhallinnon Hertta-tietokantaan. Ne ovat saatavilla myös erillisenä tiedostona, joka voidaan toimittaa tarpeen mukaan maankäytön suunnittelua tai met-

sätaloutta varten. Numerointi ja lampien nimien vastaavuus käy ilmi tiedostosta. Tällaisen menetelyn tavoitteena on välttää tarpeetonta liikkumista ja yleisön ohjaamista lammille. Lammen ympäristössä liikkuminen voi vahingoittaa maaelinympäristössä liikkuvia ja lepääviä yksilöitä sulan maan aikana.

Taulukon toinen sarake, kanta, ilmaisee lammessa havaittujen rupiliskotoukkien runsautta. Se on laskettu jakamalla haavilla pyydystettyjen toukkien lukumäärä tehdyillä haavinvedoilla. Eli se ilmaisee montako toukkaa keskimääräisellä vakiovedolla (2 m pitkä, J-kirjaimen muotoinen) kustakin lam-

Taulukko 1. Hoitotöiden osalta kiireellisyysluokkaan yksi kuuluvien lampien lukumäärä, vaadittavat hoitotyöt ja niistä aiheutuvat kustannukset. Hoitotyöt tulee toteuttaa ensimmäisten viiden vuoden aikana.

Hoitotyö	Lukumäärä	Työmäärä	Kustannukset (vuoden 2007 mukaan)
Syventäminen henkilötyönä	6 lampea	lapiolla 3 päivää	600 €
Syventäminen konetyönä	1 lampi	1 päivä	500 €
Kuusen poisto etelärannalta	4 lampea, n. 1 hehtaari	metsurin 2 päivän työ	500 €
Pajun poistoa lammesta	1 lampi	1 päivä, metsuri	250 €
Ojien tukkiminen	1 lampi	lapiolla 2 päivää	400 €
<b>Yhteensä</b>			<b>2 250 €</b>

Taulukko 2. Hoitotöiden osalta kiireellisyysluokkaan kaksi kuuluvien lampien lukumäärä, vaadittavat hoitotyöt ja niistä aiheutuvat kustannukset. Hoitotöiden toteuttamismahdollisuus tulee selvittää 5–10 vuoden aikana.

Hoitotyö	Lukumäärä	Työmäärä	Kustannukset (vuoden 2007 mukaan)
Ojien tukkiminen ja lampien syventäminen konetyönä	28 lampea	28 päivää	28 000 €
Uusien lampien kaivu Parikkalaan	2 lampea	2 päivää	2 000 €

mesta on saatu. Käyntikerrat ilmaisevat montako kertaa kullakin lammella on suoritettu toukkien pyydystämistä haavimalla. Haavin vetoja on tehty 10–50 lampea kohden. Koko lampi on aina kierretty haavien, mutta haaviminen on keskittynyt lampien pohjoispään aurinkorannalle, jossa toukatkin mielellään ovat. On huomioitava, että toukkaindeksi on laskettu niistä haavintakerroista, kun lammessa on ollut vettä. Indeksi kuvaa hyvien lisääntymisvuosien toukkarunsautta lampikohtaisesti. Jos lampi on ollut kuiva haavinnan aikaan, niin haavintaa ei voi tietenkään tehdä, joten indeksi siis kertoo lisääntymismenestyksen, kun lisääntyminen ylipäänsä onnistuu. Noin kolmannes seurannassa olleista lammista kuivui vähintään kerran. Lampityyppi ilmaisee luonnontilaisuuden ja sijainnin. Koko on saatu digitoimalla lammen rantaviiva joko peruskartalta tai ilmakuvista. Rantatyyppi kuvaa aivan lammen välitöntä rantaa. Lähiympäristöstä saa käsityksen millaisessa ympäristössä lampi sijaitsee. Uhkiin on koottu nykytietämyksen mukaiset rupiliskokantoja suoraan tai epäsuoraan mahdollisesti pienentävät tekijät. Toimenpiteisiin on merkitty uhkien poistamiseen tai pienentämiseen vaikuttavia tekijöitä.

Suojelusuunnitelmassa ehdotetut toimenpiteet tulee toteuttaa vuoteen 2015 mennessä. Alueelliset ympäristökeskukset huolehtivat tarvittavasta toimenpidesuunnittelusta kiireellisyysjärjestyksessä yhteistyössä mm. metsänhoitoyhdistysten ja metsäkeskusten kanssa. Taulukkoon 1 on koottu kiireellisyysluokan yksi eli lisääntymislampien vaatimat hoitotyöt. Taulukkoon on myös arvioitu kuluva työmäärä ja laskettu hoidon kustannukset rupiliskon suojeluhankkeessa kertyneiden kokemusten mukaan.

Lisäksi jokaisen populaation alueella on vaihteleva määrä lampia, joissa lisääntyminen ei onnistu. Vuoden 2009 lopussa on Manner-Suomessa tiedossa 70 lisääntymiseen sopivaa lampea. Tämän lisäksi on tarkastettu 350 muuta lampea, joista ei ole löytynyt toukkia. Nämä 350 lampea voidaan jakaa neljään luokkaan rupiliskonäkökulmasta: 1) kaloja, 2) liian karuja, 3) ojittamalla tuhottuja ja 4) luonnontilaisia. Kalojen poistaminen on todettu rupiliskon suojeluhankkeen aikana erittäin vaikeaksi ilman kemikaalien käyttöä ja kemikaalien käyttö puolestaan riskeeraa kohtuuttomasti rupiliskoja. Etenkin ruutanoiden pois saaminen edellyttäisi lammen tyhjentämistä ja kaiken pohja-aineksen vaihtamisen, joka isoissa laskuojattomissa lammissa on erittäin vaikea tehtävä. Jos lampeen jää muutamakin ruutana, niiden kanta kasvaa entiselleen muutamassa vuodessa. Pohjois-Savossa on dokumentoitu hyvin kalojen istutuksen vaikutukset erään lammen rupiliskokantaan (Savolainen *et al.* 1998). Liian karut lammet eivät todennäköisesti ole koskaan kelvanneet rupiliskoille, joten ne eivät ole myöskään hoitotoimien kannalta mielenkiintoisia.

*Kolmantena ryhmänä on ojituksen myötä elinkelvottomiksi muuttuneet lammet.* Ojittamalla on Suomessa tuhottu lukematon määrä lampia, myös rupiliskon levinneisyysalueella. Osa näistä lammista sijaitsee lähellä nykyisiä lisääntymislampia. Rupiliskon suojelun kannalta mielenkiintoisia ovat rehevämällä alustalla olevat lammet tai sellaiset suolammet, joiden rannalla on lettoisuutta. Tällaisia rupiliskolle potentiaalisia lampia on jokaisen tunnetun rupiliskopopulaation alueella. Tällaisten, hoitotöiden jälkeen rupiliskon lisääntymiseen mahdollisesti soveltuvien lampien lukumäärät on merkitty



Pisa I on laskuojallinen suolampi, johon yritettiin istuttaa kirjolohta 1980-luvulla. Lohet pääsivät kuitenkin onneksi pakoon.

jokaisen osapopulaation tekstiin, ne kuuluvat siis hoitotöiden osalta kiireellisyysluokkaan kaksi.

*Neljäs lampiryhmä ovat rehevät luonnontilaiset lammet, joista ei ole havaittu lisääntymistä haavintavuonna.* Tällaisia lampia tulee seurata jatkossa. Rupiliskon lisääntyminen ei aina onnistu tai lisääntymisen todentaminen ei onnistu, varsinkin jos lisääntyvien yksilöiden lukumäärä on pieni. Osa luonnontilaisista lammista tai niiden elinympäristöistä saattaa tarvita hoitotöitä. Niiden hoitotyöt kuuluvat kiireellisyysluokkaan kaksi. Näiden lampien kytkeytyneisyydestä muihin lampiin on huolehdittava. Lampien väliin voidaan suunnitella käytäviä, joissa on kaivettuja lampia, ennallistettuja soita ja pidennetty puuston kiertoaika.

## 7.2.1

### Pisa

Pisan rupiliskopopulaatio (9 km<sup>2</sup>) Pohjois-Savossa Nilsin ja Juankosken kunnissa. Alueen toinen lampi on ollut tiedossa jo pitkään, mutta toinen löytyi vasta elokuussa 2007 rupiliskon suojeluhankkeen lampietsinnöissä. Hankkeen aikana alueella tehtiin uusien lampien etsintää vain yhden iltapäivän aikana. Kummankaan lammen rupiliskokannoilla ei ole merkittäviä uhkatekijöitä. Mutta alueella on merkittävää tarvetta tehdä läsinventointeja.

Hertta -tietokannassa on myös Pisa A, lampi, jossa lisääntyminen ei enää nykyisin onnistu. Lammen rupiliskot tulivat yleiseen tietoisuuteen vuonna 1992. Samana vuonna lampeen kuitenkin siirrettiin ahvenia. Ahvenet tuhosivat koko rupiliskopopulaation neljässä vuodessa. (Savolainen et al. 1998) Lammella käytiin haavimassa rupiliskon suojeluhankkeen aikana vuosina 2004–2008, mutta yhtään rupiliskoja ei havaittu.

Taulukko 3. Pisan lammet. N = Natura 2000 -kohde.

Nimi	Kanta	Käyntikerrat	Lampi-tyyppi	Koko (m <sup>2</sup> )	Ranta-tyyppi	Lähi-ympäristö	Uhat	Toimenpiteet
Pisa 1 (N)	0,4	4	laskuojallinen suolampi	4 500	soinen	eri-ikäistä sekametsää	-	-
Pisa 2	0,33	1	kaivettu 1963	590	sora, nurmikko	piha, metsä	-	-

7.2.2

**Koli – Eno**

Kolin – Enon populaatio (128 km<sup>2</sup>) koostuu 13 lam-  
mesta. Lammet ovat pääosin luonnontilaisia har-  
ju-, metsä- tai suolampia. Pohjavesialueen lammet  
lasketaan harjulammiksi, vaikka niiden ympäristö  
olisikin pääosin metsää tai suota (vrt. Leka *et al.*

2008). Harjulampia Koli – Eno -populaatiossa on  
yhteensä neljä. Lampi nro 2 sijaitsee kaavoitetulla  
alueella, johon tullaan rakentamaan loma-asutus-  
ta. Tällöin lampeen kohdistuva uhka johtuu lähin-  
nä lisääntyneestä liikkumisesta lammen rannalla.  
Lammelle lähiympäristöineen on tehty rajauspää-  
tös ja liikkumista lammen lähistöllä tullaan tarpeen  
vaatiessa ohjaamaan. Lampi nro 6 sijaitsee ojitella



Uraanivaltausalueella oleva lampi Koli – Eno II.

Taulukko 4. Koli – Enon lammet. N = Natura 2000 -kohde, E = erityisesti suojeltavan lajin rajauspäätös.

Nimi	Kanta	Käynti- kerrat	Lampityyppi	Koko (m <sup>2</sup> )	Rantatyyppi	Lähiympäristö	Uhat	Toimenpiteet
Koli – Eno 1 (E)	0,2	1	luonnontil. harjulampi	3 300	metsä, niitty	eri-ikäistä metsää, lehtoa, niitty	-	-
Koli – Eno 2 (E)	0,2	1	luonnontil. harjulampi	1 800	suo, kivennäismaa	harju, p-alue	rakentaminen	tiedotus
Koli – Eno 3	1,2	1	luonnontil. metsälampi	730	suo, korpi	luonnontil. metsää, korpi	-	-
Koli – Eno 4	0,75	1	luonnontil. suolampi	940	suo	luonnontil. metsää, lettoa	-	-
Koli – Eno 5	0,65	1	luonnontil. harjulampi	2 000	suo	eri-ikäistä männikköä	-	-
Koli – Eno 6	2	1	suolampi	460	ojitettu suo, lettoa	eri-ikäistä sekametsää	kunnostusojitus	ojien tukkiminen, puuston poistoa
Koli – Eno 7	0,07	1	luonnontil. harjulampi	340	luonnontil. kuusikko	luonnontil. kuusikko, lehtoa	-	-
Koli – Eno 8	0,13	1	kaivettu ?	430	kivennäismaa	nuorta männikköä	umpeenkasvu	syventäminen, puuston poistoa
Koli – Eno 9 (N)	0,36	5	luonnontil. metsälampi	2 100	suota	eri-ikäistä metsää	-	-
Koli – Eno 10	0,55	1	luonnontil. metsälampi	530	kivennäismaa	nuorta metsää, ojitettua suota, teitä	-	-
Koli – Eno 11 (E)	0,1	1	luonnontil. metsälampi	1 000	suo	eri-ikäistä metsää, aukkoja	uraanivalt.	-
Koli – Eno 12 (E)	0,4	1	suolampi	100	ojitettu suo	ojitettu suo, vanha pelto	ojat, uraanivalt.	ojien tukkiminen
Koli – Eno 13 (E)	0,05	1	luonnontil. metsälampi	300	metsä	pelto, sekametsä	-	-

suojuotilla, johon on istutettu koivua. Ojituksista on jo kulunut sen verran aikaa, että ojat ovat alkaneet kasvaa umpeen luontaisesti. Kunnostusojitus voi muuttaa tai hävittää lammen hyvin runsaan kannan. Lampi ja sen lähiympäristö tulee säilyttää luonnontilassa. Lammet 11 ja 12 sijaitsevat uraanivaltaus-alueella, molemmista lammista on tehty erityisesti suojeltavan lajinrajauspäätökset. Rupilisko kuuluu luonnonsuojelulain (49 §) tarkoittamiin luontodirektiivin IV liitteen lajeihin, joiden lisääntymis- ja levähdyspaikkojen hävittäminen ja heikentäminen on kielletty ilman erityistä rajauspäätöstä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että suon vesitalous on pidettävä luonnontilaisena.

Hoitotöiden toiseen kiireellisyysluokkaan Kolin – Enon populaation alueella kuuluu 11 lampea. Näissä lammissa ei ole havaittu lisääntymistä. Ne sijaitsevat lähellä tunnettuja lisääntymislampia ja niiden kunnostaminen parantaa merkittävästi rupiliskojen elinoloja alueella. Kyseiset lammet ovat kärsineet ojituksista, ne ovat kuivuneet ja alkaneet kasvaa umpeen.

Hertta -tietokannasta löytyvät lisäksi lammet Koli – Eno A ja B. Näillä lammilla havaittiin rupi-

liskon suojeluhankkeen aikana aikuisia yksilöitä, mutta kumpikaan lampi ei sovellu lajin lisääntymispaikaksi kalojen takia.

### 7.2.3

#### Heinävaara

Heinävaaran populaatio (3 km<sup>2</sup>) koostuu kahdesta vierekkäin olevasta lammesta. Lammet löytyivät liskohankkeen lampietsinnöissä elokuussa 2006. Tuolloin kuivan kesän jälkeen molemmissa lammissa oli vettä jäljellä enää puolisen metriä muuttaman aarin alalla. Todennäköisesti lampiryhmään kuuluu kolmaskin lampi, mutta se oli tuolloin kuivana. Lampien lähellä on vanhahkoa kuusikkoa, joka tarjoaa hyviä lepo- ja ravintopaikkoja rupiliskoille. Molempien lampien suurin uhkatekijä on kuivuminen. Lampia pitäisi syventää, jotta viimeiset vedet säilyisivät kauemmin. Syventäminen tarkoittaa kuivana kesänä tehtävää, metrin halkaisijaltaan olevaa noin metrin syvyistä kuoppaa lammen syvimmissä kohdassa. Kaivaminen käy parhaiten lapiolla henkilötyönä.

Taulukko 5. Heinävaaran lammet.

Nimi	Kanta	Käyntikerrat	Lampityyppi	Koko (m <sup>2</sup> )	Rantatyyppi	Lähiympäristö	Uhat	Toimenpiteet
Heinävaara 1	0,05	I	luonnontil. metsälampi	I 500	kivennäismaa	hiekkakuoppa, iäkäs kuusikko	kuivuminen	syventäminen
Heinävaara 2	I	I	luonnontil. metsälampi	800	kivennäismaa	hiekkakuoppa, iäkäs kuusikko	kuivuminen	syventäminen



Heinävaaran lammet kesäkuussa 2009, kauan odotettujen sateiden aikaan.



Öllölä 21 on iso lampi karussa ympäristössä.

#### 7.2.4

### Öllölä

Öllölän populaatio (92 km<sup>2</sup>) sijaitsee Joensuun ja Tohmajärven alueilla. Alueen rupiliskokanta on Manner-Suomen vahvin ja se koostuu yhteensä 47 lisääntymislammesta. Osa lampien välittömästä lähiympäristöstä hoidettiin rupiliskon suojeluhankkeessa vuosien 2005–2008 aikana. Öllölän lammis- merkittävin uhkatekijä on lampien kuivuminen. Lampien syventäminen tuo jonkin verran helpotus-

ta tilanteeseen. Rupiliskon suojeluhankkeen aikana viiden lammen pohjalle kaivettiin kuoppa, jossa vesi on pysynyt lammessa muutamia päiviä, jopa viikkoja pidempään. Loppukesällä muutamalla lisäpäivällä on ratkaiseva merkitys yksilöille, joiden muodonvaihdos on aivan loppusuoralla. Hoitotöiden osalta kiireellisyysluokan kaksi lampia on Öllölän populaation alueelta löytynyt 17 kappaletta. Kyseiset lammet sijaitsevat populaation kannalta ratkaisevilla tyhjillä välialueilla. Nii-

Taulukko 6. Öllölän lammet. N = Natura 2000 -kohde. E = erityisesti suojeltavan lajin rajauspäätös.

Nimi	Kanta	Käynti- kerrat	Lampityyppi	Koko (m <sup>2</sup> )	Rantatyyppi	Lähiympäristö	Uhat	Hoito-tarve
Öllölä 1 (E)	0,39	5	luonnontil. metsälampi	2 100	kivennäismaa	nuorta sekametsää	kuivuminen	syventäminen
Öllölä 2 (E)	0,51	5	luonnontil. metsälampi	660	kivennäismaa, kivikko	nuorta sekametsää	-	-
Öllölä 3 (E)	0,21	5	luonnontil. metsälampi	550	kivennäismaa	eri-ikäistä metsää, aukkoja	-	-
Öllölä 4	0,28	5	luonnontil. suolampi	100	suo	nuorta sekametsää	kuivuminen	syventäminen
Öllölä 5	0,03	1	luonnontil. metsälampi	4 100	suo, kivennäismaa, kivikko	räme, aukko, taimikko, männikkö	-	-
Öllölä 6	0,5	5	luonnontil. metsälampi	1 700	kivennäismaa	mäntytaimikko	kuivuminen	syventäminen
Öllölä 7	0,03	1	tienhalkaisema harjulampi	600	suo, kivennäismaa	eri-ikäistä sekametsää	umpeenkasvu	syventäminen
Öllölä 8	0,09	5	luonnontil. harjulampi	1 500	kivennäismaa	nuorta sekametsää, aukko	-	-
Öllölä 9	0,08	5	luonnontil. harjulampi	940	kivennäismaa	nuorta sekametsää, aukko	-	-

Jatkuu seuraavalla sivulla.





Taulukko 6. Öllölän lammet. N = Natura 2000 -kohde. E = erityisesti suojeltavan lajin rajauspäätös.

Nimi	Kanta	Käynti- kerrat	Lampityyppi	Koko (m <sup>2</sup> )	Rantatyyppi	Lähiympäristö	Uhat	Hoito-tarve
Öllölä 10	1,11	5	luonnontil. metsälampi	880	kivennäismaa	varttunut kuusikko	-	-
Öllölä 11	0,25	1	luonnontil. metsälampi	420	kivennäismaa	nuorta sekämetsää, suo	-	-
Öllölä 12 (N)	1,01	5	kaivettu?	730	kivennäismaa	istutuskoivikko, sekametsä	-	kuusenpoisto -05, syventäminen -08
Öllölä 13	0,33	5	luonnontil. metsälampi	460	kivennäismaa	istutuskoivikko, sekametsä, taimikko	kuivuminen	syventäminen
Öllölä 14 (N)	0,37	5	luonnontil. harjulampi	3 500	kivennäismaa	nuorta sekämetsää, varttunut kuusikko	-	kuusenpoisto 2008
Öllölä 15 (N)	1,43	5	luonnontil. harjulampi	140	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	kuusenpoisto 2007
Öllölä 16	0,1	1	luonnontil. harjulampi	1 400	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	-
Öllölä 17	0,98	2	luonnontil. harjulampi	360	kivennäismaa, kivikko	nuorta männikköä	-	-
Öllölä 18	0,17	2	luonnontil. harjulampi	710	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	-
Öllölä 19	0,29	2	luonnontil. harjulampi	2 500	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	-
Öllölä 20 (N)	0,27	5	luonnontil. metsälampi	1 200	kivennäismaa	nuorta sekämetsää, mänty- taimikkoa	-	kuusenpoisto 2008
Öllölä 21 (N)	0,42	5	luonnontil. metsälampi	4 100	kivennäismaa	nuorta männikköä, aukkoa	-	kuusenpoisto 2007
Öllölä 22 (N)	0,01	5	kaivettu /syvennetty	1 800	kivennäismaa	mäntytaimikko, aukko	-	-
Öllölä 23	1,2	1	laskuojallinen metsälampi	1 500	kivennäismaa	iäkäs kuusikko	-	-
Öllölä 24 (N)	0,09	5	luonnontil. harjulampi	220	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	kuusenpoisto -05, syventäminen -08
Öllölä 25 (N)	0,14	5	luonnontil. harjulampi	240	kivennäismaa, kivikko	nuorta kuusikkoa	-	kuusenpoisto -05, syventäminen -08
Öllölä 26	0,17	1	luonnontil. harjulampi	3 700	kivennäismaa, kivikko	taimikkoa, aukkoa	-	-
Öllölä 27	0,14	1	luonnontil. harjulampi	430	kivennäismaa, kivikko	taimikko, luonnontil. metsä	-	-
Öllölä 28	0,08	1	luonnontil. harjulampi	1 900	kivennäismaa	luonnontil. metsä	-	-
Öllölä 29 (N)	0,04	5	luonnontil. harjulampi	1 000	kivennäismaa, suo	varttunut kuusikko	-	kuusenpoisto 2005
Öllölä 30	0,09	5	luonnontil. harjulampi	3 700	kivennäismaa	nuorta männikköä ja kuusikkoa	kuivuminen	kuusenpoisto -05

Jatkuu edelliseltä sivulta.

Jatkuu seuraavalla sivulla.



Öllölä 21 on iso lampi karussa ympäristössä.

Taulukko 6. Öllölän lammet. N = Natura 2000 -kohde. E = erityisesti suojeltavan lajin rajauspäätös.

Nimi	Kanta	Käynti-kerrat	Lampityyppi	Koko (m <sup>2</sup> )	Rantatyyppi	Lähiympäristö	Uhat	Hoito-tarve
Öllölä 31 (N)	0,04	5	luonnontil. harjulampi	210	kivikko, kivennäismaa	nuorta männikköä	-	kuusenpoisto 2005
Öllölä 32 (N)	0,13	5	luonnontil. harjulampi	2 100	kivennäismaa	varttunutta kuusikkoa	-	kuusenpoisto 2005
Öllölä 33 (N)	0,28	5	luonnontil. harjulampi	1 500	kivennäismaa	varttunutta kuusikkoa	-	kuusenpoisto 2005
Öllölä 34 (N)	0,28	5	luonnontil. harjulampi	630	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	kuusenpoisto 2005
Öllölä 35 (N)	0,2	5	luonnontil. harjulampi	350	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	kuusenpoisto 2005
Öllölä 36 (N)	0,13	5	luonnontil. harjulampi	560	kivikko, kivennäismaa	nuorta männikköä	-	-
Öllölä 37	0	1	luonnontil. harjulampi	20	kivennäismaa	taimikkoa	kuivuminen	syventäminen
Öllölä 38	0,73	1	luonnontil. metsälampi	300	kivennäismaa	taimikkoa, aukkoa	-	-
Öllölä 39	0,17	1	luonnontil. harjulampi	350	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	-
Öllölä 40	0,8	1	luonnontil. harjulampi	70	kivennäismaa	kuusikko, suo	-	-
Öllölä 41	0,2	1	luonnontil. harjulampi	50	kivennäismaa	nuorta männikköä	-	-
Öllölä 42	0,05	5	luonnontil. harjulampi	100	kivennäismaa, luhta	nuorta männikköä	-	-
Öllölä 43 (N)	0,02	5	luonnontil. harjulampi	590	kivennäismaa	kuusikko	-	kuusenpoisto 2005
Öllölä 44	0,15	1	luonnontil. metsälampi	600	kivennäismaa, suojuotti	männikkö, suo	-	-
Öllölä 45	0,03	2	kaivettu mutakuoppa	600	soistunut	metsitetty pelto, sekametsä	-	-
Öllölä 46 (N)	0,05	6	luonnontil. metsälampi	200	kivennäismaa, luhtaa	nuorta männikköä, aukkoja	kuivuminen	syvennys 2008
Öllölä 47	0,005	6	luonnontil. metsälampi	200	soistunut, luhtainen	nuorta männikköä	-	-

Jatkuu edelliseltä sivulta.

den kunnostaminen parantaa populaation sisäistä kykyneisyyttä merkittävästi ja tarjoaa samalla uusia lampia lisääntymiseen. Valtaosa näistä lammista on kärsinyt ojituksista. Kunnostustyöt ovat pääosin ojitettujen soiden ennallistamista ja

liettyneiden ja umpeenkasvaneiden lampien syventämistä.

Hertta-tietokannassa on Öllölän kohdalla lisäksi kolme lampea (Öllölä A, B ja C), joissa lisääntyminen ei onnistu, mutta joissa on havaittu aikuisia



lajin edustajia. Öllölä A on pieni suolampare, jossa on ruutanoita. Öllölä B on pieni suppa hyvän lisääntymislammien (Öllölä 17) vieressä. Öllölä B on kuitenkin kooltaan niin pieni, että vesi on kuivunut seurattujen kesien aikana kokonaan. Öllölä C on vanhastaan tunnettu rupiliskolampi, jonka populaatio on todennäköisesti tuhoutunut ruutanoitten myötä. Lammen ympäristöön kaivettiin hankkeen aikana kaksi uutta lampea. Vuoden 2009 seurannassa kummastakaan lammesta ei löytynyt rupiliskon toukkia.

## 7.2.5

### Tohmajärvi

Tohmajärven populaatio (6 km<sup>2</sup>) löytyi rupiliskon suojeluhankkeen kartoituksissa elokuussa 2007. Tiivis viiden lammen ryhmä muodostaa melko vahvan itsenäisen ja eristyneen populaation. Neljän lammen rannalla on nuorta, tiheää istutuskuusikkoa, joka kasvaessaan tulee varjostamaan näitä suhteellisen pieniä lampia ja muuttamaan maaperän laatua. Kuusen harvennus lampien rannoilta

Taulukko 7. Tohmajärven lammet.

Nimi	Kanta	Käyntikerrat	Lampityyppi	Koko (m <sup>2</sup> )	Rantatyyppi	Lähiympäristö	Uhat	Hoito-tarve
Tohmajärvi 1	1,2	I	luonnontil. harjulampi	470	kivennäismaa	nuorta kuusikkoa, lehtoa	istutuskuuset	kuusen poisto
Tohmajärvi 2	0,03	I	luonnontil. harjulampi	230	kivennäismaa	nuorta kuusikkoa, lehtoa	istutuskuuset	kuusen poisto
Tohmajärvi 3	0,8	I	luonnontil. harjulampi	400	kivennäismaa	nuorta kuusikkoa, lehtoa	istutuskuuset	kuusen poisto
Tohmajärvi 4	0,6	I	±luonnontil. harjulampi	530	luhta, kivennäismaa	nuorta kuusikkoa, lehto	istutuskuuset, umpeenkasvu	kuusen ja pajujen poisto
Tohmajärvi 5	0,35	I	70-luvun sorakuoppa, harjulampi	910	sorakuoppa, räme	sorakuoppa, räme	-	-



Tohmajärvi 2 ensipakkasten aikana.

on tarpeellinen lähivuosien hoitotyö. Lampi 4 on kauttaaltaan pajujen peitossa. Pajukkoa tulee poistaa lammen keskeltä vaiheittain, jotta umpeenkasvulta vältytään. Pajujen juurakat tarjoavat myös suojaa rupiliskoille, joten kaikkia pajuja ei poisteta kerralla.

#### 7.2.6

### Parikkala

Parikkalan rupiliskolampi (laskennallinen pinta-ala 3 km<sup>2</sup>, johtuen 1 km säteestä lammen ympärillä) on ollut tiedossa vuodesta 1988. Se on kaivettu alun perin kasvihuoneiden kasteluvesilammeksi. Kasteluvedenotto ei uhkaa rupiliskoja, koska otettava vesi suodatetaan hiekkaseinämän läpi. Rupiliskon suojeluhankkeessa lammella vierailtiin elokuussa 2007. Tällöin etsittiin toukkia haavimalla myös tunnetun lammen lähiympäristöstä, mutta haavituista lammista löytyi vain vesiliskoja tai ruutanoita.

Rupiliskon suojeluhankkeen aikana tarkastettiin lajin vanhoja yleisöhavaintoja ja esiintymiä Parikkalasta, Punkaharjulta, Mikkelistä ja Imatralta, mutta missään tarkastetuista lammista ei lisääntymistä havaittu.

Tunnetun lammen läheisyyteen olisi lajin suojelun kannalta mielekästä kaivaa kaksi uutta lampea.



Parikkalan ainoa tunnettu lampi on kasteluvesilampi. Kastelukäyttö ei ole nyky muodossaan uhka rupiliskolle.

Taulukko 8. Parikkalan lampi.

Nimi	Kanta	Käyntikerrat	Lampityyppi	Koko (m <sup>2</sup> )	Rantatyyppi	Lähiympäristö	Uhat	Hoitotarve
Parikkala I	0,25	I	kaivettu	210	piha	piha, pelto	-	-

## 8 Seuranta ja tutkimus

Rupiliskon suojeluhankkeen aikana rupiliskojen lisääntymismenestystä seurattiin 39 lammella vuosina 2004–2008. Näistä lammista seitsemällä on kalakanta, ruutanoita tai ahvenia ja haukia. Kalalammilla lisääntyminen ei onnistunut yhtenäksään vuonna seurantajakson aikana. Lisääntyminen keskittyi siis 32 lampeen, joista vain seitsemällä lisääntyminen onnistui joka vuosi. Jäljelle jää 25 lampea, joissa lisääntyminen onnistui joinain vuosina hyvin ja toisina vuosina toukkatuotto oli nollassa. Näistä 25 lammesta 12 kuivui loppukesällä kokonaan vähintään kerran tarkastelujakson aikana. Vuosittain lisääntyminen onnistui 20–22 lammella. Kuivuvat lammet ovat merkittävässä osassa Manner-Suomen kokonaispopulaation kannalta. Hyvinä vuosina lisääntyminen oli niissä jopa runsasta eli lammesta laskettiin yli 50 toukkaa. Nämä lammet ovat myös herkimpiä ilmastonmuutoksille, ne ovat matalia, niiden valuma-alue on suppea ja ne kuivuvat helposti.

Rupiliskopopulaation kehityksen systemaattinen seuranta on välttämätöntä. Sammakkoeläinten kannat ovat muualla vähenneet nopeastikin ja niin voi käydä meilläkin, ilmastonmuutos ja otsonikato uhkaavat sammakkoeläimiä maailmanlaajuisesti. Lampien kuivumiseen varautuminen, UV -säteilyn ja tautidynamiikan sekä niihin liittyvien mekanismien selvittäminen on rupiliskon kannalta elintärkeää. Suojelutoimissa tärkeää osaa näyttelä myös yleisen tietoisuuden lisääminen ilmastonmuutoksen vaikutuksesta sammakkoeläimiin. Lajitasolla populaatioiden muutoksen sietokykyä tulee vahvistaa elinympäristöjä ennallistamalla ja elinympäristöjen laatua parantamalla (Pounds *et al.* 2007).

Rupiliskon tulevassa seurantaohjelmassa (taulukko 9) ovat mukana kaikki Manner-Suomen tunnetut rupiliskolammet. Seurannan aikana kaikissa tunnetuissa lammissa tehdään ensin 20 haavintaa vakioidulla menetelmällä ja lasketaan pyydyetyt toukat. Jos toukkia ei ole saatu, tehdään vielä 30 haavinvetoa. Myös lähellä olevia lam-

pia kierretään ja uusia yleisöviheitä tarkistetaan mahdollisuuksien mukaan. Uusien lampien etsiminen keskitetään erityisesti tunnettujen paikallipopulaatioiden välialueille.

Intensiiviseen lammen kokonaispopulaatio- ja lisääntymisselvitykseen valitaan muutama edustava lampi sekä muutama lampi, jossa lisääntyminen ei aina onnistu. Kaikki intensiivisessä seurannassa olevat lammet ovat kalattomia. Keväällä kutu-



Rupiliskon suojeluhankkeen aikana aloitettiin populaatioiden suuruuden ja rakenteen selvitystyö. Tässä mitataan alkukesäisenä aamuyönä pyydyksiin uineiden yksilöiden painoa ja pituutta sekä kuvataan jokaisen yksilön mahakuviointi.

Taulukko 9. Rupiliskon suojelutoimet 2009–2019.

Vuosi	Toimenpide
2009	hoitotarpeen selvitys kiireellisiksi tiedetyissä kohteissa
2010	hoidon aloittaminen
2011	-kaikkien tunnettujen lampien lisääntymisen inventointi -lisääntyvien yksilöiden laskenta -hoitotarpeen selvitys kaikissa lammissa ja niiden lähiympäristössä -tehtyjen hoitotoimien onnistumisen arviointi
2012	-niiden lampien inventointi, joissa ei edellisvuonna ollut lisääntymistä -hoidon aloittaminen kiireellisimmässä kohteissa
2013	raportointi komissiolle luontodirektiivin toimeenpanosta / rupiliskon suojelutaso
2014	hoitotöiden aloittaminen paikallispopulaatioiden välialueilla
2015	hoitotöitä
2017	-kaikkien tunnettujen lisääntymislampien inventointi -lisääntyvien yksilöiden laskenta -tehtyjen hoitotöiden onnistumisen arviointi
2018	niiden lampien inventointi, joissa ei edellisvuonna ollut lisääntymistä
2019	raportointi komissiolle luontodirektiivin toimeenpanosta/rupiliskon suojelutaso

aikaan näistä lammissa lasketaan kaikki aikuiset yksilöt, kuvataan mahat, määritetään yksilöiden sukupuoli, pituus ja paino sekä tehdään havainnot yksilöiden kunnosta tai poikkeavuuksista. Loppukesästä ennen muodonvaihdosta kaikki lammet, siis myös aiemmin keväällä käydyt, kierretään ja tehdään lisääntymisseurannat eli lasketaan toukat vakioiduin menetelmin. Seuranta toteutetaan kahtena vuotena peräkkäin, tämän jälkeen on kolmen vuoden tauko, sitten taas kaksi vuotta seuranta, kolme vuotta taukoa jne. Peräkkäisiä seurantavuosia on hyvä olla kaksi, koska varsinkin pienissä lammissa, joissa on vähän lisääntyviä yksilöitä, lisääntymismenestys voi vaihdella suuresti vuosittain. Näin seurantarytmi on synkronoitu luontodirektiivin mukaiseen lajikohtaiseen raportointiin.

Seurannan tuloksia arvioidaan seuraavien tekijöiden summana:

- lampien lukumäärä, jossa lisääntyminen onnistui kussakin osapopulaatiossa
- lisääntymiskykyisten yksilöiden lukumäärän vaihtelut
- maaelinympäristön laatu lammen välittömässä läheisyydessä ja siinä tapahtuneet muutokset

Seurannasta tehdään yhteenveto aina perättäisten seurantavuosien perusteella. Yhteenvedossa arvioidaan rupiliskon suojelutasoa, kannankehitystä, uhkia ja muutostarpeita seurannan tai suojelutoimien suhteen.

### Hoitotyöt

Lisääntymislampien inventoinnissa selvitetään kaikkien kohteiden lähiympäristöt ja niiden hoitotarve. Tarve selviää peruskarttojen ojitustilannetta ja ilmakuvia tarkastelemalla. Kohteet varmistetaan maastokäynnein. Hoidettavien kohteiden on oltava ensimmäisessä vaiheessa 500 metrin säteellä tunnetusta rupiliskolammesta ja kakkosvaiheessa kilometrin säteellä. Jokaisen populaation lähiympäristön 500 m ja 1 000 m vyöhykkeillä hoitotarpeen kartoitus on saatu alulle vuoteen 2010 mennessä ja hoitotyöt aloitettu 2012 ykkös-vyöhykkeellä, kohteissa, joilla arvioidaan olevan kiireellisintä hoitotarvetta

### Tutkimustarve

Tällä hetkellä rupiliskon maaelinympäristövaatimuksista elinkierron eri aikoina tiedetään Pohjolessa varsinkin vähän. Näiden vaatimusten ymmärtäminen on kuitenkin välttämätöntä rupiliskon suojelun kannalta. Kun maaelinympäristövaati-



Rupiliskon suojeluhankkeen aikaisia hoitotöitä Öllölässä.

muksista saadaan lisätietoa, pystytään myös metsätalouden vaikutuksia lisääntymislampien läheisyydessä arvioimaan tarkemmin. Lisäselvyyttä kaivataan esim. siihen, miten erilaiset metsänkäsittelytavat vaikuttavat rupiliskojen liikkumiseen ja talvehtimispaikkojen valintaan. Metsätalouden on havaittu merkittävästi muuttavan sammakkoeläinten liikkumista ja tiheyttä eri elämänvaiheissa Pohjois-Amerikassa (Patrick *et al.* 2008b). Lajin talvehtimisekologiasta ei ole tietoa juuri lainkaan. Suomelle ominaisia metsäisiä elinympäristöjä on tutkittu vain vähän, valtaosa rupiliskotutkimuksista on tehty Keski-Euroopan maatalousvaltaisilla alueilla. Myös suomalainen populaatiokoko on edelleen selvittämättä.



Nuori, sukukypsyyden saavuttanut koiras peilikuvassa.

## LÄHTEET

- Alanen, A., Leivo, A., Lindgren, L. & E. Piri (1995). Lehtojen hoito-opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B nro 26. Metsähallituksen monistamo, Vantaa. 128 s.
- AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation (2009). Berkeley, California. [www.amphibiaweb.org](http://www.amphibiaweb.org). (11.2.2009).
- Ankley, G. T., Tietge, J. E., DeFoe, D. L., Jensen, K. M., Holcombe G. W., Durhan E. J. & S. A. Diamond (1998). Effects of ultraviolet light and methoprene on survival and development of *Rana pipiens*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 17:2530-2542.
- Asetus 404/83. Asetus matelijoiden ja sammakkoeläinten rauhoittamisesta, annettu 26.4.1983.
- Beebee, T. J. C. (1995). Amphibian Breeding and Climate. *Nature* 374:219-220.
- Bell, G. & J. H. Lawton (1975). The ecology of the eggs and larvae of the smooth newt, *Triturus vulgaris* (Linn.). *Journal of Animal Ecology* 44:393-424.
- Bowling, J. W., Leversee, G. J., Landrum, P.F. & J. P. Giesy (1983). Acute mortality of anthracene contaminated fish exposed to sunlight. *Aquatic Toxicology* 3:79-90.
- Briggs, L., Rannap, R., Pappel, P., Bibelriether, F. & A. Päiväranta (2006). Monitoring methods for the great crested newt *Triturus cristatus*. Project report "Protection of *Triturus cristatus* in the Eastern Baltic region." Tallinn-Odense. 16 s.
- Cicort-Lucaciu, A.-S., Ardeleanu, A., Cupsa, D., Naghi, N. & A. Dalea (2005). The trophic spectrum of a *Triturus cristatus* (Laurentus 1768) population from Plopiu mountains area (Bihor County, Romania). *North-Western Journal of Zoology* 1:31-39.
- Cockell, C. S. (2001). A photobiological history of the Earth teoksessa *Ecosystems, evolution and ultraviolet radiation*, toim. C. S. Cockell & A. R. Blaustein, sivut 1–35. Springer, New York.
- Corn, P. S., and J. C. Fogelman (1984). Extinction of Montane Populations of the Northern Leopard Frog (*Rana pipiens*) in Colorado. *Journal of Herpetology* 18:147-152.
- Damm, N., Briggs, L., de Vries, W. & F. Bibelriether (2006). Action Plan for *Triturus cristatus* in Vejle County.
- Daszak, P., Berger, L., Cunningham, A. A., Hyatt, A. D., Green, D. E. & R. Speare (1999). Emerging Infectious Diseases and Amphibian Population Declines. *Emerging Infectious Diseases* 5:735-748.
- Daszak, P., Cunningham, A. A. & A. D. Hyatt (2003). Infectious disease and amphibian population declines. *Diversity and Distributions* 9:141-150.
- Dolmen, D. (1983). Growth and size of *Triturus vulgaris* and *T. cristatus* (Amphibia) in different parts of Norway. *Holarctic ecology* 6:356-371.
- Dolmen, D., Skei, J. K. & I. Blakar (2008). Scandinavian amphibians: their aquatic habitat and tolerance to acidic water - a field study. *Fauna Norvegica* 26-27:15-29.
- Duellman, W. E. & L. Trueb (1986). *Biology of Amphibians*. The John Hopkins University Press. Baltimore and London. 670 s.
- Evira (2008a). Sammakoiden kuolinsyitä selvitetiin kyselyn avulla. Tiedote 3.10.2008. [www.evira.fi/portal/fi/el\\_intauti-ja\\_elintarviketutkimus/ajankohtaista/?id=1400](http://www.evira.fi/portal/fi/el_intauti-ja_elintarviketutkimus/ajankohtaista/?id=1400) (28.11.2008)
- Evira (2008b). Virukset sammakoiden kuolleisuuden aiheuttajina – RANA-projekti. [www.evira.fi/portal/fi/el\\_intauti-ja\\_elintarviketutkimus/tieteellinen\\_tutkimus/kaynnissa\\_olevat\\_tutkimushankkeet/uudet\\_iridovirustaudit\\_kasvavana\\_uhkana\\_euroopan\\_luonnonkaloille\\_ja\\_vesiekosysteemeille\\_rana\\_/virukset\\_sammakoiden\\_kuolleisuuden\\_aiheuttajina\\_rana-projekti/](http://www.evira.fi/portal/fi/el_intauti-ja_elintarviketutkimus/tieteellinen_tutkimus/kaynnissa_olevat_tutkimushankkeet/uudet_iridovirustaudit_kasvavana_uhkana_euroopan_luonnonkaloille_ja_vesiekosysteemeille_rana_/virukset_sammakoiden_kuolleisuuden_aiheuttajina_rana-projekti/) (28.11.2008)
- Garcia, T. S., Stacy, J. & A. Sih (2004). Larval salamander response to UV radiation and predation risk: color change and micro-habitat use. *Ecological Applications* 14:1055-1064.
- Gasc, J. P., Cabela, A., Crnobrnja-Isailovic, J., Dolmen, D., Grossenbacher, K., Haffner, P., Lescure, J., Martens, H., Martinez Rica, J. P., Maurin, H., Oliveira, M. E., Sofianidou, T. S., Vaith, M., and Zuiderwijk, A. (1997). *Atlas of Amphibians and Reptiles in Europe*. Societas Europaea Herpetologica and Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- Griffiths, R. A. & P. de Wijer (1994). Differential effects of pH and temperature on embryonic development in the British newts (*Triturus*). *Journal of Zoology* 234:613-622.
- Griffiths, R. A. (1997a). *Newts and salamanders of Europe*. Academic press. Cambridge. 188 s.
- Griffiths, R. A. (1997b). Temporary ponds as amphibian habitats. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems* 7:119-126.
- Gustafson, D. H., Petterson, C. J. & J. C. Malmgren (2006). Great crested newts (*Triturus cristatus*) as indicators of aquatic plant diversity. *Herpetological journal* 16:347-352.
- Hagström, T. (1972). Vattenövervintring hos västsvenska salamanderlarver. *Fauna flora* 67:261-263.
- Hagström, T. (1979). Population ecology of *Triturus cristatus* and *T. vulgaris* (Urodela) in SW Sweden. *Holarctic ecology* 2:108-114.
- Hanski, I. & D. Simberloff (1997). The metapopulation approach: its history, conceptual domain, and application to conservation. Sivut 5-26 teoksessa Hanski, I. & M. E. Giplin (toim.) *Metapopulation biology*. Academic Press, San Diego, California.
- Hayes, T., Haston, K., Tsui, M., Hoang A., Haeffele, C. & A. Vonk (2003). Atrazine-Induced Hermaphroditism at 0.1 ppb in American Leopard Frogs (*Rana pipiens*): Laboratory and Field Evidence. *Environmental Health Perspectives* 111:568-575.
- Hayward, R., Oldham, R. S., Watt, P. J. & S. M. Head (2000). Dispersion patterns of young great crested newts (*Triturus cristatus*). *Herpetological Journal* 10:129-136.
- Hedlund, L. (1990). Courtship display in a natural population of crested newts, *Triturus cristatus*. *Ethology* 85:279-288.
- Heyer, W. R., A. S. Rand, C. A. G. Dacruz, and O. L. Peixoto (1988). Decimations, Extinctions, and Colonizations of Frog Populations in Southeast Brazil and Their Evolutionary Implications. *Biotropica* 20:230-235.
- Huovinen, P. (2000). Ultraviolet radiation in aquatic environments. Underwater UV penetration and responses in algae and zooplankton. *Jyväskylä studies in Biological and Environmental Science* 86. 52 s.
- Ingram, G. J. (1990). The mystery of the disappearing frogs. *Wildlife Australia* 27:6-7.
- IUCN, Conservation International, and NatureServe (2006). *Global Amphibian Assessment*. <[www.globalamphibians.org](http://www.globalamphibians.org)>. 25.1.2008.



- Jehle, R. (2000). The terrestrial summer habitat of radio-tracked Great Crested Newts (*Triturus cristatus*) and Marbled Newts (*T. marmoratus*). *Herpetological Journal* 10(4):137-142.
- Jehle, R. & W. Arntzen (2000). Post-breeding migrations of newts (*Triturus cristatus* and *T. marmoratus*) with contrasting ecological requirements. *Journal of Zoology* 251:297-306.
- Jehle, R., Arntzen, J. W., Burke, T., Krupa, A. P. & W. Hödl (2001). The annual number of breeding adults and the effective population size of syntopic newts (*Triturus cristatus*, *T. marmoratus*). *Molecular Ecology* 10:839-850.
- Joly, P., Miaud, C., Lehmann, A. & O. Grolet (2001). Habitat matrix effects on pond occupancy in newts. *Conservation Biology* 15:239-248.
- Karlsson, T. (2004). Estimating population sizes, viability and sensitivity of the crested newt (*Triturus cristatus*) at a landscape scale. University of Kalmar, Department of biology & environmental science. 24 s.
- Karvonen, E. (2000). Rupiliskokartoituksen muistiinpanot, Pohjois-Karjala.
- Kiesecker, J. M., Blaustein, A. R. & L. K. Belden (2001). Complex causes of amphibian population declines. *Nature* 410:681-684.
- Kinne, O. (2006). Successful re-introduction of the newts *Triturus cristatus* and *T. vulgaris*. *Endangered species research* 1:25-40.
- Koponen, P. S. (2007). Role of chemical exposure and UV-B radiation in specific life stages of anurans: survival and physiological responses. University of Joensuu, PhD Dissertations in Biology. 85 s.
- Kupfer, A. (1998) Wanderstrecken einzelner Kammolche (*Triturus cristatus*) in einem Agrarlebensraum. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 5:238-242.
- Kupfer, A. & S. Kneitz (2000). Population ecology of the great crested newt (*Triturus cristatus*) in an agricultural landscape: dynamics, pond fidelity and dispersal. *Herpetological Journal* 10:165-172.
- Landskapslag om naturvård (41/77) 23.5.1977.
- Laurance, W. F., K. R. McDonald, and R. Speare (1996). Epidemic disease and the catastrophic decline of Australian rainforest frogs. *Conservation Biology* 10:406-413.
- Leka, J., Ilmonen, J., Kokko, A., Lammi, A., Lampolahti, J., Muotka, T., Rintanen, T., Sojakka, P., Teppo, A., Toivonen, H., Urho, L., Vuori, K.-M. & H. Vuoristo (2008). Sisävedet ja rannat, sivut 89 – 142 teoksessa Raunio, A., Schulman, A. & T. Kontula (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 8/2008.
- Luonnonsuojeluasetus 14.2.1997/160.
- Macgregor H.C., Sessions S.K. & Arntzen J.W. (1990). An integrative analysis of phylogenetic relationships among newts of the genus *Triturus* (family Salamandridae), using comparative biochemistry, cytogenetics and reproductive interactions. *Journal of Evolutionary Biology* 3:329–373.
- Malmgren, J. C. (2002). How does a newt find its way from a pond? Migration patterns after breeding and metamorphosis in great crested newts (*Triturus cristatus*) and smooth newts (*T. vulgaris*). *Herpetological Journal* 12:29-35.
- Malmgren, J. C. (2007) Åtgärdsprogram för större vattensalamander och dess livsmiljöer (*Triturus cristatus*). Naturvårdsverket Report No 5636. 61 s.
- Malmgren, J. C. & M. Enghag (2008). Female preference for male dorsal crests in great crested newts (*Triturus cristatus*). *Ethology Ecology & Evolution* 20:71-80.
- Mannerkoski, I. & T. Rytteri (toim.) (2007). Eliölajien uhanalaisuuden arviointi. Maailman luonnonsuojeluliiton (IUCN) ohjeet. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 143 s.
- Marsh, D. M. & P. C. Trenham (2001). Metapopulation dynamics and amphibian conservation. *Conservation biology* 15:40-49.
- Monath, T. (1965). The opercular apparatus of salamanders. *Journal of Morphology* 116:149-170.
- Nagl, A. M. & R. Hofer (1997). Effects of ultraviolet radiation on early larval stages of the Alpine newt, *Triturus alpestris*, under natural and laboratory conditions. *Oecologia* 110:514-519.
- Nilsson, J. (1998). Miljökravsanalys och populationskattningar av större vattensalamander (*Triturus cristatus*) vid Nordupplandskusten. Examensarbete i naturvårdsbiologi. Institut för genetik, Uppsala universitet. 27 s.
- Patrick, D. A., Hunter Jr., M. L. & A. J. K. Calhoun (2006). Effects of experimental forestry treatments on a Maine amphibian community. *Forest Ecology and Management* 234:323-332.
- Patrick, D. A., Calhoun, A. J. K. & M. L. Hunter Jr. (2008). The importance of understanding population structure when evaluating the effects of silviculture on spotted salamanders (*Ambystoma maculatum*). *Biological Conservation* 141:807-814.
- Patrick, D. A., Harper, E. B., Hunter, Jr., M. L. & A. J. K. Calhoun (2008b). Terrestrial habitat selection and strong density-dependent mortality in recently metamorphosed amphibians. *Ecology* 89:2563-2574.
- Piotrowski, J. S., Annis, S. L. & J. E. Longcore (2004). Physiology of *Batrachochytrium dendrobatidis*, a chytrid pathogen of amphibians. *Mycologia* 96:9-15.
- Pounds, J. A., Fogden, M. P. L. & J. H. Campbell (1999). Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-615.
- Pounds, J. A., Bustamante, M. R., Coloma, L. A., Consuegra, J. A., Fogden, M. P. L., Foster, P. N., La Marca, E., Masters, K. L., Merino-Viteri, A., Puschendorf, R., Ron, S. R., Sánchez-Azofeifa, G. A., Still, C. J. & B. E. Young (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease by global warming. *Nature* 439:161-167.
- Pounds, A., Carnaval, A. C. O. Q. & S. Corn (2007). Climate change, biodiversity loss and amphibian declines, sivut 19–20 teoksessa Gascon, C., Collins, J. P., Moore, R. D., Church, D. R., McKay, J. E. & J. R. III Mendelson (toim.). *Amphibian Conservation Action Plan*. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 64 s.
- Rannap, R. & L. Briggs (2006). The characteristics of great crested newt *Triturus cristatus* breeding ponds. Tallinna. 29 s.
- Rassi, P., Alanen, A., Kemppainen, E., Vickholm, M. & R. Väisänen (1986). Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelutoimikunnan mietintö, osa II, Suomen uhanalaiset eläimet. Komiteamietintö 1985:43. Valtion painatuskeskus, Helsinki. 466 s.
- Rassi, P., Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.) (2001). Suomen lajien uhanalaisuus 2000. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. 432 s.
- Rassi, P., Kaipainen, H., Mannerkoski, I. & Ståhls, G. (toim.) (1992). Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantatoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1991:30. Ympäristöministeriö. Helsinki. 328 s.
- Reading, C. J. (2007). Linking global warming to amphibian declines through its effects on female body condition and survivorship. *Oecologia* 151:125-131.

- Relyea, R. A. (2003). Predator cues and pesticides: a double dose of danger for amphibians. *Ecological Applications* 13:1515-1521.
- Rohr, J. R., Sager, T., Sesterhenn, T. M. & B. D. Palmer (2006). Exposure, Postexposure, and Density-Mediated Effects of Atrazine on Amphibians: Breaking Down Net Effects into Their Parts. *Environmental Health Perspectives* 114:46-50.
- Rowe, G., Beebee, T. J. C. & T. Burke (2000). A microsatellite analysis of natterjack toad, *Bufo calamita*, metapopulations. *Oikos* 88:641-651.
- Savolainen, E. & R. Savolainen (1998). Rupiliskon ja vesiliskon esiintyminen ja elintavat Pohjois-Savossa. *Kulumus* 13:3-19.
- Sinsch, U. (2007). Initial orientation of newts (*Triturus vulgaris*, *T. cristatus*) following short- and long-distance displacements. *Ethology, Ecology & Evolution* 19:201-214.
- Skei, J. K., Dolmen, D., Rønning, L. ja T. H. Ringsby (2006). Habitat use during the aquatic phase of the newts *Triturus vulgaris* (L.) and *T. cristatus* (Laurenti) in central Norway: proposition for a conservation and monitoring area. *Amphibia-Reptilia* 27:309-324.
- Solantie, R. (2008). Talvi-ilmasto ratkaiseva rupiliskon levinneisyyden kannalta. *Luonnon Tutkija* 112:30-31.
- Speare, R. & L. Berger (2008). Global distribution of chytridiomycosis in amphibians. [www.jcu.edu.au/school/phtm/PHTM/frogs/chyglob.htm](http://www.jcu.edu.au/school/phtm/PHTM/frogs/chyglob.htm). (8.12.2008).
- Steinfartz, S., Vicario, S., Arntzen, J. W. & A. Caccone (2007). A Bayesian Approach on Molecules and Behavior: Reconsidering Phylogenetic and Evolutionary Patterns of the Salamandridae with Emphasis on *Triturus* Newts. *Journal of Experimental Zoology (Mol. Dev. Evol.)* 308B:139-162.
- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. ja R. W. Waller (2004). Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. *Science* 306:1783-1786.
- Stewart, M. M. (1995). Climate Driven Population Fluctuations in Rain-Forest Frogs. *Journal of Herpetology* 29:437-446.
- Suomen ympäristökeskus (2008). Happamoittava laskeuma. [www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=56024#a0](http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=56024#a0) (26.6.2009)
- Van Uitregt, V. O., Wilson, R. S. & C. E. Franklin (2007). Cooler temperatures increase sensitivity to ultraviolet B radiation in embryos and larvae of the frog *Limnodynastes peronii*. *Global Change Biology* 13:1114-1121.
- Verrell, P. & T. Halliday (1985). The population dynamics of the crested newt *Triturus cristatus* at a pond in southern England. *Holarctic Ecology* 8:151-156.
- Virkkala, R., Korhonen, K. T., Haapanen, R. & K. Aapala (2000). Metsien ja soiden suojelutilanne metsä- ja suokasvillisuusvyöhykkeittäin valtakunnan metsien 8. inventoinnin perusteella. *Suomen ympäristö 395, Luonto ja luonnonvarat*. 49 s.
- Weldon, C., du Preez, L. H., Hyatt, A. D., Muller, R. & R. Speare (2004). Origin of the Amphibian Chytrid Fungus. *Emerging Infectious Diseases* 10:2100-2105.
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnology. Lake and River Ecosystems*. Third Ed. Academic Press, San Diego. 1006 s.
- Weygoldt, P. (1989). Changes in the Composition of Mountain Stream Frog Communities in the Atlantic Mountains of Brazil. *Frogs as Indicators of Environmental Deteriorations. Studies on Neotropical Fauna & Environment* 24:249-256.
- Yotsu-Yamashita, M., Mebs, D., Kwet, A. & M. Schneider (2007). Tetrodotoxin and its analogue 6-epitetrodotoxin in newts (*Triturus* spp.; Urodela, Salamandridae) from southern Germany. *Toxicon* 50:306-309.

## LIITE I. Rupiliskon morfologiasta.

### Luusto ja lihakset

Sammakkoeläinluokan eri laškoilla on paljon morfologisia eroja, jotka johtuvat kunkin lahkon pitkstä evoluutiohistoriasta. Salamanderit eroavat muista sammakkoeläimistä (lahkot *Anura* – sammakot ja konnat sekä *Apoda* – matosammakot) siinä, että niillä on erilainen liikkumistapa, melko pieni pää, heikko vartalo, neljä raajaa ja pyrstö. Salamantereiden kallo on kapea ja siinä on paljon kaarimaisia rakenteita. Kallo on usealla liitoksella kiinni selkärangassa, joka tarjoaa lisätukea päälle erityisesti maalla liikuttaessa. Salamantereiden kieliluu ja sen rakenteet (engl. hyoid apparatus) mahdollistavat kielen työntämisen ulos suusta. Useimmat salamanderit yltyvät kielellään alaleuan reunan yli. Kun saalis on saatu suuhun, sitä ruvetaan jauhamaan hampailla ja kielellä. Salamantereilla on hyvin kehittyneet silmät ja nenän rakenteet. Ne eivät juuri pysty äänteleämään, joten myös niiden korvat ovat heikosti kehittyneitä. Salamanderit liikkuvat verraten kömpelösti, niiden päätukiranka on erilaistumaton. Vartalon lihaksisto on hyvin kehittynyt. Hartia- ja lantiovyöt eivät ole pitkälle kehittyneitä, varsinkin hartiaavyö on heikosti kiinnittynyt päätukirankaan. Tämän ansiosta salamanderit pystyvät tarvittaessa liikkumaan nopeasti vedessä tekemällä vartalollaan aaltoliikettä, jolloin raajoja ei tarvitse käyttää ollenkaan (Duellman *et al.* 1986).

### Pääkallo ja kielen luut

#### Aivokoppa

Aivokoppa, jonka sisällä ovat aivot ja kuuloelimet, ulottuu nenän alueelta takaraivoon. Salamantereilla aivokoppa koostuu neljästä osasta, joista aikuisilla enää vain kaksi voidaan erottaa toisistaan. Aivokopan etuosa koostuu silmä-ohimoalueesta (engl. orbitosphenoid / orbitotemporal). Kuuloalue (auditory capsule) koostuu suurimmaksi osaksi kuuloluista (engl. prootic). Aivokopan takaosaa kutsutaan takaraivoksi (Duellman *et al.* 1986).

#### Kuuloelimet

Selkärankaisilla kuuloelimenä toimii sisäkorvan simpukka, jossa sijaitsevat värähtelyyn reagoivat aistinsolut. Ääntä välittävä järjestelmä muodostuu kahdesta elimestä. Salamanderi -heimolla sisäkorvan kuulosimpukan keskipylyvä kehittyy toukkavaiheessa. Korva-aukkoja peittävä läppä, operculum, joka useilla sammakkoeläimillä toimii äänen välittäjänä toukkavaiheessa, häviää aikuisilta salamantereilta. Sen sijaan lapaluun ja selkärangan yläpuoliseen luuhun, *suprascapulaan*, kiinnittyneet lavankohottajalihakset parantavat kuuloa maaolosuhteissa (Monath 1965, Duellman *et al.* 1986).

#### Silmän lihakset

Silmän pintaan kiinnittyvät silmänliikuttajalihakset, joita on salamantereilla kolmentyyppisiä: neljä suoraa ja kaksi vinoa lihasta sekä sisäänveto- ja silmäkohottajalihas. Neljä suoraa lihasta liikuttavat silmää vaaka- ja pystytasossa omiin akselihinsa nähden. Vinot lihakset ovat kiinnittyneinä silmäkuopan etuosaan ja niillä silmämunaa voidaan kiertää. Sisäänvetolihas vetää silmämunaa keskeltä sisäänpäin, samalla silmäluomet sulkeutuvat. Silmämunan ja kitalaen yläosan välissä on ohut levymäinen lihas, joka kohottaa silmää ja samalla avaa suuta (Duellman *et al.* 1986).

### Niskan lihakset

Selkälihaksen jatke kiinnittää takaraivon päätukirankaan ja mahdollistaa pään sivusuuntaisen liikuttelun. Pintapuolella on *musculus interversarius capitis superior* (tästä eteenpäin latinan *musculus*, lihasta tarkoitettava sana, lyhennetään *m.*, monikossa *mm.*). Se on kiinnittynyt toiseen ja kolmanteen selkänikamaan ja ulottuu kuulokapselin posterolateraaliseen (takana sivulla) pintaan. *M. rectus capitis posterior* on kiinnittynyt kannattajanikamaan ja kallossa takaraivoon. *M. intertransversarius capitis inferior* on selkärangan alla olevan lihaksiston jatke, joka on kiinni toisessa ja kolmannessa selkänikamassa ja ulottuu takaraivon ventraaliosaan (vatsanpuoleinen), (Duellman *et al.* 1986).

### Nenäontelo

Nenäonteloita suojaavat yläleuanluut, seualuu, nenäluu, etummainen otsaluu, otsaluu ja kyynelluu. Nenäonteloiden välissä on paksu väliseinä (Duellman *et al.* 1986).

### Sierainlihakset

Salamantereilla sierainten sulkemista ja avaamista hoitavat kolme eri lihasta. Sieraimen takaosan reunaan kiinnittynyt lihas työntää nenän rustoa (engl. alary cartilage) eteenpäin. Rustoisen nenäontelon sieraimen takapuolelle kiinnittynyt lihas työntää nenän sisäpuolen ihoa kohti sierainta. Yläleukaan nenäontelon sivuun kiinnittynyt lihas työntää vinosti sieraimen takareunaa kiinni (Duellman *et al.* 1986).

### Kallon luut, dorsaaliosa (selänpuolinen)

Salamantereiden pääkallon takaosa koostuu viidestä luuparista: nenän alueella olevat etummainen otsaluu, nenäluu, kyynelluu sekä niiden takana olevat otsaluu ja pääläenluu. Näistä luista ainoastaan otsaluu ja pääläenluu esiintyvät kaikilla salamantereilla. Pääläenluut suojaavat kuuloaluetta. Niiden etupuolella sijaitsevat otsaluut peittävät silmien etuosaa. Edellisten etupuolella sijaitsevat etummaisot saluut ovat pieniä luita, jotka muodostavat osan nenäontelon katosta. Varsinainen suoja nenäontelolle muodostuu nenäluista. Rupiliskon etummaisessa otsaluussa on uurre, jossa kyynelkanava kulkee (Duellman *et al.* 1986).

### Ventraaliosa

Ventraalisesti eli vatsanpuolella salamantereilla on kolme luuta kallossa: parilliset vannasluut edessä ja kitaluun alapuolinen luu (engl. parasphenoid). Vannasluut ovat suuria kitalaen luita, jotka ovat lähellä yläleuanluita (maksilla) ja yläleuan etummaista luuparia, premaksillaa. Kitaluun alapuolinen luu suojaa aivokoppaa ventraalisesti (Duellman *et al.* 1986).

### Lateraaliosa (kyljenpuoleinen)

Kaikilla salamantereilla esiintyvä suomumainen luu (engl. squamosal) liittyy joko pääläenluun takareunaan tai prootic -luuhun (engl. prootic bone) ja se suojaa *quadrate* -luuta sivusuunnassa (Duellman *et al.* 1986).

### Premaksilla

Premaksilla on parillinen yläleuan etuosassa oleva luu, joka koostuu kolmesta osasta. Pääosan siitä muodostaa *pars dentalis*, jossa on hammaskuopat. *Pars dentalis* haaroittuu dorsaalisesti ja siitä muodostuu nenäontelon etuosan tuki, *pars praenasalis*. Kolmas premaksillan osa on *pars palatina*, ulkoneva luu *pars dentaliksen* vieressä kielen puolella. Se muodostaa etuosan suulaenluusta (Duellman *et al.* 1986).

### Maksilla

Useimmilla salamantereilla, mm. rupiliskolla, maksilla muodostaa yläleuan lateraalisesti. Pääosan maksillasta muodostaa *pars dentalis*. *Pars facialis* muodostaa nenäontelon sivuseinän (Duellman *et al.* 1986).

### Alaleuka

Salamantereiden alaleuka muodostuu kahdesta osasta, jotka peittävät Meckelin rustoa. Alaleuan takaosan sisäpuolella on *prearticular* -luu, johon kiinnittyy parentalihaksia. Alaleuan takaosassa Meckelin rusto voi luutua ja muodostaa nivelen (Duellman *et al.* 1986).

### Hampaat

Salamantereiden hampaat ovat lyhyitä ja hiippamaisia. Kaikki hampaat ovat keskenään samanlaisia ja ne voivat uusiutua (Duellman *et al.* 1986).

### Luuosat

Keskeinen elementti salamantereiden *suspensoriumissa* on *palatoquadrate*, luu joka on kohtisuorassa kallon pitkään akseliin nähden. *Suspensorium* tarkoittaa riippumista tai jonkin kannattelua. Tässä yhteydessä sillä tarkoitetaan lihasten, rustojen ja luiden muodostamaa kokonaisuutta, joka ripustaa ja tukee leukojen kiinnittymistä pääkalloon ja jonka avulla eliö pystyy avaamaan ja sulkemaan suutaan. Se koostuu kahdesta osasta, dorsaalisesta rusto-osasta, *pars quadrata* ja ventraalisesta luutuneesta osasta. *Pars quadrata* on yhteydessä kuulokapseliin kolmen ruston avulla. Selänpuoleinen rusto (engl. otic process) sijaitsee kallon sivussa olevan suomumaisen luun (engl. squamosal) alapuolella ja se on yhteydessä *crista paroticaan*, sisäkorvan luuhun. Toinen rusto (engl. ascending process) on edellisen etupuolella ventraalisesti ja se on kiinnittynyt sisäkorvan luustoon. Kolmas rusto (engl. basal process) kiinnittyy jo toukkavaiheessa pääkalloon ja pysyy kiinnittynyt siihen useimmilla salamantereilla, mm. rupiliskolla, myös aikuisena. *Pars quadrata* on yhteydessä em. rustojen lisäksi myös ääntä välittävään elimistöön jänteen (engl. suspensorio-columella ligament) avulla. Aikuisilla salamantereilla *palatoquadraten* etuosan sivustalla on vielä neljäs rusto (engl. pterygoid process), joka ulottuu maksillan takaosaan (Duellman *et al.* 1986).

### Lihakset

*Levator mandibulae* -lihas muodostuu alaleuankaareen kiinnittyneistä kolmoishermon (viides aivohermo, jatkossa aivohermot lyhennetään muotoon C.N., *cranial nerve*, monikossa C.Nn., aivohermot käsitellään myöhemmin) ohjaamista lihaksista, jotka ovat toisesta päästä kiinni pääkallossa. Nämä lihakset avaavat ja sulkevat alaleuan. *M. levator mandibulae* vastavaikuttajalihaksena toimii *depressor mandibulae* -lihas, jota hermottaa kasvohermo (C.N. VII). *Depressor mandibulae* lihaksella avataan leuka. Se on kiinnittynyt kuulokapselin lähelle, suomumaisen luun takaosaan ja pään ja hartian sisäpuoliseen kalvoon selänpuolella ja ulottuu alaleuan takaosaan, jossa se niveltyy *quadrate*-luuhun (Duellman *et al.* 1986).

### Hyobranchium

*Hyobranchium* koostuu luustosta, joka sijaitsee suun pohjalla. Se toimii kielen perusrakenteena. *Hyobranchiumiin* kuuluu lihaksia ja jänteitä, jotka ovat kiinnittyneinä alaleuassa, pääkallossa ja hartiaavyössä. Hartiaavyö on selkärankaisten eturaajoihin liittyvä luusto: solis-, korppi- ja lapaluu. Useimmilla aikuisilla salamantereilla *hyobranchium* koostuu osasta kieliluuta ja kahdesta ensimmäisestä nieluukaaresta. *Copula* on *hyobranchiumin* keskeinen elementti, se sijaitsee keskellä ja siihen on kiinnittynyt muut *hyobranchiumin* osat. *Copulan* etuosassa sijaitsee yleensä parilliset sarvimaiset muodostumat, jotka ovat kielilihaksen sisällä. Suun pohjalla olevat lihakset osallistuvat kaasujen vaihtoon, saaliin pyydystämisen, hienontamisen ja nielemisen (Duellman *et al.* 1986).

### Nielun lihakset

Tärkeimmät nielemisessä käytettävät lihakset ovat *dilatator laryngis*, *constrictor laryngis*, *intermandibularis*, *interhyoides*, *cephalodorsosubpharyngeus* ja *levator bulbi*. *Dilatator laryngis* ja *constrictor laryngis* ovat vastavaikuttajalihaksia, jotka avaavat ja sulkevat nielua ja äänielintä. Lihaksia hermottaa kiertäjähermo. *Dilatator* on yksittäinen lihas, joka on kiinnittynyt *hyobranchiumin* luustoon ja kurkunpään kannurustoon.

*Constrictoreita* on salamantereilla yleensä kaksi: *dorsalis* ja *posterior*. Tosin *dorsalis* on esim. rupiliskolla hävinnyt muodonvaihdoksen yhteydessä. *Dorsalis* säilyy monilla neoteenisillä (yksilöt säilyvät ulkoisesti toukkamuotoisina lisääntymiskyvyn saavuttamisen jälkeenkin) salamantereilla. Alaleuan haaran pinnalla on kalvomainen lihas, jonka etuosan muodostaa *intermandibularis* -lihas, jota hermottaa kolmoisherma. Kyseessä olevan kalvomaisen lihaksen takaosan muodostaa *interhyoides* -lihas, jota puolestaa hermottaa kasvohermo. *Intermandibulariksen* supistuminen nostaa poskiontelon pohjaa. *Interhyoideus* -lihaksen etuosan supistuminen puristaa *hyobranchiumin* luustoa ja suun takaosaa. *Interhyoideuksen* takaosan supistuminen puolestaan kutistaa nielua sekä painaa päätä alaspäin ja sivusuunnalle. *Levator bulbi* on levymäinen lihas, joka sijaitsee silmän ja suulaen välissä, sitä hermottaa kolmoisherma. Lihaksen supistuminen kohottaa silmää ja siten laajentaa suuonteloa. *Cephalodorsosubpharyngeus* -lihasta hermottaa kiertäjähermo. Lihas on muodostunut toukkavaiheen kiduslihaksista. Se on kiinnittyneenä takaraivon sivuille ja ulottuu sieltä kurkunpää etupuolelle. Lihaksen supistuminen supistaa nielua (Duellman *et al.* 1986).

### ***Rectus cervicilis ja geniohyoides***

Kieliluun ja kielen liikkeisiin vaikuttavat monet eri lihakset. *Rectus cervicilis* -lihasta hermottaa kolme ensimmäistä selkäydinhermoa. Lihaksen sisemmät osat ovat kiinni *copulan* selkäpuolella tai kieliluussa. *Rectus cervicilis* -lihaksen uloin osa on laaja levymäinen lihas, joka on kiinni kieliluun vatsanpuoleisessa osassa. Lihas vetää kieltä ja kieliluuta sisäänpäin. *Geniohyoides* -lihas on nauhamainen ja se sijaitsee *intermandibulariksen* sisällä. Joillakin salamantereilla, mm. rupiliskolla, *geniohyoideksella* on myös osa, joka liittyy *ceratohyalin* takaosaan ja *rectus cervicilisen* etuosaan. *Geniohyoides* -lihasta hermottaa kielenliikuttajahermo. Lihaksen supistuminen painaa alaleukaa alaspäin tai vaihtoehtoisesti koko päätä, jos leuat ovat kiinni sekä työntää kieliluuta eteenpäin. *Transversus ventralis* on syvä nielunlihas, jota hermottaa kiertäjähermo. Lihas on liittyneenä *ceratobranchialin* päähän ja keskisaumaan (Duellman *et al.* 1986).

### ***Subhyoideus ja subarculis rectus I***

Kaksi syvää sisäelimiin liittyvää lihasta ovat yhteydessä kielen liikkeisiin. *Subhyoideus* -lihasta hermottaa kasvohermo. Lihas on liittyneenä *ceratohyalin* takaosaan ja toisesta päästä *intermandibulariksen* kalvojänteeseen. Lihaksen supistuessa *ceratohyalin* selänpuoleinen reuna taipuu sivuttaisesti eteenpäin ja samalla kieli nousee. *Subarculis rectus I* -lihasta hermottaa C.Nn. IX ja X. Lihas täydentää *subhyoideuksen* toimintaa, se nostaa myös kieltä. Lihaksen supistuminen vetää ensimmäistä *ceratobranchialin* takaosaa vatsanpuolelta ja samalla pakottaa nielukaaria kiertymään eteenpäin, jolloin kieli työntyy ulos (Duellman *et al.* 1986).

### ***Genioglossus ja hyoglossus***

Kieli koostuu kahdesta lihaksesta, *genioglossuksesta* ja *hyoglossuksesta*, joita molempia ohjaa kielenliikuttajahermo. Kaksiosainen *genioglossus* on peräisin alaleuan yhteenkasvamisesta. Keskellä oleva lihassäikeiden kimppu on liittynyt kielen pohjaan, samaan sidekudokseen, joka yhdistää kieliluun *basibranchialin* ja *rectus cervicilisen*. *Genioglossuksen* toinen osa on viuhkamainen lihassäikeiden ryhmä suun pohjalla, josta ne liittyvät kielen reunoihin. *Hyoglossuksen* lihassäikeet ovat liittyneet kieliluun selänpuoleiseen pintaan, josta ne lähtevät kielen sisään (Duellman *et al.* 1986).

## **Päätukiranka**

Päätukirankan kuuluvat pääkallo, selkäranka, kylkiluut ja rintalasta. Päätukiranka muodostaa jäykän, mutta joustavan pitkittäisen tuen päälle ja sisäelimille. Päätukirankaan kiinnittyy raajojen tukiranka. Päätukiranka muodostuu yksittäisistä selkänikamista, jotka ovat poikkileikkaukseltaan renkaanmuotoisia. Nikamat ovat muodostuneet rustoisia ja kalvoista. Luutumisen alkaa mesenkyymistä kehittyvästä tupesta, joka paksuuntuu ja muuttuu solumaiseksi, kun siihen yhtyy sidekudoksen soluja. Selkänikamat muodostavat selkäydinreiän selkäytimelle. Nikamien kaarissa on ulokkeita, joihin lihakset ja sidekudos kiinnittyvät. Salamantereiden selkäranka koostuu viidestä vyöhykkeestä: kaula, vartalo, sakraalinen

(ristiluuhan liittyvä), sakraalis-kaudaalinen ja kaudaalinen (pyrstöön liittyvä). Kaulan kohdalla on vain yksi selkänikama, pääkallon kannattajanikama, johon ei ole kiinnittynyt kylkiluita. Kannattajanikamassa on neljä kiinnittymiskohtaa, joista se on kiinni kallon takaosaan: kaksi kuppimaista kuoppaa, jotka liittyvät takaraivonluun nivelnastoihin. Em. kuoppien välissä vatsanpuolella on *tuberculum interglenoideum* -luu, joka kulkee kallon niska-aukkoon ja kiinnittyy sen seinämiin. Vartalo-osuus on kannattajanikaman ja ristiluun välillä. Salamanterilajista riippuen se muodostuu 10–60 samanlaisesta nikamasta, joskin keskellä olevat nikamat ovat hiukan pidempiä. Jokaisessa nikamassa on kaksi liitoskohtaa, joilla se on kiinni etu- ja takapuolella oleviin nikamiin. Kylkiluut ovat kiinnittyneet näihin vartalonikamiin. Yhdessä nikamassa on kaksi kohtaa, joihin nikamanpuolelta haaroittuneet kylkiluut ovat kiinnittyneinä: vatsanpuoleinen diafyysi ja selänpuoleinen parapofyysi. Toisessa ja kolmannessa nikamassa on rustoisia lisäkkeitä, joihin on kiinnittyneinä hartiavyöstä alkavia lihaksia. Sammakkoeläinten kylkiluut eivät yleensä ulotu selkäranganlihaksiston yli. Poikkeuksen tähän muodostavat *Triturus*- ja *Euproctus*-suvut. Sakraaliosa muodostuu laajenneesta vartalo-osan selkänikamasta ja kylkiluista, jotka tukevat lantiovyötä. Lantiovyö liittyy takaraajat selkärankaan. Lantiovyöhön kuuluvat istuin- (*os ischii*), suoli- (*os ilium*) ja häpyluut (*os pubis*) sekä ristinikamien yhteensulauma ristiluu. Sakraalis-kaudaalisuudessa on 2–4 nikamaa, joissa ei ole kylkiluita. Tämän osuuden viimeinen nikama tukee kloaakin takaosaa ja se on myös salamanterin ruumiin takareuna. Lajista riippuen salamantereiden pyrstössä on 20–100 nikamaa. Kaikissa pyrstön nikamissa on ventraalinen ontelo, joista muodostuu kanava pyrstön verisuonille. Useimmilla salamantereilla on valmius autotomiaan eli kyky itse irrottaa pyrstö vaaran uhatessa. Pyrstö katkaistaan nikamien välistä. Jos salamanterilla on paksu pyrstön tyvi (esim. *Desmognathus*), pyrstö katkaistaan ohuemmasta pyrstön päästä. Ohutpyrstöiset lajit voivat katkaista pyrstönsä aivan tyvestäkin (esim. *Chioglossa*). Iho katkeaa yhtä nikamanväliä taaempaa ruumiiseen nähden, jolloin tämä ihon osuus peittää haavan. Pyrstön uusiutuminen alkaa välittömästi katkaisun jälkeen (Duellman *et al.* 1986). Salamanterit pystyvät kasvattamaan myös uusia sormia tai raajoja menettyjen tilalle. Sormien kasvattaminen onnistuu muutamassa viikossa. Aina raajat eivät kuitenkaan tule ennalleen, vaan niihin saattaa kasvaa epämuodostumia (Griffiths 1996).

### Päätukirangan lihakset

Ruumiin selkäpuolen lihakset ovat muodostuneet pinnalla olevasta jaokkeellisesta lihaksesta nimeltään *m. dorsalis trunci*. Tämä lihas ja syvemmillä olevat johdannaiset on hermotettu selkäydinhermon sivuhaaroista. Syvemmässä osassa lihas jakaantuu kahtia: *m. interspinalis* sijaitsee selkärangan dorsaalipuolella. Sen lihassäikeet saavat alkunsa nikaman posterodorsaalista (takana selänpuolella) reunasta ja jatkuvat nikaman kaarien dorsaalipinnalla taaempaan nikamaan. *M. intertransversarius* sijaitsee kahden vierekkäisen poikittaisen haarakkeen välissä, josta se kiinnittyy ja liittyy seuraavaan nikamaan. Niskan alueella *m. intertransversarius* jakaantuu vielä kolmeen eri lihakseen, jotka ovat kiinni kallon takaosassa: *mm. transversarius capitis superior, posterior* ja *inferior*. Näitä lihaksia käsiteltiin jo niskalihasten yhteydessä (Duellman *et al.* 1986).

Ruumiin vatsanpuolen lihakset jaotellaan kolmeen osaan: selkärangan ventraalisiin, kyljen ja vatsan lihaksiin. Näitä kaikkia hermottaa selkäydinhermo. Selkärangan ventraalisesti sijaitsevat lihakset ovat muodostuneet *m. pars subvertebralis* ja *transversaliksista*. Edellinen on kiinnittynyt perättäisten nikamien ventraalipuoleen. *Transversalis* on *subvertebraliksen* sivuilla. *Transversalis* on vertikaalisten lihassäikeiden kimppu, joka on kiinni kylkiluiden ventraalipinnoissa. Kyljen lihakset ovat muodostuneet kolmesta päällekkäisestä vinosta lihaksista. Päälimmäisin niistä on *m. obliquus externus*, jonka lihassäikeet ovat kiinni kylkiluissa dorsaalista ja viettävät takaviistoon seuraavaan kylkiluuhan. Tämän lihaksen alla on *m. obliquus internus*, jonka lihassäikeet viettävät etuviistoon eli suorakulmaisesti *externus* -lihaksen nähden. Lihas on kiinnittynyt vierekkäisiin seinämiin (engl. myosepta), jotka ovat kylkiluiden jatkeena. Kolmas ja syvin kyljen lihaksisto on *m. transversus*, jonka lihassäikeet kulkevat dorsoventraaliseen

suuntaan muodostaen kylkiä seuraavan nauhan. Näiden vinojen lihasten ensisijainen tehtävä on tukea sisäelimiä ja liikuttaa päätukirankaa vatsan puolelta. Varsinaiset vatsalihakset koostuvat *m. rectus abdominiksesta* ja sen johdannaisista. Nämä lihakset ovat hartia- ja lantiovyön välisellä alueella. Valkoinen jännesauma, *linea alba*, jakaa vatsalihakset vasempaan ja oikeaan puoleen. Päälimmäisenä lihaksena on *m. rectus abdominis superficialis*. Se on iso levymäinen lihas, joka peittää takaruumista vatsanpuolelta häpyluusta rintalastaan saakka. Lihaksen päällä on jänneuurteita (engl. *tendinous inscriptions*), jotka ovat kiinni ihossa kylkiluiden kohdalla. *M. rectus abdominis profundus* on myös kiinnittynyt etuosastaan rintalastaan. *Profunduksesta* muodostuu myös niskan lihaksistoa. *Rectus abdominis* -lihasten pääasiallinen tehtävä on tukea sisäelimiä ja liikuttaa selkärankaa ventraalisesti (Duellman *et al.* 1986).

## Raajat

Raajojen luusto koostuu hartia- ja lantiovyöstä sekä niihin liittyneistä raajojen luista. Hartia- ja lantiovyö ovat kiinni päätukirangassa. Hartiavyö sijaitsee pään takana. Salamantereilla se on kolmiosainen: lapaluu, korppiluu ja etukorppiluu. Luut pystyvät liikkumaan toistensa päälle ventraalisesti. Eturaajat ovat kiinnittyneet lapaluun yläkuoppaan. Rintalasta on pieni, timantinmuotoinen, vatsanpuolella oleva rustoinen levy, johon korppiluun reuna on kiinnittynyt. Rintalasta tukee jonkin verran sisäelimiä ja siihen on kiinnittynyt lihaksia (Duellman *et al.* 1986).

## Eturaajojen luuston rakenne

Salamantereiden eturaajat koostuvat proksimaalisesta (lähempänä oleva) olkaluusta sekä distaalisista (kauempana oleva) varttinä- ja kyynäriluista. Yleensä näiden pitkien luiden päät eivät ole luutuneet. Nilkka koostuu luista ja rustoista. Varpaita on eturaajoissa neljä ja yleensä niissä on 1-2-3-2 tai 2-2-3-3 luuta alkaen ruumiinpuoleisesta varpaasta (Duellman *et al.* 1986).

## Hartiavyön ja eturaajojen lihakset

Hartianseudun ja eturaajojen lihakset voidaan jakaa kolmeen osaan: niihin, jotka liittyvät hartia- ja lantiovyön pääkalloon ja päätukirankaan sekä ojentaja- ja koukistajalihaksiin (Duellman *et al.* 1986).

*M. cucullaris* on suurin hartia- ja lantiovyöhön kiinnittynyt lihas. Sitä hermottaa lisähermo (C.N. XI). *Cucullaris minor* -lihaksen takapää on kiinni pään dorsaaliosassa kalvossa ja ulottuu lapaluun sekä etukorppiluun reunaan. *Cucullaris major* -lihaksen etureuna on kiinnittynyt osittain myös pään dorsaaliosassa kalvossa ja pääkallon posterodorsaaliosassa reunaan ja ulottuu etukorppiluun reunaan lähelle hartianiveltä. *Cucullaris* -lihaksen supistuminen kääntää ja laskee päätä. Jos päähän kiinnittyneet vartalon lihakset ovat jännittyneet, niin *cucullariksi* supistuminen vetää hartia- ja lantiovyötä päätä kohden (Duellman *et al.* 1986).

*M. thoracis scapularis* on kiinni viidessä ensimmäisessä selkänikamassa ja jatkuu lapaluun keskiosaan. Lihas kiinnittää hartia- ja lantiovyön päätukirankaan. *Thoracis scapulariksi* suoraa osuuden supistuminen painaa lapaluuta alaspäin, jolloin hartia- ja lantiovyön vatsanpuoleiset osat laajenevat. Lihaksen vinot säikeet puolestaan vetävät lapaluuta takaisin päin. Lihasta hermottavat selkäydinhermot 2–4 (jatkossa selkäydinhermot lyhennetään S.N. ja monikossa S.Nn., *spinal nerve*), (Duellman *et al.* 1986).

*M. latissimus dorsi* on kolmiomainen litteä lihas, joka sijaitsee hartian takana. Se on kiinni pään dorsaaliosassa kalvossa. Lihaksen säikeet kiinnittyvät pinnassa olevaan jänteeseen olkaluun päähän. Lihaksen supistuminen vetää eturaajaa taaksepäin. Lihasta hermottaa *dorsohumeralis* -hermo, joka on S.Nn. 3 ja 4 anastomoosi (yhdyshaara), (Duellman *et al.* 1986).

*M. dorsalis scapulae* on viuhkamainen lihas, joka on kiinnittynyt rustoiseen *suprascapulaan* ja toisesta päästä jänteeseen olkaluun harjaan. Lihaksen supistuminen loitontaa olkavartta. Lihasta hermottaa S.N. 3 (Duellman *et al.* 1986).



*M. subscapularis* on kiinni etukorppiluun selänpuoleisessa osassa sekä olkavarressa. Sitä hermottaa S.N. 3. Lihakset toimii yhdessä *m. latissimus dorsi* kanssa ojentaen olkaluuta taaksepäin kylkeä kohti (Duellman *et al.* 1986).

*M. anconeus* on olkavarren pääasiallinen ojentajalihas. Se on kiinni olkavarren selkäpuolella ja hartia- vyössä neljästä kohtaa. Toisesta päästä lihas on kiinnittynyt kyynärluun päähän. Lihasta hermottaa S.N. 3 ja sen supistuminen ojentaa tai suoristaa kyynärpäähän niveltä (Duellman *et al.* 1986).

Eturaajassa on vielä kolme ojentajalihasta edellisten lisäksi. Ne kaikki ovat kiinnittyneenä olkaluuhun ja niitä hermottaa S.N. 3 tai S.Nn. 3 ja 4 anastomoosi. *M. extensor digitorum* on näistä kolmesta lihakselta päällimmäisin ja merkittävin. Sen lihassäikeet kiinnittyvät toisesta päästä eturaajan varpasiin ja se ojentaa ranneniveltä ja siten koko kättä. *M. extensor antibrachii et carpi ulnaris* ja *extensor antibrachii et carpi radialis* toimivat yhdessä kyynärvarren ojennuksessa. Ensimmäinen mainittu lihas on kiinni kyynärluun distaalipäässä ja viimeksi mainittu on kiinnittynyt värttinäluun distaalipäähän. Sormien liikuttamiseen on neljä eri lihasryhmää. Nämä lihakset ovat kiinni rannealueella ja sormien luissa (Duellman *et al.* 1986).

*M. pectoralis* on pinnassa oleva, viuhkamainen lihas, joka alkaa *m. rectus abdominis* -lihaksen peitinkalvosta. Se peittää rinnan takaosan ja kiinnittyy olkavarteen. Lihasta hermottaa S.Nn. 4 ja 5. Lihakset lähentää käsivartta vetäen sitä ruumista kohden ja taaksepäin (Duellman *et al.* 1986).

*M. procoracohumeralis* saa alkunsa etukorppiluun dorsaalipinnasta ja se kiinnittyy lähelle olkaluun päätä. Se on vastavaikuttajalihas *m. latissimus dorsi* eli se koukistaa olkaniveltä, jolloin olkavartta vedetään eteenpäin. Lihasta hermottavat S.Nn. 2 ja 3 (Duellman *et al.* 1986).

*M. supracoracoideus* sijaitsee pinnalla *m. pectoralis* -lihaksen etupuolella. Lihakset saa alkunsa korppiluun rustosta. Sen viuhkamaiset lihassäikeet liittyvät jänteeseen, joka on kiinni olkaluun takaosassa. *Supracoracoideus* -lihas lähentää olkavartta, jolloin käsivarsi liikkuu kohti vartaloa. Lihasta hermottavat S.Nn. 2 ja 3 (Duellman *et al.* 1986).

*M. coracobrachialis* saa alkunsa korppiluun ventraaliosasta ja kiinnittyy olkavarren takapinnalle. Se koukistaa olkaniveltä, jolloin raaja liikkuu taaksepäin (Duellman *et al.* 1986).

*M. humeroantibrachialis* on merkittävin kyynärnivelen koukistajalihas. Sitä hermottaa S.N. 4. Se on kiinni olkavarren koukistajapuolella ja toisesta päästään se on kiinni värttinäluun proksimaalisessa päässä (Duellman *et al.* 1986).

Uloimpiin käsivarren koukistajiin kuuluvat *mm. flexor antibrachii et carpi radialis, flexor antibrachii ulnaris, flexor carpi ulnaris* ja *flexor digitorum communis*, joita kaikkia hermottaa S.N. 4. Kaikki em. lihakset ovat kiinnittyneinä alkupäästään olkavarren sivunastaan. Kolme ensin mainittua lihasta koukistavat ranneniveliä. *Flexor digitorum communis* on ohut levymäinen lihas, joka on distaaliosastaan kiinni kämmenessä, josta se jatkuu edelleen ulompiin sormiluihin. Lihaksen supistuminen koukistaa kättä. Sormien koukistamiseen ja ojentamiseen osallistuu lisäksi monia syvempiä lihaksia (Duellman *et al.* 1986).

### Eturaajan liikuttaminen

Eturaajan eteenpäin työntäminen alkaa olkaluun taaksepäin vetämisellä olka-, kyynär- ja ranneniveliä koukistamalla. Olkaniveleen vaikuttavat *mm. latissimus dorsi, pectoralis, procoracohumeralis* ja *coracobrachialis*. Samanaikaisesti kyynär- ja ranneniveliin vaikuttavat *mm. humeroantibrachialis, flexor antibrachii et carpi radialis, flexor carpi ulnaris* ja *flexor antibrachii ulnaris*. Näiden lihasten supistuminen yhdessä sormiin vaikuttavien lihasryhmien kanssa suoristaa eturaajan ja painaa sormet maata vasten, jolloin eturaajan ja maan välinen kitka kasvaa ja taaksepäin luiskahtamisen mahdollisuus pienenee. Tässä vaiheessa paino on eturaajalla, joka välittää takaraajoilta tulevan eteenpäin työntävän voiman maahan. Seuraavassa vaiheessa sormet nostetaan maasta ja olkavartta työnnetään eteen- ja ylöspäin, kun *dorsalis scapulae* ja *procoracohumeralis* -lihakset supistuvat. Kyynärpäät ja ranne pysyvät aluksi koukistettuina, mutta *m. extensor digitorum communis* supistuminen oikaisee ranteen ja koko raajan (Duellman *et al.* 1986).

## Lantiovyön rakenne

Salamantereiden lantiovyö koostuu vatsanpuolella olevasta häpy- ja istuinluun muodostamasta levystä (engl. *puboischiac plate*) ja selänpuolella olevista parillisista nuijamaisista suoliluista, jotka ovat kiinnittyneet dorsaalisesti ristinikamaan. Ventraalisesti suoliluut liittyvät istuinluun takaosaan ja häpyluun etuosaan, jolloin niistä muodostuu lateraalinen lonkkamalja, johon reisiluun pää niveltyy. Istuinluut ovat pyöreitä luutumia *puboischiac* -levyn takaosassa. Levyn etuosassa on häpyrusto, jonka läpi kulkee *obturator* –hermo. Lantiovyön puoliskoja yhdistää symfyysi eli luuliitos. Rupiliskoilla (ja muilla salamantereilla lukuun ottamatta heimoja Sirenidae, Proteidae, Amphiumidae ja Plethodontidae) lantiovyöhön on liittynyt ypsilon-rusto, Y:n muotoinen rakenne, joka sijaitsee lantiovyön keskiviivalla, *poboischiumin* etupuolella. Ypsilon-rusto liittyy keuhkojen hydrostaattiseen toimintaan. *M. ypsiloideus anterior* -lihaksen supistuminen kohottaa ypsilon -rustoa, jolloin vartalon takaosa supistuu ja ilma siirtyy keuhkoissa eteenpäin, jolloin pää nousee vedessä ylöspäin. *M. ypsiloideus posterior* -lihaksen supistuminen supistaa rustoa, jolloin ilma liikkuu keuhkoissa taaksepäin, vähentäen pään nostetta, jolloin pää rupeaa uppoamaan (Duellman *et al.* 1986).

## Takaraajojen rakenne

Proksimaalisesti (lähempänä oleva, tässä tapauksessa lähempänä tukirankaa oleva) reisiluu liittyy lantiovyöhön lonkkanivelellä, joka on pallonivel. Sääressä on sääri- ja pohjeluu. Nilkka koostuu luista ja rustoista. Varpaita on viisi ja niissä on luita seuraavasti 1-2-3-3-2, kun aloitetaan ulommaisesta varpaasta (Duellman *et al.* 1986).

## Lantiovyön ja takaraajan lihakset

Lantiovyön seudulla olevat lihakset eivät ole yhteydessä päätukirangan lihaksiin. Syynä tähän on lantiovyön tiukka kiinnittyminen päätukirankaan, jolloin lihaksista ei tarvita lisätukea lantion seudulle. Päätukirangan lihakset eivät myöskään tue lantiota tai takaraajojen liikkumista samalla tavalla kuin eturaajojen kohdalla. Takaraajojen lihaksisto voidaan jaotella karkeasti kahtia, niihin jotka ovat dorsaalisten ja ventraalisten lihasten johdannaisia. Dorsaalisten lihasten johdannaiset ovat yleensä koukistajia ja ventraalisten ojentajia, päinvastoin kuin eturaajassa. Reisiluu pystyy liikkumaan lonkkanivelessä laajasti. Polvinivelen ja nilkkojen liikkeet ovat rajoitetumpia (Duellman *et al.* 1986).

## Takaraajan ojentajat:

*M. iliofemoralis* on syvin reisilihas. Se saa alkunsa suoliluun takareunasta ja istuinluun dorsaaliosasta ja ulottuu reisiluun keskiosan taakse. Lihaksen supistuminen ojentaa lonkkaniveltä vetäen reittä taaksepäin. Lihasta hermottaa S.Nn. 16 ja 17 (Duellman *et al.* 1986).

*M. ischiofemoralis* on ventraalin lihaksiston johdannainen, se ojentaa lonkkaniveltä vetäen reittä taaksepäin. Tämä lyhyt lihas on kiinni istuinluun dorsaaliosassa ja toisesta päästään se on kiinnittynyt reisiluun päähän. Lihasta hermottaa S.Nn. 16 ja 17 (Duellman *et al.* 1986).

*Mm. iliotibialis, iliofibularis* ja *ilioextensorius* -lihakset vastaavat polven ojentumisesta. Niitä kaikkia hermottaa S.Nn. 16 ja 17. *Iliotibialis* -lihas saa alkunsa suoliluun dorsolateraaliosasta, se kulkee reiden dorsaalipinnassa polven yli ja kiinnittyy sääriluuhun. *Ilioibularis* -lihas alkaa suoliluun lateraalipinnalta, *iliotibialiksen* takaa, se kulkee posterodorsaaliosasta reiden yli pohjeluuun proksimaalipäähän. Yhdessä *iliotibialiksen* kanssa se ojentaa polvea ja säärtä. Kun ventraalinen koukistaja, *pubotibialis* -lihas, supistuu yhdessä *iliofibularis* -lihaksen kanssa, koukistuu sääri. *Ilioextensorius* -lihaksen supistuminen ojentaa polviniveltä samalla säärtä ojentaa. Lihaksen kiinnittynyt suoli- ja sääriluuhun (Duellman *et al.* 1986).

*Mm. extensor digitorum communis, e. tarsi tibialis* ja *e. cruris tibialis* saavat alkunsa reisiluun ulkosivunastasta ja ne ulottuvat polven yli. Niitä hermottaa S.Nn. 16 ja 17. *Extensor digitorum communis* on lihaksista päällimmäisin, se kiinnittyy jalan yläpintaan ja toimii tärkeimpänä jalan ojentajana. *Extensor tarsi tibialis* on pieni lihas, joka kiinnittyy sääriluun ventraalipintaan ja varpaiden rustoon. Lihaksen tärkein tehtävä

on ulkorotaatio eli jalan kääntäminen siten, että varpaat osoittavat ulospäin. *Extensor cruris tibialis* kulkee sääriluun reunassa ja se ojentaa nilkkaa (Duellman *et al.* 1986).

Varpaiden ojentajina toimivat kompleksiset *extensores digitorum breves* -lihakset. Ne ovat kiinnittyneet nilkan osiin, joista lähtee jänteitä kaikkiin varpasiin (Duellman *et al.* 1986).

### Takaraajan koukistajat

*M. puboischiofemoralis internus* on iso ja voimakas lihas, joka saa alkunsa häpyluun dorsaaliosasta ja osittain istuin- ja suoliluusta. Se kiertyy häpyluun etupuolelta reiden pinnalle ja kiinnittyy reisiluun etuosaan. Lihaksen supistuminen koukistaa lonkkaniveltä liikuttaen reittä taaksepäin. Lihasta hermottavat S.Nn. 15 ja 16. *M. p. externus* saa alkunsa lantiovyön ventraalipinnasta ja se kulkee reisiluun ventraalipinnalla ja kiinnittyy reisiluun keskikohdalle. Lihaksen supistuminen koukistaa lonkkaniveltä ja liikuttaa reittä eteenpäin. Sitä hermottavat S.Nn. 15–17 (Duellman *et al.* 1986).

*M. puboischiotibialis* on kiinnittynyt jänteellä lantiovyön anteroventraaliseen (päättä lähempänä oleva vatsanpuoleinen) nurkkaan ja se kulkee reiden ventrolateralista sivua pitkin kiinnittyen sääriluun proksimaaliosaan. Lihaksen supistuminen lähentää takaraajaa koukistamalla polvea (Duellman *et al.* 1986).

*M. ischioflexoris* on hihnamainen lihas, joka saa alkunsa istuinluun ventrolateralisesta nurkasta. Se kulkee reiden posteroventraalista (pyrstöä lähempänä oleva vatsanpuoleinen) pintaa ja kiinnittyy *flexor primordialis communis* -lihaksen kalvojänteeseen jalkapohjassa (Duellman *et al.* 1986).

*M. flexor primordialis communis* on jalan tärkein koukistajalihas. Se saa alkunsa pohjeluun lateraalipinnasta ja reisiluun ulkosivunastasta. Lihas kulkee pohjeluun myötäisesti jalkapohjan kalvojänteeseen. Kalvojänne jakautuu distaalisesti viiteen jänteeseen, jotka kiinnittyvät varpaiden uloimpiin luihin. Lihaksen supistuminen koukistaa jalkaa ja kääntää sitä eteenpäin. Varpaiden koukistamiseen ja ojentamiseen liittyy lisäksi monia pieniä lihaksia, jotka saavat alkunsa sääri- ja pohjeluun distaaliosasta ja kiinnittyvät jalkapöytään (Duellman *et al.* 1986).

*M. flexor accessorius lateralis* ja *m. f. a. medialis* hoitavat takaraajan pronaatiota eli sisärotaatiota, jolloin jalka kääntyy siten, että varpaat osoittavat sisäänpäin. *Lateralis* -lihas saa alkunsa pohjeluun lateraaliosasta reunasta ja se kulkee vinosti jalkapöydän yli kiinnittyen jalkapohjan kalvojänteeseen. *Medialis* -lihas alkaa pohjeluun distaaliosasta ventromediaalisesti (keskitasossa vatsanpuolella) ja jalkapöydästä. Se kiinnittyy jalkapohjan kalvojänteeseen dorsaaliosasta (Duellman *et al.* 1986).

*M. interosseus cruris* on ohut levymäinen lihas, joka liittyy yhteen sääri- ja pohjeluun sisäosistaan. Lihas toimii näiden kahden luun välisenä joustavana siteenä (Duellman *et al.* 1986).

### Takaraajan liike

Takaraajan eteenpäin suuntautuva liike alkaa siitä, kun jalkapohja koskettaa maata. Tällöin reisi liikkuu taaksepäin ja koko jalka koukistetaan. Reiden vetäminen sisäänpäin johtuu ventraalis-kaudaalisen *m. caudalifemoralis* ja ventraalisten reisilihasten *mm. iliofemoralis* ja *puboischiofemoralis* supistumisesta. Samanaikaisesti *m. ischioflexoris* koukistaa polvea ja nilkkaa. *M. flexor primordialis communis* painaa jalkaa ja varpaita maata vasten, jotta jalka ei lipeä taaksepäin. Näin reisiluu toimii vipuna, joka työntää vartaloa eteenpäin, reisiluun itsensä liikkuessa taaksepäin vaakasuorasti. Liikkuvan reiden vipuvoima välitetään maahan koukistuneesta raajasta, jossa sääri ja jalkapöytä toimivat tukipisteinä. Seuraavassa vaiheessa jalka nousee maasta, jolloin takaraaja oikaistaan eteenpäin seuraavasti: *m. puboischiofemoralis* supistuu reidessä, *mm. iliotibialis, ilioextensorius, iliofibularis, extensor tarsi tibialis* ja *extensorcruris tibialis* supistuvat, jolloin koko raaja suoristuu. Kun raaja on suoristunut suoraan kulmaan vartaloon nähden, koukistetaan polvea. Tämän jälkeen *m. extensor digitorum communis* oikaisee raajan suoraan eteenpäin. Tämän jälkeen jalkapohja painetaan maahan ja otetaan uusi askel (Duellman *et al.* 1986).

## Pyrstön lihakset

Pyrstön lihakset muistuttavat vartalon lihaksia. Pyrstön etuosassa sijaitsee *m. iliocaudalis*, jonka lihassäikeet lähtevät kahdesta tai kolmesta ensimmäisestä pyrstönikamasta ja ne kiinnittyvät suoliluuhun. Sitkeä sidekudos kiinnittää pyrstön nikamien ulokkeet ihoon ja jakaa pyrstön lihaksen oikeaan ja vasempaan puoleen. Selänpuolella pyrstön lihaksissa on syvä pitkittäisura, jossa sijaitsee ihorauhasia (Duellman *et al.* 1986).

Pyrstön neljännen ja viidennen nikaman ventraalipuolelta saa alkunsa kolme pyrstölihasta. *M. caudalifemoralis* kiinnittyy reisiluuhun. Lihaksella saadaan aikaan voimakas taaksepäin suuntautuva reiden liike, samalla kun pyrstöä koukistetaan. Kaksi muuta pyrstölihasta, *mm. caudalipuboischiotibialis* ja *ischiocaudalis*, ovat kiinni lantiovyössä ja reiden lihaksissa. Nämä lihakset keskittyvät pyrstön liikutteluun (Duellman *et al.* 1986).

## Iho, aisti- ja sisäelimet

### Aistit

#### Toukkien kylkiviiva-aisti

Eliön ja ympäristön rajapinnalla oleva iho saa paljon ärsykeitä, jotka on välitettävä aivoihin, jotta eliö voi reagoida ärsykkeeseen tarkoituksenmukaisesti. Kylkiviiva-aistin rakenne ja sijoittuminen on samantaisia kaikilla sammakkoeläinlajeilla. Se aistii veden virtauksen ja paineen. Elimet sijaitsevat pieninä ryhminä lateraalaisella tai dorsolateraalaisella pinnalla vartalon ja pään orvaskedessä. Jokainen kylkiviiva-aistin koostuu verinahassa sijaitsevasta päärynänmuotoisesta soluryhmästä, jossa on kolmenlaisia soluja: kuorisolut muodostavat reunukset, tukisolut sijaitsevat kuorisolujen sisällä ulottuen ihon pinnalle saakka ja aistinsolut, jotka sijaitsevat elimen kärjessä. Toukkavaiheessa aistinsolut ulottuvat ihonpinnan ulkopuolelle, mutta kasvun edetessä ne vetäytyvät hiukan sisäänpäin. Kylkiviiva-aistimen kärjessä on *cupula*, nauhamainen ohut uloke. *Cupulan* juuressa sijaitsee pitkä värekarvasolu, *kinocilium* ja lyhyempiä *stereocilioita*. Päässä sijaitsevia kylkiviiva-aistimia hermottaa naamahermo ja muita kiertäjähermo. Rupiliskolla kylkiviiva-aistimet ovat edellä kuvatun kaltaisia toukkavaiheessa. Juveniileilla (nuorilla, ei vielä sukukypsillä) terrestristä elämää viettävillä yksilöillä ne rappeutuvat (Duellman *et al.* 1986).

### Näkö

Kaloihin verrattuna terrestristen sammakkoeläinten silmän rakenne on kehittyneempi. Linssi on litistynyt ja se sijaitsee värikalvon takana, linssilihakset ovat kehittyneet, silmissä on suojaavia luomia ja rauhasia. Sammakkoeläinten silmien koko vaihtelee suuresti. Silmämuna on lähes pallomainen. Distaalisesti sitä peittää läpinäkyvä kudos, sarveiskalvo. Muu osa silmämunasta on kovakalvon peitossa (Duellman *et al.* 1986).

Salamantereilla silmäluomet kehittyvät muodonvaihdoksen aikana. Yläluomi on ihon poimu, joka liikkuu vain vähän. Alaluomi on liikkuvampi ja kehittyneempi. Sen yläosa on ohut, läpikuultava, N-muotoon poimuttunut vilkkuluomi, joka saa alkunsa toukkavaiheessa silmän etunurkassa olevasta erilaistumattomasta solukosta. Silmämunaa ympäröivä jänne on kiinni vilkkuluomen yläreunassa. Kun silmämunaa vedetään taaksepäin silmäkuoppaan, jänne vetää vilkkuluomen sarveiskalvon päälle. Vilkkuluomi vedetään pois ja alaluomi poimutetaan työntämällä silmämunaa ulospäin. Tämän toiminnon suorittaa *m. levator bulbi*, joka on kiinni alaluomessa posteroventraalisesti. Kyynelkanava johtaa silmän etureunasta nenäonteloon. Linssi on iso ja litistynyt. Verkko- ja kovakalvon välissä olevassa silmän seinämän kalvossa on pigmenttiä. Silmän seinämän rengasmaisen paksunnon, sädekehä on kolmiomainen linssin lihasten kiinnityspaikka. Sädelihasten supistuessa linssi tulee kuperammaksi. Linssin ympärillä on pigmenttisoluja sisältävä värikalvo eli iiris. Sitä voidaan laajentaa tai supistaa värikalvon sileiden lihasten, *mm. dilatator pupillae* ja *shinctor pupillae*, avulla. Näin säädellään silmäterän eli pupillin kokoa ja verkkokalvolla tulevan valon määrää. Iiris koostuu kahdesta verkkokalvon kerroksesta ja sidekudoksesta. Iiriksen epiteelikerroksessa sijaitsevat pigmentit: melanoforit ja iridoforit. Salamantereilla iiris on musta tai tumman ruskea (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläimillä on neljänlaisia valoreseptoreita, kahdenlaisia sauvasoluja ja kahdenlaisia tappisoluja. Sammakkoeläimet ovat eläinkunnan ainoa ryhmä, jolla on vihreitä sauvasoluja. Tosin matosammakoilta ja joiltakin neoteenisilta tai maan alla eläviltä salamantereilta ne puuttuvat. Näköpigmentti on valoreseptorin valoa vastaanottava väriaine. Toukkavaiheessa ja akvaattisilla sammakkoeläimillä tärkein näköpigmentti on purppuraa vastaanottava porfyropsiini. Terrestriisillä sammakkoeläimillä pääasiallinen näköpigmentti on sauvasolujen punaiseen reagoiva rodopsiini. Näköpigmentti muuttuu muodonvaihdoksen aikana (Duellman *et al.* 1986). Sauvasoluja on suhteellisesti enemmän sellaisilla lajeilla, jotka liikkuvat enemmän hämärässä ja pimeällä. Vesiliskoilla, jotka ovat hämääksiaktiivisia, sauvasolujen osuus on 13 %. Sen sijaan yöaktiivisella rupiliskoilla sauvasolujen osuus on jo 40 %. Salamantereiden silmä on sopeutunut hyvin vesielämään, ne näkevät vedessä pidemmällä kuin maalla. Salamantereiden silmät kykenevät erottamaan myös värejä (Griffiths 1996).

### Käpylisäke valoreseptorina

Alemmilla selkärangkaisilla (matelijat, sammakkoeläimet, kalat), kuten tuatara-liskolla, on pääläella valoa aistiva elin, jota kutsutaan pääläensilmäksi tai parietaalisilmäksi. Samankaltainen käpylisäkkeeseen liittyvä elin (engl. pineal end organ) on myös joillain sammakkolajeilla ja salamantereilla toukkavaiheessa. Salamantereilla pääläensilmä häviää yksilönkehityksen myötä. Tämä valoa aistiva elin näkyy pigmentittömänä täplänä pääläella silmien välissä. Pääläensilmä ja käpylisäke syntyvät alkionkehityksen aikana väliaivojen katosta ja pääläen ihosta. Käpylisäke sijaitsee etuainvojen takana väliaivoissa. Käpylisäke ja siihen liittyvä pääläensilmä ovat rakenteeltaan onttoja. Niissä molemmissa on reseptorisoluja, joiden hienorakenne muistuttaa verkkokalvon reseptorisoluja. Käpylisäke ja siihen liittyvä pääläensilmä vaikuttavat ihon pigmentteihin, vuorokausijaksoisuuteen ja suunnistamiseen auringon avulla. Käpylisäkkeen valoon reagoivien solujen toiminto estyy valossa ja aktivoituu pimeässä. Solujen aktivoituminen vapauttaa melatoniinihormonia. Melatoniinin erityis supistaa verinahassa sijaitsevia melanoforeja eli pigmenttisoluja, jolloin iho vaaleenee (Duellman *et al.* 1986, Bagnara *et al.* 1970).

### Haju

Sammakkoeläimillä on kaksi erilaista haistamiseen liittyvää järjestelmää, varsinainen ja täydentävä lisähajuaistin eli Jacobsonin elin. Varsinaisen järjestelmän afferentit hermosyyt eli impulsseja keskushermostoa kohti tuovat hermosyyt saavat alkunsa hajuelimen hajuepiteelissä ja päättyvät postsynaptisiin (synapsiraon jälkeinen rakenne hermosolujen välisessä liittymässä, synapsi: kahden hermosolun liittymä) hajukäähin hermosoluihin. Lisähajuaistin afferentit hermosyyt saavat alkunsa Jacobsonin elimen aistiepiteelistä. Niistä muodostuu vomeronasaalihermo, joka päättyy toiseen hajukäähin (Duellman *et al.* 1986).

Hajuelin sijaitsee pääläallon kuononpuoleisessa eli rostraalisessa pääläessä. Hajuelin koostuu pussimaisista rakenteista, joista suurin on *cavum principale*. Se aukeaa sieraimen etuosaan ja poskiontelon takaosaan, nenä-nieluaukon luokse. Pienempiä pussimaisia rakenteita sijaitsee ventraalisesti ja lateraalisesti. Kaikkia em. pusseja peittää värekarvaepiteeli, jossa on hengitykseen ja aistimiseen erikoistuneita värekarvoja. Hengitysepiteeli sijaitsee yleensä *cavum principalen* mediaali- ja lateraalipinnoilla. Epiteelin alla *lamina propria* sijaitsevat hermosyökkimput yhdistyvät posteriorisesti ja niistä muodostuu hajuradan dorsaalinen osa. *Cavum principalen* pohjalla olevasta aistinepiteelistä, *eminentia olfactoria*, muodostuu hajuradan ventraaliosa. Kolmas aistinepiteelialue on Jacobsonin elin. Aistinepiteelin värekarvat ärtyvät kemiallisten aineiden vaikutuksesta (Duellman *et al.* 1986).

Sammakkoeläinten kolmesta lahkosta salamantereiden hajuaisti on yksinkertaisin. Salamantereiden hajuelin *cavum principale* sijaitsee sieraimen ja nenä-nieluaukon välissä. *Cavum principalesa* on ventrolateraalinen laajentuma, *lateral diverticulum*, joka ulottuu nenä-nieluaukon taakse *sulcus maxillo-palatinus*-osana. *Lateral diverticulum* jaetaan anterolateraaliseen ja posterolateraaliseen osaan. Nenäkyynelkanava johtaa silmästä *lateral diverticulum* anterolateraaliseen osaan, jossa se avautuu Jacobsonin elimen aistinepiteelille. Posterolateraalinen osa, josta aistinepiteeli puuttuu, on yhteydessä nenäonteloon. Salamantereista kehittynein hajuaisti on terrestriisillä salamantereilla (Duellman *et al.* 1986).

## Kuulo

Selkärankaisten korva koostuu ulko-, väli- ja sisäkorvasta. Ulkokorvassa on tärykalvo, joka ottaa vastaan ilman värähtelyä. Välikorva on sammakkoeläinten luokasta ainoastaan sammakoiden ja konnien lahkossa. Sisäkorva on nesteiden täyttämä kalvojen muodostama sokkelo, joka koostuu perilymfa- ja endolymfajärjestelmistä. Perilymfajärjestelmän ontelo alkaa eteisikkunasta, jonka viereen on kiinnittynyt kuulosimpukan keskipylys. Ontelosta johtaa tiehyt aivokopassa sijaitsevaan perilymfapussiin. Tiehyen haarat ulottuvat endolymfajärjestelmän pyöreän rakkulan *papilla amphibiorum* ja *p. basilaris* -kammioihin (Duellman *et al.* 1986).

Endolymfajärjestelmässä on kaksi suurta rakkulaa, dorsaalinen *utrículus*, soikea rakkula ja ventraalinen *sacculus*, pyöreä rakkula. *Lagena* eli sammakkoeläinten kuulosimpukka on suora kalvopussi, joka sijaitsee soikean rakkulan posteroventraalisella pinnalla. Soikean rakkulan pinnalta lähtee kolme erisuuntaista kaaritiehyttä, jotka päätyvät soikean rakkulan sisälle reseptorisoluja sisältävän kaaritiehyiden tyven laajentuman, *cristae ampullae*, kautta. Endolymfaattinen tiehyt johtaa pyöreästä rakkulasta aivokopan perilymfapussiin. Sisäkorvan neuroepiteeliä hermottaa kuulohieron (C.N. VIII) posterioriset haarat. Neuroepiteelin solut muistuttavat kylkiviiva-aistin soluja. Jokaisessa solussa on monta *stereociliaa* ja yksi *kinocilium*. Neuroepiteelisoluja sijaitsee seuraavissa paikoissa: *cristae ampullae*, soikea ja pyöreä rakkula sekä *lagena* (Duellman *et al.* 1986).

*Papilla basilaris* -kammiossa sijaitsevat karvasolut ovat ympyränmuotoisesti ontelossa, joka aukeaa pyöreään rakkulaan ja toisesta päästään ohueen kalvoon, joka erottaa sen perilymfajärjestelmästä. Jokaisessa solussa on useita *stereocilioita* ja yksi *kinocilium*. *P. basilarista* hermottavat vain afferentit hermosyyt, jotka tuovat impulsseja kohti keskushermostoa (Duellman *et al.* 1986).

*P. amphibiorum* -kammio päättyy myös ohueen kalvoon, joka erottaa endolymfajärjestelmän perilymfajärjestelmästä. *P. amphibiorum* -kammio on hyvin erilainen eri sammakkoeläimillä kokonsa ja karvasolujen määrän sekä sijoittumisen suhteen. Värekarvojen kärjet ovat lähellä katekalvoa, joka on erillään aistimiseen kykenevästä pinnasta, neuroepiteelistä. Salamantereilla neuroepiteelissä on vain yksi pieni alue, jossa karvasoluja esiintyy. Sammakoilla ja konnilla niitä on kaksi. Kammiossa on afferentteja ja efferenttejä hermosyitä (Duellman *et al.* 1986).

Sisäkorva toimii tasapainoainena ja se välittää ilman tai veden värähtelyitä aivoihin. Sisäkorvan reseptorielimissä on tyypillisesti neuroepiteelipintoja, joissa on aistinsoluja. Sisäkorvassa on myös mekaanisesti värähtelyä välittävää nestettä ja luutumia. *Stereocilia*t reagoivat paineeseen, jonka sisäkorvan mekaaninen järjestelmä niille välittää. Mekaaninen järjestelmä toimii selektiivisesti, se ei päästä kaikkia ärsykeitä lävitseen. *Stereocilia*t ovat endolymfaattisen nesteen sisällä, jota soikean ikkunan värähtely liikuttaa. Jos värähtely on peräisin maasta, ne välitetään toonisina (jatkuvassa toimintatilassa oleva) *opercularis*-lihaksen vasteina. *Opercularis*-lihas on kiinnittynyt hartiavyöhön ja korvan *operculum*iin (Duellman *et al.* 1986).

Salamantereilla soikeaan ikkunaan kohdistunut paine aiheuttaa sisäkorvan nesteiden liikkumista siten, että ärsyke johdetaan pään läpi toisella puolella olevaan soikeaan ikkunaan. Tämä reitti alkaa perilymfaattisesta ontelosta. Sen jälkeen tulee endolymfaattinen pyöreä rakkula, josta ärsyke välitetään edelleen *papillae basilarikseen* ja *p. amphibiorumiin*. Jälkimmäisessä oleva kalvoikkuna johtaa perilymfaattiseen tiehyeseen ja edelleen aivokopan perilymfaattiseen pussiin. Tämän jälkeen ärsykkeen matka jatkuu keskimmäistä aivokalvoa, lukinkalvoa, pitkin aivoselkäydinnesteeseen aivojen alitse vastakkaisen korvan samoihin rakenteisiin käänteisessä järjestyksessä, päättyen soikeaan ikkunaan. Salamantereit siis aistivat äänen molemmilla korvillaan. Salamantereiden pyöreän rakkulan kuuloalue on 20–450 Hz, habitaatista riippuen. Sisäkorvan *p. basilaris* ja *amphibiorum* -kammioiden sisäpinnalla sijaitsee katekalvo (*membrana tectoria*) ja sen vastakkaisella seinämällä ovat aistinsolut, *stereocilia*t tyvilevyllä, *lamina basilaris*. Kun kammioon välitetään värähdyksiä tyvilevyn aistinsolut ärtyvät koskettaessaan katekalvoa. Kosketuksen aiheuttaa tyvilevyn taipuminen sisäkorvan nesteen liikkeen vaikutuksesta. *P. amphibiorumin* kuuloalue on salamantereilla 100–600 Hz. (Duellman *et al.* 1986) Salamantereit eivät käytä ääntä keskinäiseen kommunikointiin (Griffiths 1996).

Kaaritiehysten tyven laajentuma, soikea rakkula, pyöreä rakkula ja *lagna* ovat myös tasapainoelimiä. Kaaritiehyissä nesteen virtausvastus liikuttaa värekarvoja, jolloin ne aistivat eläimen liikkeen muutokset. Soikean rakkulan pohjalla olevat aistinkarvasolut aistivat pään asennon (Duellman *et al.* 1986).

## Hermosto

### Aivot

Etuaivojen etummainen osa, *telenkefalon*, koostuu parillisista hajukäameistä (*bulbus olfactorius*) ja aivopuoliskoista. Hajukäämät sijaitsevat kummankin isoavopuoliskon otsalohkon alapuolella. Hajushermon (C.N. I) lähtee salamantereilla hajukäämin anterolateraaliselä pinnalta. Aivopuoliskot voidaan jakaa dorsaaliin etuaivojen kuoreen, *palliumiin* ja ventraaliseen *subpalliumiin*. *Telenkefalon* toimii haistamiseen liittyvien aistinimpulssien vastaanottajana. Hajushermostäikeet ja *talamuksesta* sekä väliaivoista tulevat hermostäikeet yhtyvät etuaivopuoliskojen välisen seinän ja aivojuovion, *striatum*, kohdalla. Etuaivojen taaempi osa, *dienkefalon*, koostuu *epitalamuksesta*, *talamuksesta* ja *hypotalamuksesta*. *Epitalamus* koostuu hermostalon kiinnityspoimusta (engl. *habenular ganglia*), aivokammion katon suonipunoksesta ja käpylisäkkeestä. Kiinnityspoimuun yhdistyy hermostyitä *telenkefalonista*. *Fasciculus retroflexus* -hajushermostäikeet lähtevät posteroventraalisesti kiinnityspoimusta keskiaivojen kattoon. Käpyrauhanen on pieni elin *epitalamuksen* dorsomediaalisella (selänpuolella keskellä) pinnalla. Sen parietaalishermon (engl. *parietal nerve*) johtaa *epitalamuksen* takaosan alueelle keskiaivojen katon etupuolelle. *Dienkefalonin* lateraali- ja ventraaliseen koostuu *talamuksesta*, joka toimii monien tuntohermoratojen väliasemana. *Hypotalamus* on tärkeä autonomisten toimintojen säätelykeskus (Duellman *et al.* 1986).

Keskiaivot koostuvat yläosassa olevista näkökukkuloista (engl. *optic lobes*) ja pohjalla olevasta liikerataosasta. Liikeradat saavat hermostyitä aivojen kaikista ydinjatkeen (*medulla*) etupuolisista osista. Vartalon ja raajojen liikuttelun lisäksi liikerata-alueeseen on liittynyt kaksi silmälihasta. Tämän optisen alueen tehtävänä on eläimen liikkeiden visuaalinen kontrollointi, ruumiinasentojen hallinta ja silmien liikuttelu näkökentässä oleviin kohteisiin (Duellman *et al.* 1986).

Taka-aivoihin kuuluvat pikkuaivot ja ydinjatke. Pikkuaivot koostuvat dorsaaleista ulokkeista ja lateraaleista korvakepareista. Väliaivot hoitavat liikkeiden koordinoinnin. Muihin selkärankaisiin verrattuna sammakkoeläimillä on heikosti kehittyneet väliaivot. Tämä johtunee siitä, että sammakkoeläinten liikkeet ovat varsin yksinkertaisia. Lateraalit korvakeparit ovat hyvin kehittyneet niillä sammakkoeläimillä, joilla on kylkiviiva-aisti. Pikkuaivojen ja ydinjatkeen välissä on *istmus*. Siihen päättyy lähes kaikki aivoihin tulevat afferentit hermostäikeet. Se toimii myös kolmoishermon (C.N. V) päätumakkeena. *Istmus* toimii myös leukalihaksiston pääasiallisena säätelijänä. Ydinjatke on litistynyt selkäytimen jatke. Sen ventromediaaninen osuus toimii liikkeiden kontrolloinnissa ja dorsolateraalinen osuus aistien hallinnassa. Näiden osuuksien välissä ydinjatkeessa on aistin- ja liikehermostyiden risteyskohta. Salamantereilla on tämän risteyksen etupuolella suuria Mautnerin soluja, joiden aksonit (hermostolujen viejähaarakeet) ulottuvat pyrstön lihaksistoon saakka. Nämä hermostyitä säätelävät uintiliikkeitä. Sammakkoeläimillä kielenliikuttajahermo (*nervus hypoglossus*, C.N. XII) on yhdistynyt ensimmäiseen selkärangan hermoon. Päästä lähtee 11 aivohermoa. Niistä seitsemän (C.Nn. V-XI, kolmois-, loitontaja-, naama-, kuulo-tasapaino-, nielu-, kiertäjä- ja lisähermo) saapuvat ydinjatkeeseen, jonka eri osiin ne liittyvät afferenteilla ja efferenteilla hermostäikeillä. Salamantereilla kolmoishermon ja naamahermon aistintumakkeiden välissä on yhdyshaara. Ydinjatke kontrolloi nielemistä, ruuansulatusta, sydämen lyöntejä, leuan liikkeitä ja joitain ruumiin liikkeitä. Kuulo-tasapainohermon (C.N. VIII, *nervus vestibulocochlearis*) syyt yhdistyvät ydinjatkeeseen dorsaalista ja ventraalista juuresta. Ne yhdistyvät ydinjatkeen hermostolukeskuksessa. Ydinjatke kulkee pääkallon niska-aukon kautta ulos ja muuttuu selkäytimeksi (Duellman *et al.* 1986).

## Aivohermot

### C.N. I, hajusherma, *nervus olfactorius*

Hajusherma lähtee etuaivojen hajulohkon, hajukäämin, ventrolateraalista nurkasta ja kulkee *fenestra olfactorian* läpi nenäonteloon, jossa se jakautuu *ramus profundus* ja *r. dorsalis* -säikeisiin ja useisiin pienempiin hajushermoiin. Ne välittävät hajuärsyksiä nenän limakalvoilta hajukäämiin. *R. dorsalis* menee varsinaiseen hajuaistimeen ja se on yhteydessä täydentävään lisähajuaistimeen aivoissa. *R. profundus* ulottuu posteriorisesti lisähajuaistimeen. *R. dorsalis* hermottaa nenän hajuepiteeliä. *R. profunduksen* päähaara hermottaa Jacobsonin elimen epiteeliä ja sen sivuhaara *r. medialis nasi* menee nenäontelon katon läpi kuonon ihon alueelle (Duellman *et al.* 1986).

### C.N. II, näköhermo, *nervus opticus*

Näköhermo lähtee väliaivojen (*dienkefalon*) pohjalta, jossa se risteää vastakkaisen silmän näköhermon kanssa. Näin muodostuu näköhermojen risti, *chiasma opticum*. Risteyksen jälkeen hermo nousee *väliaivojen* seinää pitkin näköjuostevanana, *tractus opticus*. Suurin osa *näköjuosteesta* kulkee keskiaivojen katon pinnalla levymäisesti. Pienemmät hermosyyt päättyvät *talamukseen*, *hypotalamukseen* ja keskiaivojen kattoon. Näköhermot tulevat ulos aivokopasta näkökapselissa olevasta aukosta. Hermoa peittää sidekudos. Hermon tehtävänä on välittää valoärsyksiä silmästä aivoihin (Duellman *et al.* 1986).

### C.N. III, silmän liikehermo, *nervus oculomotoris*

Silmän liikehermo lähtee liikkeelle keskiaivojen ventraalista pinnasta. Hermo tulee ulos kallosta silmän liikehermon (*oculomotor forame*) -aukosta. Hermo koostuu suurimmaksi osaksi somaattisista efferenteistä hermosyistä, jotka hermottavat neljää silmälihasta. Silmäkuopassa hermo haarautuu: *ramus superior* hermottaa *rectus superior* -lihasta ja *ramus inferior* hermottaa *obliquus inferior*, *rectus inferior* ja *rectus anterior* -lihaksia. Haarautumiskohdan liepeillä on hermosäiekimppu, *ramus communicans*, joka on yhteydessä kolmoishermoon (Duellman *et al.* 1986).

### C.N. IV, telahermo, *nervus trochlearis*

Telahermo on somaattinen efferentti hermo, joka saa alkunsa keskiaivojen takaosasta ventromediaalisesti. Se kulkee dorsaalisesti etuaivojen ja keskiaivojen uurteessa, risteää vastakkaiselta puolelta lähteneen hermoparin kanssa ydinjatkeen anteriorisella kalvolla ja menee ulos kallosta *optic foramen* -aukosta. Telahermo hermottaa yhtä silmänliikuttajalihasta, *m. obliquus superior* (Duellman *et al.* 1986).

### C.N. V, kolmoisherma, *nervus trigeminus*

Kolmoisherma saa alkunsa ydinjatkeen lateraalipinnalta ja poistuu kallosta isosta *prootic foramen* -aukosta, jonka jälkeen hermo jakaantuu Gasserin hermosolmussa. Suurin haara, *ramus ophthalmicus profundus*, koostuu somaattisista afferenteista säikeistä, jotka vielä haaroittuvat kuuteen osaan. Nämä hermosäikeet hermottavat kuonon ihoa, päälakea, kasvonseutua ja silmää. Gasserin hermosolmun ventraalihaara yhdistyy naamahermon kanssa ja se hermottaa suunseudun kudoksia. Gasserin hermosolmusta haarautunut *ramus maxillo-mandibularis* haarautuu edelleen kahtia, jolloin muodostuu *r. maxillaris* ja *mandibularis*. *R. maxillaris* -hermokimpulla on kolme haaraa. Kaksi niistä hermottavat silmäterän ihoa ja ohimonseutua. Kolmas haara sisältää liikehermon, joka hermottaa silmälihasta, *m. levator bulbi*. *R. mandibularis* -haarassa on myös sekä somaattisia että liikehermoja ja sekin jakautuu kolmeen haaraan. Ensimmäinen näistä hermottaa *levator mandibulae* -lihasta, toinen leuan aluetta. Kolmas ja merkittävin haara jakautuu vielä kahtia: *r. mentales* ja *r. intermandibularis*. *R. mentales* hermottaa hampaiden seutua ja alaleuan etuosan ihoa. *R. intermandibularis* hermottaa leukoja sekä *intermandibularis*- ja *submentalis* -lihaksia (Duellman *et al.* 1986).

### C.N. VI, loitontajahermo, *nervus abducens*

Somaattinen loitontajahermo saa alkunsa ydinjatkeen ventraaliilta pinnalta. Se tulee kallosta ulos *optic foramen* -aukosta. Silmäkuopassa se jakaantuu kahtia. Molemmat haarat hermottavat silmänliikuttajalihaksia, *mm. rectus lateralis* ja *retractor bulbi* (Duellman *et al.* 1986).



**C.N. VII, naamahermo, *nervus facialis***

Naamahermo saa alkunsa ydinjatkeen ventrolateraalilta pinnalta. Se poistuu kallosta aukosta, joka johtaa kitalaenluun (*palatoquadrate*) muodostamaan onteloon. Naamahermo ohittaa Gasserin hermosolmun etupuolelta, josta *ramus palatinus* jatkuu kitalakeen sitä hermottaen. *R. palatinus* yhdistyy kolmoishermon *r. ophthalmicus profunduksen* kanssa. *R. palatinus* hermottaa myös silmäkuopassa sijaitsevia Harderian rauhasia ja leukojen välissä olevaa rauhasia. Naamahermon valtaosa koostuu *truncus hyomandibulari-sesta*, jolla on kolme haaraa: *r. alveolaris* hermottaa kieltä ja suun pohjaa, *r. muscularis* hermottaa *depressor mandibulae* -lihasta ja *r. jugularis* hermottaa salamantereilla *subhyoides* -lihasta (Duellman *et al.* 1986).

**C.N. VIII, kuulo-tasapainohermo, *nervus vestibulocochlearis***

Kuulo-tasapainohermo koostuu etupäässä somaattisista afferenteista hermosäikeistä. Se saa alkunsa ydinjatkeen lateraalipinnalta. Salamantereilla kuulo-tasapainohermo on läheisesti yhteydessä kasvohermoon korvaontelossa. Kasvo- ja kuulotasapainohermoilla on yhteinen *acoustico-facialis* -hermosolmu. Kuulo-tasapainohermo jakaantuu kolmeen haaraan, joista jokainen saapuu kuulokapseliin omasta aukosta. *Ramus anterior* hermottaa sisäkorvan rakkuloita sekä anteriorisen ja lateraalisen kaaritiehysten tyven laajentumia. *R. posterior* hermottaa posteriorisen kaaritiehysten tyven laajentumaa, *papilla lagenae* ja *p. amphibiorumia*. *R. medianus* hermottaa salamanterella sisäkorvan pyöreää rakkulaa. Sammakoilta ja matosammakoilta *r. medianus* puuttuu (Duellman *et al.* 1986).

**C.N. IX, nieluhermo, *nervus glossopharyngicus***

Nieluhermo saa alkunsa ydinjatkeen lateraaliseinästä. Se poistuu kallosta korvan takana olevasta aukosta. Hermo koostuu efferenteistä ja afferenteistä hermosyistä. Nämä syyt muodostavat korvaontelossa *glossopharyngeal-vagus* -hermosolmun. Tästä yksi haara kulkee anteriorisesti ja se on yhteydessä kasvohermoon. Hermosolmusta haarautuu myös *ramus muscularis*, joka hermottaa *subarcualis rectus I* -lihasta. *R. pharyngeus* hermottaa dorsaalista posken limakalvoa ja *r. lingualis* kieltä (Duellman *et al.* 1986).

**C.N. X, kiertäjähermo, *nervus vagus***

Kiertäjähermo saa alkunsa ydinjatkeen lateraaliseinästä. Se tulee kallosta ulos samasta aukosta kuin nieluhermo. Kallon ulkopuolella se muodostaa nieluhermon kanssa *glossopharyngeal-vagus* -hermosolmun. Kiertäjähermo käsittää etupäässä parasympaattisia sisäelimiä hermottavia efferentejä hermosyitä. Kiertäjähermossa on myös liikehermoja, jotka hermottavat nielunpäättä ja kaulaa. *Ramus auricularis* hermottaa välikorvaa (Duellman *et al.* 1986).

**C.N. XI, lisähermo, *nervus accessorius***

Lisähermo saa alkunsa ydinjatkeen lateraaliseinästä. Se hermottaa yhtä lihasta, *m. cullarista*, joka on hartiaseudun ripustinlihas (Duellman *et al.* 1986).

**C.N. XII, kielenliikuttajahermo, *nervus hypoglossus***

Kielenliikuttajahermo saa alkunsa ensimmäisestä ja toisesta selkäydinhermosta. Se hermottaa kielenlihaksia: *mm. geniohyoideus, genioglossus, hyoglossus* ja *rectus cervicis* (Duellman *et al.* 1986).

Kylkiviiva-aistielimiä hermottaa aivohermojen haarat, jotka rupiliskolla degeneroituvat muodonvaihdoksessa, kun toukat siirtyvät maalle. Kuonon elimiä hermottaa kasvohermojen *ramus lateralis anterior* ja pään muita kylkiviiva-aistielimiä kiertäjähermon *ramus lateralis posterior*. Em. hermot päättyvät samaan paikkaan kuin kuulo-tasapainohermo eli ydinjatkeen lateraalipintaan (Duellman *et al.* 1986).

## Selkäydin ja selkäydinhermot

### Selkäydin

Selkäydin sijaitsee selkärangan sisällä, peräkkäisten nikamien muodostamassa selkäranganavassa. Selkäydin on salamantereilla kokonaan luuston suojaama. Selkäytimen dorsaalipinnassa on tumakkeita (keskushermoston harmaan aineen alue, jossa on hermosolukeskuksia ja hermohaarakkeita), johon somaattiset (liike- ja tuntohermot) afferentit (impulsseja keskushermostoa kohti tuova hermosyö) hermosyöt päättyvät. Selkäytimen ventraalipuolella kulkevat sisäelinten efferentit hermosolut ja niiden alapuolella somaattiset efferentit solut. Ydinjatkeesta lähtevät hermosyiden viejähaarakkeet ulottuvat selkäytimen eri kohtiin. Salamantereiden Mautnerin solut yltyvät koko selkäytimen pituudelta aina pyrstöön saakka. Ristiluun anteriorisella puolella selkäydin on samanlainen, lukuun ottamatta pieniä laajennuksia hartia- ja lantiopunoksessa. Salamantereilla ristiluun posteriorisella puolella selkäytimen koko pienenee (Duellman *et al.* 1986).

### Selkäydinhermot

Selkäydinhermot ovat selkärangaisilla osana ääreishermostoa, joka käsittää selkäytimestä haarautuvat hermot. Jokaista ruumiinosaa hermottaa selkäydinhermopari. Salamantereilla ensimmäinen selkäydinhermo (S.N. 1, *spinal nerve*) lähtee aina ensimmäisen nikaman aukosta. Aikuisilla sammakkoeläimillä S.N. 1 on ainoa selkäydinhermo, jolla ei ole dorsaalia juurta, koska ensimmäinen selkäydinhermo ja sen hermosolmu surkastuvat muodonvaihdoksen aikana. Kaikki muut selkäydinhermot alkavat kahdella juurella, dorsaalijuurella, jolla on suuri selkäydinganglio (juuren pullistuma, jossa on tuntohermosolujen solukeskuksia) ja ventraalijuurella, joka yhdistyy dorsaalijuuren selkäydinganglion reunaan. Tässä kohdin on myös pieni selkäytimen dorsaalahaara, joka hermottaa vartalon dorsaalipuolen lihaksia ja ihoa. Jokainen ventraalinen selkäydinhermo hermottaa ventraalia ja lateraalia ihoa sekä lihaksia vartalossa ja raajoissa. *Ramus communicans* ulottuu jokaiseen ventraaliin sympaattisen hermoston haaraan. Selkäydinhermojen lukumäärä eri sammakkoeläinryhmissä vaihtelee 10–20 välillä. S.N. 1 hermottaa niskan lihaksistoa kaikilla sammakkoeläimillä. Salamantereilla S.N. 2 hermottaa pääasiallisesti hartiavyön lihaksia, mutta on yhteydessä myös S.N. 3:een. Rinnan seudulla olevat selkäydinhermot muodostavat hartiapunoksen eli hermojen ja suonten verkoston. Salamantereilla hartiapunos muodostuu pääosin S.N. 3 ja 4:sta. S.N. 3 hermottaa rinnan seudun lihaksia ja yhdistyneenä S.N. 4:ään, ne hermottavat eturaajan ojentajia. S.N. 4 haaroittuu *m. pectoralikseen* ja yhdistyy S.N. 5:een se hermottaa eturaajojen koukistajia. Takaraajoja hermottavat selkäydinhermot sijaitsevat ristiluun seudulla. Lantiopunos muodostuu salamantereilla S.N. 16 ja 17:sta. S.N. 17 hermottaa *puboischiofemoralis* -lihasta, joka koukistaa lonkkaniveltä ja vetää raajaa taaksepäin. S.N. 16 ja 17 haarat liittyvät yhteen, jolloin niistä muodostuu reisihermo, joka hermottaa takaraajojen ojentajia. S.N. 7–9 ulottuvat *iliococcygeus* -lihaksen alapuolelle, jossa ne muodostavat *sciatic* -punoksen. Kyseiset hermot hermottavat takaraajojen ojentajia. *Sciatic*- ja lonkkapunoksen välissä olevat selkäydinhermot ovat samankaltaisia, ne hermottavat lateraalia ja ventraalia lihaksistoa ja ihoa (Duellman *et al.* 1986).

### Autonominen hermosto

Autonominen hermosto on samanlainen kaikilla sammakkoeläimillä. Se säätelee tahdosta riippumattomia toimintoja. Järjestelmänä se on lähes itsenäinen, se ottaa vastaan ja käsittelee sisäelimestä tulevia ärsykeitä sekä ohjaa tahdosta riippumattomien lihasten, rauhasten ja sydänlihaksen toimintaa. Autonominen hermosto on yhteydessä keskushermostoon. Autonominen hermosto koostuu parasympaattisesta ja sympaattisesta hermostosta. Sympaattinen hermosto parantaa eläimen selviytymistä taistele tai pakene –tilanteessa, jolloin se saa lisämunuaisen ytimen tuottamaan adrenaliinia ja noradrenaalia. Tällöin sydämen lyöntitiheys kasvaa, suoliston peristaltiikka pidättyy ja suoliston sulkijalihaksen supistuvat. Parasympaattinen hermosto toimii sympaattisen vastavaikuttaja, se rauhoittaa elimistöä ja on aktiivisin elimistön ollessa lepotilassa (Duellman *et al.* 1986).

## Verenkierto ja hengitys

### Veri

Sammakkoeläinten veri koostuu plasmasta, jossa on punasoluja, valkosoluja ja verihiutaleita. Valkosolut ja verihiutaleet pystyvät poistumaan verisuonista imusuonistoon. Aikuisilla salamantereilla verenmuodostus tapahtuu pernassa. Valkosolut muodostuvat maksassa. Punasolut ovat tumallisia ja ellipsinmuotoisia. Toukkien ja aikuisten hemoglobiini poikkeaa toisistaan. Aikuisilla hapen affiniteetti (sitoutumispyrkimys) on pienempi. Valkosolut muodostuvat agranulaarisista imusoluista ja monosyyteistä sekä granulaarisista basofiileistä, neutrofiileistä ja eosinofiileistä. Tavallisesti kaikki em. solut ovat tumallisia, mutta salamantereilla esiintyy myös tumattomia soluja. Valkosolujen suhde punasoluihin on 1:20-70. Verihiutaleet ovat tumallisia tai joillain salamantereilla tumattomia. Verihiutaleet huolehtivat veren hyytymisestä ihoon tulleissa haavoissa (Duellman *et al.* 1986, Griffiths 1996).

### Sydän ja aortan kaaret

Sammakkoeläinten sydämessä on kaksi eteistä ja yksi kammio. Tosin *Siren*- ja *Necturus*-sukujen salamantereilla väliseinä jakaa kammion kahtia. Vasen eteinen on yleensä pienempi kuin oikea. Salamantereilla kammioiden välisessä väliseinässä on *fenestra* (ikkuna). Kammion *conus arteriosus* ottaa vastaan verta vasemmasta eteisestä. *Conus arteriosuksessa* on kierteinen läppä, josta veri etenee valtimorunkoon, *truncus arteriosus*. Valtimorungosta haarautuu aortan kaaret. Aortan kaaret ovat kehittyneet kuudesta verisuonikaaresta. Kaksi ensimmäistä surkastuvat alkionkehityksen aikana. Kolmannesta kaaresta kehittyy päänvaltimot. Neljäs kaari vie verta ruumiiseen, lukuun ottamatta nielua ja keuhkoja. Viides kaari yhtyy neljänteen kaareen salamantereilla. Kuudes kaari kehittyy keuhkovaltimoksi, joka vie verta keuhkoihin ja nieluun sekä iholle. Suurimmat muutokset tapahtuvat muodonvaihdokset aikana, kun salamanterit siirtyvät käyttämään hengityksessä keuhkoja kidusten sijaan. Toukilla kolmas, neljäs ja viides verisuonikaari toimittaa verta ulkokiduksiin. Aikuisille sammakkoeläimille jää jäljelle kolme aortan kaartta. Sydämen kudokset saavat ravinteita ja hapetta läpikulkevasta verestä. Sammakkoeläimillä veri lähtee liikkeelle sydämen kammioista ja kulkeutuu päähän, ruumiiseen, iholle tai keuhkoihin. Veri palaa vasempaan eteiseen laskimonlaajennusta, *sinus venosus*, pitkin. Keuhkoista palaava veri tulee myös vasempaan kammioon keuhkolaskimo pitkin. Sydämen verenkierrossa on salamantereilla lajikohtaisia eroja. Rupiliskolla hapekas ja hapeton veri yhdistyvät vasemmassa eteisessä (Griffiths 1996, Duellman *et al.* 1986).

### Verisuonet, valtimot

Kaulavaltimon alussa on laajentuma (eng. *carotid gland*). Rauhasen tehtävänä on jakaa veri loivasti ulkonevaan ulkokaualavaltimoon. Ulkokaualavaltimo vie verta kielen lihaksille. Sisempi kaulavaltimo vie verta yläleukaan ja aivoihin (Duellman *et al.* 1986).

Verta ruumiiseen kuljettavat verisuonikaaret yhdistyvät dorsaaliksi aortaksi salamantereilla sydämen etupuolella. Ihovaltimo vie verta kateenkorvalle ja korvan alueelle. Salamantereilla nieluvaltimo vie verta leuan ja kielen lihaksistoon. Takaraivo-selkärankavaltimo jakautuu salamantereilla useaan haaraan. Takaraivovaltimo vie verta nielun seinämiin, suulaen eri osiin ja nenäonteloon. Ruumiinonteloon verta vievä valtimo saa alkunsa dorsaalista aortasta. Kyseinen valtimo haaroittuu kolmeen päähaaraan: *gastrico-linealis* toimittaa verta pernaan ja mahan dorsaaliin seinään, *duodeno-hepatic* toimittaa verta maksaan, pohjukaissuoleen, mahan ventraaliin seinämään ja sappirakkoon sekä *duodeno-pancreatic* toimittaa verta haimaan ja pohjukaissuoleen. Suolistoon verta vievä valtimo saa alkunsa myös dorsaalista aortasta. Se toimittaa verta ohutsuolen distaaliosiin ja paksusuoleen. Urogenitaalielimiin verta tuova valtimo haarautuu sukupuolirauhasiin, munanjohdtimeen ja munuaisiin. Kummankin munuaisen dorsaalipinnalle tulee useita lyhyitä valtimoita dorsaalista aortasta. Munuaisten ventraalipuolelle verta tuo pinnallisempi munuaisvaltimo. Munanjohdinvaltimot ovat uroksilla pienemmät ja ne tuovat verta koiraiden Müllerin tiehyisiin. Munarauhasen tulevat valtimot erkanevat dorsaalin aortan molemmilta puolilta ja vievät verta sukupuolirauhasiin ja rasvaelimeen. Olkapään alapuolinen valtimo haarautuu salamantereilla dorsaalista aortasta sydämen posterioriselta puolelta. Valtimo ja sen haarat tuovat verta hartiasseudun lihaksille ja

eturaajoille. *Epigastrium* -valtimo tuo verta ylävatsan keskiosaan. Lantionseudulla dorsaaliaortta jakautuu kolmeen haaraan, pyrstövaltimeen ja kahteen suolistovaltimeen. Suolistovaltimot toimittavat verta myös takaraajoille. Salamantereilla keuhkovaltimot kiertävät valtimorungon posterolateraaliselta puolelta keuhkoihin. Ennen keuhkoja keuhkovaltimot vievät vielä verta suunpohjaan, nieluun ja ruokatorveen (Duellman *et al.* 1986).

### Laskimot

Salamantereilla laskimoista sydämeen tuleva veri kulkee laskimolaajennuksen, *sinus venosus*, kautta vasempaan eteiseen. Ruumiista verta tuovia (engl. systemic veins) laskimoita on kolme kappaletta. *Postcaval* -laskimo yhtyy laskimolaajennuksen takaosaan ja parilliset *precaval* -laskimot yhtyvät laskimolaajennuksen lateraalinurkkiin. Sisäinen ja ulkoinen kaulalaskimo ja *subclavian* -laskimo yhtyvät *precaval* -laskimoon. Sisäiseen kaulalaskimoon yhtyy monia pienempi suonia, jotka tuovat verta niskan lihaksista, suulaesta, aivoista sekä silmän, nenän ja korvan alueelta. Ulkoinen kaulalaskimo kerää verta päästä, kielestä ja kilpirauhasesta. *Subclavian* -laskimo tuo verta eturaajan lihaksista ja ihosta. Salamantereilla on toukkavaiheessa lisäksi *postcardinal* -laskimot, jotka yhdistävät *postcaval*- ja *precaval* -laskimot. Näin ne tarjoavat verelle vaihtoehtoisen reitin munuaisista laskimolaajennukseen. *Postcaval* -laskimo saa alkunsa munuaisten posteriorisesta osasta, siihen liittyy useita suonia munuaisista ja sukupuolirauhasista. *Postcaval* -laskimo kulkee maksan läpi laskimolaajennukseen. Ventraalinen vatsalaskimo muodostuu lantionseudun laskimoiden liittyessä yhteen. Laskimo kulkee ventraalia keskiviivaa pitkin maksan läpi *postcaval* -laskimoon. Maksan kohdalla siihen yhtyy vielä vesikkeleitä (ks. imusuonisto) sappirakosta ja vatsan ja suoliston porttilaskimo. Salamantereilla takaraajojen ja pyrstön laskimot yhdistyvät parillisiksi Jacobsonin laskimoiksi. Ne laskevat munuaisten dorsalateraalille pinnalle, josta niihin yhdistyy monia vesikkeleitä. Keuhkolaskimot saavat alkunsa keuhkojen keskeltä ja laskevat vasempaan eteiseen. Ruokatorvesta keuhkolaskimoon yhtyy muutamia vesikkeleitä (Duellman *et al.* 1986).

### Imusuonisto

Imusuonisto kuljettaa verestä kudostenesteeseen joutuneita proteiineja ja imusolmukkeista tulevia imusoluja takaisin verenkiertoon. Imusuonisto kuljettaa myös ravintoaineita ja rasvoja suolesta verenkiertoon. Sammakkoeläimillä imusuonisto ulottuu koko vartalon alueelle. Salamantereilla on hienorakenteinen vesikkeliverkosto vartalon sivuilla ja päässä, joka on yhteydessä toukilla *postcardinal* -laskimoon ja aikuisilla ihon verisuonistoon. Sisäelinten imusuonisto kulkee rinnakkain ruuansulatuskanavan kanssa. Tämä imusuonisto on yhteydessä *subclavian* -laskimoon. Imuneste pumpataan verisuonistoon supistumiskykyisiä vesikkeliryppäistä (engl. lymph heart, lympapussi). Näissä lympapusseissa on myös läppäjärjestelmä, joka varmistaa imunesteen kulun oikeaan suuntaan (Duellman *et al.* 1986).

### Hengitys

Sammakkoeläimillä on monia tapoja hengittää. Toukkavaiheessa hengitys tapahtuu pääosin ulkokidusten kautta, mutta myös ihohengitystä esiintyy. Muodonvaihdoksen jälkeen useimmilla sammakkoeläimillä on keuhkot. Sisäistä hengitystä voi tapahtua myös nenänielupinnoilla. Terrestrisillä sammakkoeläimillä merkittävä osa hengityksestä tapahtuu myös ihon kautta. Rupiliskot hengittävät sierainten kautta. Salamanterit voivat sulkea sieraimet sileiden lihasten avulla. Ulkoisista sieraimista johtaa nenänieluauko poskionteloon. Suussa ja nielussa on limakalvoa ja värekarvallista epiteeliä, jotka ovat yhteydessä verisuonistoon. Nielun pohjalla sijaitsee kurkunpään aukko, joka johtaa henkitorveen. Kurkunpää on kolmiomainen kammio, jota tukee puoliympyränmuotoiset rustot. Etuosassa sijaitsee kannurusto, joka tukee kurkunpäättä. Terrestrisillä salamantereilla keuhkot ovat kartiomaisia pusseja muistuttavat parilliset elimet. Keuhkopussin kalvo on poimuttunut ja siitä muodostuu väliseinä, joka jakaa pitkittäin keuhkon kahteen osaan. Toisessa osassa on keuhkovaltimo ja toisessa keuhkolaskimo. Väliseinä on tiheä verisuonisto ja sileitä lihaksia, joita peittää ohut limakalvo ja värekarvallinen epiteeli. Sammak-

koeläimet hengittävät pumppumekanismin avulla. Kurkun lihaksisto kohottaa ja painaa poskiontelon pohjaa. Kun sieraimet ovat auki ja poskiontelon pohjaa painetaan alas, ilmaa virtaa poskiontelon sisään. Sierainten sulkeminen ja poskiontelon pohjan kohottaminen ja kurkunpään aukon aukaisu painaa ilmaa keuhkoihin. Ilma tulee keuhkoista toimintojen vastakkaisella järjestyksellä (Duellman *et al.* 1986).

## Sukupuoli- ja virtsaelimet

### Munuaiset

Aikuisilla sammakkoeläimillä munuaiset sijaitsevat dorsaalisen aortan molemmilla puolilla. Ne kehittyvät toukkavaiheessa munuaissuppiloista (nefrostooma). Sammakkoeläimillä, matosammakoiden laukoa lukuun ottamatta, munuaissuppilon etuosa häviää muodonvaihdoksessa. Niiden munuaista kutsutaan esimunuaiseksi, mesonefrokseksi. Munuaiseen tulee useita valtimoita, jotka jakaantuvat edelleen erittäin moniksi munuaiskeräiksi. Jokaista kerästä ympäröi Bowmanin kotelo, jonka suuosat ovat maljamaisesti sulkeutuneita. Veressä olevat eritteet suodattuvat verestä munuaiskeräsen hiussuonten seinämien läpi Bowmanin koteloon ja edelleen munuaistiehyeen, josta virtsa päätyy primaariseen virtsanjohtimen (Wolffin tiehyt). Veri poistuu munuaisen porttilaskimosta ja päätyy sydämen alaonttolaskimoon (*inferior vena cava*), (Duellman *et al.* 1986).

### Siittäörauhanen

Siittiöt kehittyvät parillisissa siittäörauhasissa, jotka ovat kiinni munuaisissa mesorchium -kalvon avulla. Siittäörauhaset kasvavat lisääntymiskauden aikana. Salamantereiden siittäörauhaset muodostuvat lohkoista. Sperma kuljetetaan vas efferentia -tiehyitä (salamantereilla 4–12 kummassakin siittäörauhasessa) myöten munuaiseen ja edelleen primaariseen virtsanjohtimen, joka kuljettaa sperman kloaakkiin. (Duellman *et al.* 1986) Rupiliskojen ikä voidaan määrittää siittäörauhasten lohkojen lukumäärän perusteella. Esiakuisilla ja ensimmäistä kertaa kutemassa olevilla koirailta on yksi lohko. Tämän jälkeen lohkojen määrä kasvaa yhdellä joka toinen vuosi (Dolmen 1983).

### Munarauhanen

Parilliset munarauhaset ovat kiinnittyneet munuaisten mesiaalipintaan kannatinkalvolla. Munarauhanen koostuu ohuesta pussimaisesta sidekudoskalvosta, jonka sisällä sijaitsevat munarakkulat. Munasolun kypsyttyä sidekudoskalvo repeytyy ja munasolu siirtyy ruumiinontelon värekarvojen liikuttelemena eteenpäin kohti munanjohtimen päätä. Munanjohtimet sijaitsevat munuaisen rinnalla lateraalisesti. Munanjohtimen suppilo (infundibulum) on värekarvallinen. Munanjohtimen seinämissä on sileä, rengasmaisen lihaskerros, jota peittää värekarvallinen epiteeli (Duellman *et al.* 1986).

### Virtsarakko

Virtsarakon ja kloaakin välillä on aukko, jota säätelee sulkijalihas. Virtsarakon sisäpinnan limakalvo koostuu sileästä epiteelistä, jonka alla on pitkittäisiä sileitä lihaksia. Sileitä lihaksia ympäröivät rengasmaiset lihakset, jotka pystyvät pullistumaan ja näin laajentamaan virtsarakkoa. Salamantereilla virtsarakko on lieriömäinen (Duellman *et al.* 1986).

### Kloaakki

Kloaakki on suolen loppupää, johon aukeavat anteriorisesti ruuansulatuskanava, primaarinen virtsanjohtin ja munanjohtin dorsaalisesti sekä virtsarakko ventraalisesti. Ulointa kloaakin aukkoa säätelee sulkijalihas. Kloaakin sisäpinnassa on värekarvallinen epiteeli. Rupiliskonaarilla ja muilla salamantereilla, joilla on sisäinen hedelmöitys, kloaakin kattoon on muodostunut spermatheca, johon varastoidaan koiraiden tuottamaa spermaa hedelmöitystä odottamaan (Duellman *et al.* 1986).

### Rasvaelimet

Kaikilla sammakkoeläimillä on sukurauhasiin liittyneitä rasvaelimiä. Salamantereilla nämä rasvaelimet ovat pitkittäisinä muodostumina sukurauhasten ja munuaisten välissä. Ne ovat muodostuneet rasvakudoksesta, jonka soluissa on öljyvakuoleja. Rasvaelimet tuottavat ravintoaineita sukurauhasille. Niiden koko on suurimmillaan juuri ennen horrosta ja pienimmillään sukusolujen tuottamisen jälkeen (Duellman *et al.* 1986).

### Ruuansulatuskanava

#### Poskiontelo

Suuta peittää värekarvallinen limakalvo lukuun ottamatta alueita, joissa rauhaset sijaitsevat. Toukkavaiheen salamantereilla suun rauhaset vielä puuttuvat. Intermaksillaariset rauhaset koostuvat alveolista eli rauhastiehyen pussimaisesta päästä, jonka kautta rauhaseritteet poistuvat sekä nenäonteloiden välistä tulevista tiehyistä. Rauhaserite on tahmeaa ja sitä eritetään kielelle, kun saalis on saatu suuhun, jolloin saalis ei pääse pakenemaan. Nenänieluaukon rauhaset aukeavat salamantereilla syvälle nenänieluaukkoon, lähelle hajuepiteeliä. Suuontelon takapuolella sijaitsee nielu. Sitä peittää värekarvallinen limaa erittävä epiteeli. Sulkijalihas erottaa nielun ruokatorvesta. Kurkunpään aukkoa avataan ja suljetaan lihaksilla. Kurkunpäästä avautuu henkitorvi ja pääsy keuhkoihin (Duellman *et al.* 1986).

#### Ruokatorvi

Ruokatorvi on ohutseinäinen, lyhyt putki, joka johtaa nielusta mahaan. Ruokatorven molemmissa päissä on sulkijalihakset. Ruokatorven seinämissä on 6 - 8 laskosta. Epiteeli koostuu kuutiomaisista soluista, joiden joukossa on limaa erittäviä pikarisoluja. Epiteelin pinnalla on myös rauhasia, jotka erittävät limaa ja pepsinogeenia. Pepsinogeeni aktivoituu suolahapon vaikutuksesta proteiineja pilkkovaksi pepsiiniksi (Duellman *et al.* 1986).

#### Maha

Maha sijaitsee ruumiin keskiviivan vasemmalla puolella. Mahan limakalvon ensimmäisellä kolmella neljänneksellä on paljon limaa erittäviä soluja. Lihaskerroksia on kaksi. Sisempi kerros muodostuu vahvoista vannemaisista lihaksista ja ulompi ohut kerros pitkittäisistä lihassäikeistä. Mahan posterioorisen osan ja pohjukaissuolen välissä sijaitsee mahanportin sulkijalihas (Duellman *et al.* 1986).

#### Suolisto

Salamantereiden ohut- ja paksusuolen lihaksisto on samanlainen kuin mahassa. Ohutsuolen lyhyt alkuosa, pohjukaissuoli, saa alkunsa mahalaukusta. Maksaan kiinnittynyt sappirakko erittää sappea pohjukaissuoleen sappitiehyttä pitkin. Haima sijaitsee mahan ja pohjukaissuolen välissä. Haima erittää ruuansulatuseritteitä pohjukaissuoleen haimatiehyitä pitkin. Suolen seinämässä on rengaspoimuja, jotka suurentavat limakalvon pinta-alaa. Limakalvon pinnalla on vielä lukuisia nukkalisäkkeitä, jotka monikymmenkertaisesti limakalvon ravintoa imeyttävän pinta-alan. Pääosa ruuansulatuksesta ja imeytymisestä tapahtuu ohutsuolessa. Paksusuolen limakalvossa ei ole suolinukkaa, mutta siinä on paljon limaa erittäviä pikarisoluja. Paksusuolella ravintomassasta absorboidaan vettä ja suoloja. Paksusuoli päättyy kloaakkiin (Duellman *et al.* 1986).

## Ruuansulatus

Ruuansulatuksella tarkoitetaan ruoka-aineiden muokkaamista sellaiseen muotoon, että niitä pystytään käyttämään hyväksi soluaineenvaihdunnassa. Ruuansulatus alkaa saaliin pyydystämisestä päätyen hajotettujen aineiden imeytymiseen. Ruoka liikkuu ruuansulatuskanavassa lihastyöllä ja värekarvojen avulla. Suusta ruokatorveen ruoka liikkuu pääosin kielen nielemisliikkeen avulla. Ruokatorvessa ruoka etenee peristalttisen liikkeen avulla, jolloin rengasmaisen supistus etenee ja kuljettaa ruokaa eteenpäin. Supistajalihas päästää ruuan mahaan. Lihassupistelu kuljettaa ruokaa edelleen kohti mahanporttia. Mahassa myös käänteisvirtaus on mahdollista mahan lihasten supistellessa ja ruokatorven supistajalihaksen relaksaatioissa. Nielussa, ruokatorvessa ja ohutsuolessa olevien pikarisolujen erittämä lima voitelee ruokamassaa ja helpottaa sen etenemistä ruuansulatuskanavassa. Paksusuolen loppuosan erittämä lima muodostaa suurimman osan ulosteesta (Duellman *et al.* 1986).

Ravinnon pilkkominen alkaa suussa hampaiden avulla. Tällöin hienonnetaan erityisesti saaliiden pintarakenteita, kuten hyönteisten kitiiniä, jolloin saaliiden pehmeämmät osat siirretään eteenpäin. Ruokatorvessa eritetään pepsinogeenia (pepsiinien inaktiivisia esiasteita) ja limaa. Ruokatorvessa eritettävä lima on emäksistä. Tämä estää proteiinien hydrolyyttisen pilkkoutumisen (yhdisteiden hajoaminen siten, että vesimolekyylillä osallistuu reaktioon) ennen mahalaukkuun. Mahalaukussa eritetään suolahappoa, joka estää bakteeritoimintaa, nopeuttaa elossa olevien saaliiden kuolemaa ja aloittaa luiden hajottamisen. Mahanportin alahainen pH muuttaa ruokatorvessa eritetyn pepsinogeenin pepsiiniksi, joka aloittaa proteiinien pilkkomisen. Pohjukaissuolen eritteet neutralisoivat ruokamassaa. Ruuansulatus päättyy ohutsuolessa, jossa ruokamassaan sekoitetaan useita ruuansulatusentsyymejä. Erepsiini hydrolysoi peptoneita (proteiineista pilkkoutuneita vesiliukoisia osia, polypeptidejä) ja proteaaseja (proteiineja pilkkovat entsyymit) aminohapoiksi. Sappirakon erittämät sappisuolat pilkkovat rasvoja niin, että haimanesteet pystyvät pilkkomaan niitä edelleen. Pohjukaissuolen seinämän erittämä sekretiini saa aikaan haiman entsyymien erittymisen. Haiman trypsiini pilkkoo proteiineja ja amylaasi tärkkelystä sekä glykogeneeniä yksinkertaisimmiksi sokereiksi. Lipaasi pilkkoo rasvoja rasvahapoiksi ja glyseroliksi (Duellman *et al.* 1986).

## Umpirauhaset

Umpirauhaset erittävät hormoneita, jotka vaikuttavat solujen toimintaan. Umpirauhasilla ei ole erityistehyitä, vaan erityys tapahtuu rauhasolusta ympäröivään kudospisteeseen tai suoraan vereen. Hormonit säätelevät eliöiden fysiologisia toimintoja ja käyttäytymistä. Soluissa on reseptoreita, joihin hormonit sitoutuvat saaden aikaan soluissa vasteen. Sammakkoeläimillä on samat umpirauhaset kuin muillakin nelijalkaisilla eläimillä ja muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta umpirauhasen tuottamat hormonit ovat samoja kuin muillakin selkärangkaisilla (Duellman *et al.* 1986).

## Aivolisäke

Aivolisäke sijaitsee väliaivojen ventraalipinnalla. Se on kaksiosainen, sen etuosan muodostaa adenohypofyyysi ja takaosan neurohypofyyysi eli takalohko. Adenohypofyyysissa on kolme aluetta, välilohko, *pars intermedia*, etulohko, *pars distalis* ja varsiosa, *pars tubularis*, joka tosin puuttuu joiltain salamantereilta. Aivolisäkkeen etulohkon toiminta on riippuvainen sen yhteyksistä hypotalamukseen. Aivolisäkkeen porttialaskimojärjestelmän kautta leviävät hypotalamuksen neurohormonit säätelevät aivolisäkkeen etulohkon hormonituotantoa. Etulohko tuottaa viittä eri hormonia. Follitropiini ja lutropiini ovat gonadotropiineja eli ne säätelevät sukupuolirauhasten toimintaa. Prolaktiini vaikuttaa mm. munanjohtimen toimintaan, melanoforien uudistumiseen ja toukkien kasvuun. Tyrotropiini säätelee kilpirauhasen toimintaa eli tyrokseen määrää ja kortikotropiini vaikuttaa lisämunaisten kuorikerrokseen, joka vaikuttaa hiilihydraattiaineenvaihduntaan lisäämällä sokerin määrää veressä. Välilohko erittää melanosyyttejä stimuloivaa hormonia (MSH). Takalohkon antidiureettisen hormonin (ADH, sammakkoeläimillä kutsutaan myös mesotosiiniksi), vaikutuksesta pääosa munuaisten alkuvirtsan vedestä siirtyy takaisin verenkiertoon (Duellman *et al.* 1986).

### **Kilpirauhanen**

Parilliset kilpirauhaset sijaitsevat kurkunpään kohdalla *m. sternohyoideus* -lihaksen dorsaalipinnalla. Kilpirauhasen rauhasrakkulat sijaitsevat myös kaulan lihaksistossa. Rauhasrakkulat ovat rauhasepiteelin ympäröimiä pieniä onteloita, joihin varastoidaan kilpirauhashormoneja. Hormonit eritetään kaulalaskimoon. Rauhasrakkuloita hermottaa kielenliikuttajahermo. Kilpirauhanen erittää tyroksiinia ja trijodityroniinia. Niillä on erityistä merkitystä muodonvaihdoksen aikana. Kilpirauhasen vajaatoiminta ilmenee sammakkoeläimillä muodonvaihdoksen estymisenä. Aikuisilla sammakkoeläimillä kilpirauhashormonit vaikuttavat aineenvaihduntaan, ihoon ja hermoston toimintaan (Duellman *et al.* 1986).

### **Lisäkilpirauhanen**

Parilliset lisäkilpirauhaset sijaitsevat kaulalaskimon läheisyydessä. Ne ovat pieniä, pallomaisia rauhasia, joiden aktiivisuus vaihtelee vuodenajan mukaan. Lisäkilpirauhaset erittävät kalsitoniinia ja paratyriinia, jotka molemmat ovat tärkeitä kalsiumaineenvaihdunnalle. Paratyriini säätelee kalsiumin ottoa soluihin. Kalsitoniinia eritetään veren kalsiupitoisuuden kasvaessa, jolloin se vähentää veren kalsium- ja fosfaattipitoisuutta estäen kalsiumin poistumista luukudoksesta. Kalsitoniini on paratyriinin vastavaikuttajahormoni. Talvisin rauhaset rappeutuvat (Duellman *et al.* 1986).

### **Ultimobrankiaalielin**

Ultimobrankiaalielimellä tarkoitetaan sammakkoeläimillä kaulassa sijaitsevaa umpirauhasta, joka tuottaa kalsitoniinia, kuten lisäkilpirauhanenkin. Ultimobrankiaalielin on erityisen aktiivinen muodonvaihdoksen yhteydessä (Duellman *et al.* 1986).

### **Kateenkorva**

Salamantereille kateenkorva muodostuu yksilönkehityksen aikana viidestä ensimmäisestä kidustaskusta. Aikuisilla ne sijaitsevat kaulassa. Kateenkorva erittää tymosiinia, jolla on merkittävä rooli immuunijärjestelmässä (Duellman *et al.* 1986).

### **Käpylisäke**

Käpylisäke aktivoituu pimeässä, jolloin se rupeaa tuottamaan melatoniinia, jota kertyy ihon melanoforeihin eli pigmenttisoluihin, jolloin iho vaalenee. Käpylisäke on kiinni väliaivojen katossa (Duellman *et al.* 1986).

### **Haimasaarekkeet**

Haimasaarekkeet ovat pieniä soluryhmiä haimakudoksessa. Ne kehittyvät toukkavaiheessa haimatiehyistä ja rupeavat toimimaan muodonvaihdoksen aikana. Haimasaarekkeet erittävät insuliinia, joka säätelee elimistön glukoositasapainoa mahdollistaen mm. sokereiden kertymisen soluihin (Duellman *et al.* 1986).

### **Lisämunuainen**

Pitkänomaiset lisämunuaiset sijaitsevat munuaisten ventromesiaalisella pinnalla. Lisämunuaisessa on kuorikerros ja ydinkerros. Kuorikerros erittää kortikosteroideja, joilla on suuri merkitys muodonvaihdoksen aikana. Ydinkerroksesta erittyy adrenaliinia ja noradrenaliinia. Molempia erittyy stressitilanteessa ja ne nostavat sydämen lyöntitiheyttä, vaikuttavat verisuonten poikkileikkaukseen ja tehostavat hengitystä. Verisuonistossa niiden vaikutus on vastakkainen: adrenaliini laajentaa ja noradrenaliini supistaa. Lisämunuaisen kuorikerroksen toimintaa säätelee aivolisäkkeen kortikotropiini ja ydinkerrosta sympaattinen hermosto (Duellman *et al.* 1986).



## Sukupuolirauhaset

Sukupuolirauhaset tuottavat ja erittävät hormoneja, joiden avulla säädellään lisääntymissykliä ja sekundaaristen sukupuoliominaisuuksien (muut kuin sukupuolielimiin liittyvät sukupuoliominaisuudet, esim. koiraiden kutuasun harja) kehitystä. Sukupuolirauhasten endokriinista toimintaa säätelee aivolisäkkeen gonadotropiinihormonit. Lutotropiini stimuloi koirilla testosteronin tuotantoa, joka puolestaan vaikuttaa siittiöiden ja sekundaarisen sukupuoliominaisuuksien kehitykseen. Munasolut tuottavat estrogeenia, joka vaikuttaa munasarjan pintakudoksen uudistumiseen ja munasolujen esiasteiden muodostumiseen. Munasolujen kypsymistä säätelee aivolisäkkeen erittämä hormoni, follitropiini (Duellman *et al.* 1986).

## KUVAILEHTI

Julkaisija	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus		Julkaisu-aika Marraskuu 2009	
Tekijä(t)	Ville Vuorio			
Julkaisun nimi	<b>Suomen uhanalaisia lajeja: Rupilisko</b> ( <i>Triturus cristatus</i> )			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 34 / 2009			
Julkaisun teema	Luonto			
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: <a href="http://www.ymparisto.fi/julkaisut">www.ymparisto.fi/julkaisut</a>			
Tiivistelmä	<p>Tämä rupiliskon suojeleohjelma tehtiin LIFE -hankkeen ”Protection of Triturus cristatus in Eastern Baltic Region” aikana. Hankkeessa karttui uutta tietoa rupiliskon levinneisyydestä ja lisääntymislampien lukumäärästä. Tarkentuneen esiintymisaluetiedon myötä laji luokiteltiin erittäin uhanalaiseksi.</p> <p>Rupiliskon suurimmat uhat ovat metsätalous ja ilmastonmuutos. Lisääntymislampien valuma-alueella tehdyt hakkuut lisäävät lampiin tulevaa kiintoainesta ja ravinnevalua, jotka voivat muuttaa lampen lisääntymiskelvottomaksi. Lampien välialueilla tehdyt hakkuut vaikeuttavat rupiliskojen liikkumista lampien välillä, jolloin perinnöllinen vaihtelu vähenee.</p> <p>Ilmastonmuutoksen aiheuttamat lämpötila-, sadanta- ja tuulisuusmuutokset vaikuttavat lampien vesitalouteen. Jos lammet kuivuvat liian aikaisin, rupiliskojen ulkokiduksilla hengittävät toukat kuolevat. Leudontuneet talvet heikentävät rupiliskojen horroksen laatua.</p> <p>Suojeleohjelmassa ehdotetut toimenpiteet keskittyvät metsätalouden ja ilmastonmuutoksen aiheuttamien uhkien lieventämiseen. Suosituksiin kuuluvat lampien välialueiden kosteikkojen ennallistaminen, lampien syventäminen, uusien lampien kaivaminen erilaisiin ympäristötyyppeihin sekä lampien lähimetsien hoito siten, että lehti- ja lahpuuston osuus kasvaa.</p>			
Asiasanat	rupilisko, <i>Triturus cristatus</i> , uhanalaiset lajit, sammakkoeläimet, suojeleohjelmat, luonnonsuojelu, metsätalous, ilmastonmuutos, luonnonhoito			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus			
	ISBN 978-952-11-3561-3 (nid.)	ISBN 978-952-11-3562-0 (PDF)	ISSN 1236-7312 (pain.)	ISSN 1796-1637 (verkkokj.)
	Sivuja 98	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis.alv 8 %) 18,00 €
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, PL 780, 00043 EDITA, Asiakaspalvelu: puhelin 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: <a href="mailto:asiakaspalvelu.publishing@edita.fi">asiakaspalvelu.publishing@edita.fi</a> <a href="http://www.edita.fi/netmarket">www.edita.fi/netmarket</a>			
Julkaisun kustantaja	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus, PL 69, 80101 Joensuu			
Painopaikka ja -aika	Vammalan Kirjapaino Oy, Sastamala 2009			

## PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Norra Karelen miljöcentral	Datum	November 2009
Författare	Ville Vuorio		
Publikationens titel	<b>Suomen uhanalaisia lajeja: Rupilisko</b> ( <i>Triturus cristatus</i> ) (Hotade arter i Finland: Större vattensalamander ( <i>Triturus cristatus</i> ))		
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 34/2009		
Publikationens tema	Natur		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: <a href="http://www.environment.fi/publications">www.environment.fi/publications</a>		
Sammandrag	<p>Denna skyddsplan för större vattensalamandern (<i>Triturus cristatus</i>) uppgjordes under LIFE-projektet "Protection of <i>Triturus cristatus</i> in Eastern Baltic Region". I projektet erhöles ny information om vattensalamanderns utbredning och antalet fortplantningsdammar. I och med de noggrannare uppgifterna om förekomsterna klassificerades arten som starkt hotad.</p> <p>Vattensalamanderns största hot är skogsbruket och klimatförändringen. Avverkningar i fortplantningsdammar avrinningsområden ökar mängderna fast substans och avrinningen av näringsämnen, vilka kan göra dammen oduglig för fortplantning. Avverkningar mellan dammarna försvårar vattensalamanderns förflyttning från en damm till en annan, varvid den genetiska variationen minskar.</p> <p>Klimatförändringen orsakar ändringar i temperatur, nederbörd och vindar, vilka påverkar dammarnas vattenhushållning. Om dammarna torkar ut för tidigt, dör vattensalamanderns larver som andas med yttre gälar. Varmare vintrar försvagar kvaliteten hos vattensalamanderns dvala.</p> <p>De föreslagna åtgärderna i skyddsprogrammet koncentrerar sig på att förmildra de hot, som skogsbruket och klimatförändringen orsakar. Till rekommendationerna hör att återställa våtmarkerna mellan dammarna, att fördjupa dammarna, att gräva nya dammar i olika miljötyper samt vård av närbelägna skogar så, att andelen löv- och murkna trån ökar.</p>		
Nyckelord	vattensalamander, <i>Triturus cristatus</i> , utrotningshotade arter, groddjur, skyddsplaner, naturskydd, skogsbruk, klimatförändringar, naturvård		
Finansiär/ uppdragsgivare			
	ISBN 978-952-11-3561-3 (hft.)	ISBN 978-952-11-3562-0 (PDF)	ISSN 1236-7312 (print)
	Sidantal 98	Språk finska	Offentlighet offentlig
			ISSN 1796-1637 (online)
			Pris (inneh. moms 8 %) 18,00 €
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Ab, PB 780, 00043 EDITA Kundtjänst: tfn +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 Epost: <a href="mailto:asiakaspalvelu.publishing@edita.fi">asiakaspalvelu.publishing@edita.fi</a> <a href="http://www.edita.fi/netmarket">www.edita.fi/netmarket</a>		
Förläggare	Norra Karelen miljöcentral, Box 69, 80101 Joensuu		
Tryckeri/tryckningsort -år	Vammalan Kirjapaino Oy, Sastamala 2009		

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	North Karelia Regional Environment Centre			<i>Date</i> November 2009
<i>Author(s)</i>	Ville Vuorio			
<i>Title of publication</i>	<b>Suomen uhanalaisia lajeja: Rupilisko</b> ( <i>Triturus cristatus</i> ) (Threatened species in Finland: Great Crested Newt ( <i>Triturus cristatus</i> ))			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 34/2009			
<i>Theme of publication</i>	Nature			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is also available on the internet: <a href="http://www.environment.fi/publications">www.environment.fi/publications</a>			
<i>Abstract</i>	<p>The action plan for Great Crested Newt in Finland was completed during the LIFE Nature project "Protection of <i>Triturus cristatus</i> in Eastern Baltic Region". During the project new knowledge was obtained about the species' distribution and number of breeding ponds. With the help of more accurate information about the area of occupancy the Great Crested Newt was defined as endangered in Finland.</p> <p>The greatest present threats for the species are forestry and climate change. Logging done within the catchment of breeding ponds increases silting and amount of nutrient flow, which may decrease or even destroy breeding success. Logging between the breeding ponds limits movement – decreasing genetic variation.</p> <p>Climate change driven changes in temperature, precipitation, and windiness affects water level in the breeding ponds. Too early drying kills the larvae of Newts, which still breathe with external gills. Milder winters decrease the quality of hibernation.</p> <p>Actions suggested in this publication are aimed at reducing the threats caused by forestry and climate change. Action recommendations include the ecological restoration of wetlands, deepening of selected ponds, digging of new ponds in different nature types, together with management of forests adjacent to the breeding ponds so that the amount of deciduous trees and dead wood is increased.</p>			
<i>Keywords</i>	Great Crested Newt, <i>Triturus cristatus</i> , endangered species, amphibians, protection plans, nature conservation, forestry, climate change, nature management			
<i>Financier/ commissioner</i>	North Karelia Regional Environment Centre			
	ISBN 978-952-11-3561-3 (pbk.)	ISBN 978-952-11-3562-0 (PDF)	ISSN 1796-1874 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 98	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i>	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> 18,00 €
<i>For sale at/ distributor</i>	Edita Publishing Ltd, P.O. Box 780, FI-00043 EDITA Customer service: tel. +358 20 450 05, fax +358 20 450 2380 Mail orders: <a href="mailto:asiakaspalvelu.publishing@edita.fi">asiakaspalvelu.publishing@edita.fi</a> <a href="http://www.edita.fi/netmarket">www.edita.fi/netmarket</a>			
<i>Financier of publication</i>	North Karelia Regional Environment Centre, P.O. Box 69, 80101 Joensuu			
<i>Printing place and year</i>	Vammalan Kirjapaino Oy, Sastamala 2009			

Rupilisko, *Triturus cristatus* (Laurenti 1768), kuuluu sammakkoeläinten luokkaan, pyrstösammakoiden lahkoon ja salamantereiden heimoon. Laji on tepastellut maan päällä jo 24 miljoonaa vuotta. Levinneisyysalue kattaa suurimman osan Eurooppaa Uralille saakka.

Rupilisko on yksi maamme viidestä sammakkoeläimestä. Tämä suomalainen salamanderi tarvitsee lisääntyäkseen kalattoman lammen, joka on Itä-Suomessa tyypillisesti luonnontilainen, pieni metsälampi. Elämänkierto alkaa vesikasvin lehden alapinnalle munitusta munasta toukokuussa. Parin viikon jälkeen munasta kuoriutuu toukka, joka on elokuussa valmiina muodonvaihdokseen. Muodonvaihdoksessa mm. ulkokidukset häviävät ja iho paksuuntuu. Rupiliskonuorukaiset aloittavat 3–5 vuotta kestävä elämän maalla, jonka jälkeen, sukukypsinä, ne hakeutuvat sopiviin lampiin lisääntymiskumppania etsimään. Rupiliskot voivat elää jopa 20 -vuotiaiksi.

Ilmastonmuutos ja metsätalous muodostavat merkittävän uhan tälle metsälampien asukkaalle. Vähentynyt lumipeite, lämpötilan nousu ja tuulisuuden lisääntyminen kuivattavat lampia entistä aikaisemmin kesällä, jolloin ulkokiduksilla hengittävät toukat kuolevat. Metsätalouden muuttama maelin ympäristö tarjoaa vähemmän suoja- paikkoja ja ravintoa rupiliskoille, jotka viettävät suurimman osan elämästään maalla. Lisääntymislampien ympäristön hakkuista tulee lampiin ravinnevalumia ja kiintoainesta.

Tämä suojeluohjelma tarjoaa tietoa rupiliskosta, sen biologiasta, tunnistamisesta, levinneisyydestä, elinympäristöistä, uhanalaisuudesta sekä erilaisista uhkatekijöistä ja niiden yhteisvaikutuksista. Suojeluohjelmassa esitellään käytännön toimenpiteitä, joiden avulla pyritään vastaamaan ilmastonmuutoksen ja metsätalouden aiheuttamiin suojeluhaasteisiin.



POHJOIS-KARJALAN  
YMPÄRISTÖKESKUS



Myynti: Edita Publishing Oy  
Asiakaspalvelu: PL 780, 00043 EDITA  
puh. 020 450 05, faksi 020 450 2380  
asiakaspalvelu.publishing@edita.fi  
www.edita.fi/netmarket

**ISBN 978-952-11-3561-3 (nid.)**

**ISBN 978-952-11-3562-0 (PDF)**

**ISSN 1238-7312 (pain.)**

**ISSN 1796-1637 (verkkoj.)**