

## **Hur påverkas fjällbärande reptiler av klimat- och habitatförändringar?**

## **How are squamates affected by climate and habitat change?**



*Foto: Karin Jannerman, 2019*

*Karin Jannerman*

*Uppsala*

*2019*



# Hur påverkas fjällbärande reptiler av klimat- och habitatförändringar?

## How are squamates affected by climate and habitat change?

*Karin Jannerman*

**Handledare:** Claes Anderson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

**Examinator:** Maria Löfgren, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i veterinärmedicin

**Kursansvarig institution:** Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

**Kurskod:** EX0862

**Program/utbildning:** Veterinärprogrammet

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2019

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** fjällbärande reptiler, klimatförändringar, habitatförstörelse, termoreglering, reproduktion, effekter

**Key words:** squamates, climate change, habitat destruction, thermoregulation, reproduction, effects



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning .....	1
Summary .....	2
Inledning .....	3
Material och metoder .....	3
Litteraturoversikt.....	4
Livsmiljö .....	4
Klimatförändringar.....	4
<i>Termoreglering</i> .....	4
<i>Reproduktion</i> .....	5
<i>Sjukdomar i samband med klimatförändringar</i> .....	6
Habitatförändringar .....	6
<i>Habitatförstörelse</i> .....	6
<i>Habitatfragmentering</i> .....	7
Diskussion .....	8
Klimatförändringar.....	8
Habitatförändringar .....	9
Bevarande.....	10
Slutsats .....	11
Litteraturförteckning .....	12



## **SAMMANFATTNING**

Fjällbärande reptiler (Squamata) är en av de artrikaste ordningarna bland ryggradsdjuret och innefattar ormar, ödlor och masködlor. De finns utspridda på alla kontinenter förutom Antarktis och har anpassat sig till många olika habitat och miljöer. Trots denna stora anpassningsförmåga så räknas 1134 arter som utrotningshotade eller sårbara av IUCN, men med ett stort mörkertal. Det verkar finnas flera orsaker till att reptilerna försvinner, men ett av de största hoten mot reptilerna anses idag vara habitatförstörelse orsakad av människor, men även klimatförändringar utgör ett hot. Reptiler är ofta förhållandevis små, landlevande och med små revir eller ytor som de rör sig över, vilket gör dem känsliga för förändringar i miljön.

De är beroende av externa värmekällor för att kunna termoreglera och hålla en hälsosam kroppstemperatur vilket riskerar att påverkas av klimatförändringarna som gör att reptilerna måste förändra sina beteenden. Även reproduktion och äggutveckling är en viktig faktor för reptilernas överlevnad. Vissa arter har en temperaturberoende könsutveckling, där omgivningstemperaturen avgör könsfördelningen, även detta riskerar att påverkas av klimatförändringar och tillgången på lämpligt habitat. I det långa loppet skulle reptilerna antagligen kunna gynnas av ett varmare klimat, men deras framgång är beroende av deras möjlighet att emigrera till lämpliga habitat, vilket kan begränsas av pågående habitatförstörelse och fragmentering.

Bevarandet handlar främst om att skydda habitat och möjliggöra för reptilerna att röra sig mellan habitatsfragment. En del försök har även gjorts med förflyttning av djur, men det saknas långtidsstudier på effekterna av detta.

## **SUMMARY**

Squamates (Squamata) are one of the most species rich orders among vertebrates and includes snakes, lizards and amphisbaenians. They are spread across all continents except Antarctica and have adapted to many different habitats and environments. Despite this great adaptability, 1134 species are counted as endangered or vulnerable by the IUCN, but the number of unreported cases is probably high. There seem to be several reasons why reptiles are disappearing, but one of the greatest threats to reptiles today is considered to be habitat destruction caused by humans, but also climate change is considered a threat. Squamates are often relatively small, terrestrial and with small territories or surfaces that they move over, making them susceptible to changes in the environment.

They are dependent on external heat sources to be able to thermoregulate and maintain a healthy body temperature which risks being affected by climate change that causes squamates to have to change their behavior. Reproduction and egg development are also an important factor in the survival of reptiles. Some species have a temperature-dependent gender development, where the ambient temperature determines the gender balance, this also risks being affected by climate change and the availability of appropriate habitats. In the long run, squamates could probably benefit from a warmer climate, but their success depends on their ability to disperse to appropriate habitats, which can be limited by ongoing habitat destruction and fragmentation.

Conservation is primarily focused around protecting habitat and enabling reptiles to move between habitat fragments. Some experiments have also been carried out on relocation of animals, but there are no long-term studies of the effects.



## INLEDNING

Jorden har alltid varit en full plats av förändringar (Zachos *et al.*, 2001), där istider har kommit och gått och perioder av värme och tropiskt klimat har gett explosioner av liv i alla dess former. Men under det senaste århundradet har klimatet förändrats i en snabbare takt än någonsin tidigare; jorden blir allt varmare och vädret alltmer dramatiskt (IPCC, 2015). Samtidigt har vi människor ökat i befolkningsmängd från 1,6 miljarder år 1900 till 7,6 miljarder människor år 2019 (Roser & Ortiz-Ospina, 2013), vilket leder till att allt mer natur bär spår av mänsklig aktivitet och att habitatet för många djurarter blir allt mindre och färre när människan breder ut sig. Av alla dessa djurarter utgör fjällbärande reptiler en del av de som skulle kunna komma att utrotas inom det kommande decenniet (IUCN, 2016). Trots det så riktas väldigt lite uppmärksamhet mot denna grupp av djur, som är en av de artrikaste ordningarna bland ryggradsdjuren (Pyron *et al.*, 2013) med så mycket som drygt 10 000 olika arter fördelade på 60 familjer (Reptile-database, 2018). De varierar i kroppslängd och vikt, med den minsta arten på 16 mm och 120 mg (*Sphaerodactylus ariasae*) och den största nu levande arten på ca 6 m och 97,5 kg (*Eunectes murinus*). Evolutionärt sett så dök den första reptilen av ordningen Squamata upp i mitten av Trias-perioden, för cirka 240 miljoner år sedan (Simões *et al.*, 2018). Den tidigaste infraordningen ansågs länge var *Iguana*, men studier på senare år tyder på att *Gekkota* är den infraordning som först separerades från de övriga fjällbärande reptilerna för cirka 200 miljoner år sedan (Pyron *et al.*, 2013; Zheng & Wiens, 2016).

Det är lätt för oss människor att förbise reptilernas roll i ekosystemet; de är som regel ofta relativt små och skygga, och många människor betraktar dem idag med ett visst förakt och ointresse. Detta kanske då de traditionellt sett ofta utmålas som ”orena” och farliga djur, även om de i många tidigare kulturer har dyrkats. Reptilerna fyller en viktig roll i ekosystemen, i synnerhet i tropiska områden där de är som artrikast. De är en viktig del av näringskedjan som både byte och rovdjur, men även som fröspridare, skadedjurskontroll, asätare och pollinerare (Valencia-Aguilar *et al.*, 2013). Deras utbredning är beroende av temperaturen och vattentillgängligheten, två faktorer som, idag, globalt håller på att förändras. Syftet med denna litteraturstudie är därför att försöka ta reda på om och hur fjällbärande reptiler påverkas av de pågående klimatförändringar och förstörelsen av habitat.

Frågeställningar:

- Hur påverkas reptiler av klimatförändring respektive habitatförstörelse?
- Vilka är nyckelfaktorerna för reptilernas överlevnad?
- Hur ser eventuellt bevarandearbete ut? Behövs det?

## MATERIAL OCH METODER

Materialet till detta kandidatarbete har samlats in via sökning i databaserna Google Scholar, Primo och ScieneDirect med användning av sökord som: “*climate change and reptiles*”, “*habitat destruction and reptiles*”, “*ectotherms physiological thermoregulation*”, “*reptiles’ role in the ecosystem*”, “*climate change and reptile\* and disease*”. Hemsidor som IUCN, IPCC och Nationalencyklopedin har använts för viss grundinformation. Böckerna “*Herpetology An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*” och “*Fundamentals of Conservation Biology*” har även konsulterats.

## LITTERATURÖVERSIKT

### Livsmiljö

Reptiler finns över hela jordklotet; på alla kontinenter utom på Antarktis. De fyller alltså en plats i många ekosystem. IUCN (2016) listar subtropiska och tropiska skogar som det vanligaste habitatet, men reptiler förekommer i alla miljöer där permafrost inte råder. De kan leva både som generalister och röra sig över en relativt stor yta, eller vara mer nischade och endast leva i ett visst mikrohabitat. Även deras föda är väldigt varierande, en majoritet av reptilerna är karnivorer och livnär sig på insekter, små däggdjur eller fåglar m.m., men flertalet arter är även omnivorer och en del ödlor är herbivorer (Vitt & Caldwell, 2009). Effekten av klimatet och habitatförändringar på möjlig föda är en viktig parameter att ha i åtanke vid ett bevarandearbete. Reptilernas låga energibehov och stora anpassningsförmåga gör det möjligt för dem att överleva i ogästvänliga miljöer. Ett exempel på detta är *Chamaeleo namaquensis* som lever sitt liv i Namiböknen och överlever genom att gräva ner sig i håll när det är som varmast, sekreterar salt genom näsborrarna för att minimera vätskeförlusterna och ändrar färg för att minimera/maximera värmeförluster (Encyclopedia of Life, 2019) Ett annat exempel är vanlig snok (*Natrix natrix*) som återfinns så långt norrut som i Västerbotten och som dvalar halva året undan tjälen (Artdatabanken, 2019) Majoriteten av reptilerna lever dock i betydligt mer känsliga habitat än dessa två arter, och risken att de påverkas av klimatförändringar och habitatförstörelsens konsekvenser är stor (Gibbons *et al.*, 2000; Sinervo *et al.*, 2010).

En tjänlig livsmiljö för en reptil innefattar; skydd från väder och vind, möjlighet att sola, tillräckliga populationer av lämpliga bytesdjur, lämpliga äggläggningsplatser, skydd från rovdjur och möjlighet att dvala frostfritt vid låga omgivningstemperaturer (Edgar *et al.*, 2010).

### Klimatförändringar

Jordens medeltemperatur höjs i en snabbare takt än någonsin tidigare, det beror högst troligen beror på mänsklig aktivitet och utsläpp av så kallade växthusgaser såsom koldioxid, metan, dikväveoxid och ozon (IPCC, 2015). I synnerhet utsläpp av koldioxid genom förbränning av fossila bränslen och markanvändning såsom skogsskövling, anses vara den drivande faktorn bakom temperaturhöjningen (Anderson *et al.*, 2016). Andra icke-antropogena orsaker som också kan bidra är variationer i solaktivitet, kontinentaldrift och vulkanisk aktivitet.

Åtminstone 7,9 % av alla arter på jorden beräknas i framtiden utrotas på grund av klimatförändringar, men om temperaturhöjningen fortsätter som den gör och om människan inte förändrar sitt beteende så kan så mycket som 16% vara hotade av utrotning enbart på grund av klimatförändringar (Urban, 2015). Särskilt utsatta är populationer som är begränsade till en viss geografisk zon eller mikroklimat (Sinervo *et al.*, 2010).

### Termoreglering

För reptiler är temperaturen en viktig nyckelparameter för att det ska kunna sprida sig i en region och den påverkar deras fysiologi och populationsdynamik (Qian, 2009). Även

luftfuktighet spelar roll för vissa reptiler, dock inte lika mycket som för amfibier (Vitt & Caldwell, 2009). I en studie på tigerormar (*Notechis scutatus*) visades att svårigheter att termoreglera vid temperaturförändringar inte hade att göra med en högre medeltemperatur i sig utan den ökade år-till-år variationen. De kunde anpassa sig relativt väl till en högre eller en lägre temperatur, men hade svårt att hantera variationer. det vill säga, var de vana vid en kall temperatur hade de svårt att ställa om när temperaturen förändrades (Aubret & Shine, 2010).

Reptiler är ektoterma och poikiloterma, vilket innebär att de reglerar sin kroppstemperatur med hjälp av enbart yttre faktorer såsom exempelvis solstrålning eller vattenflöde och att de har en varierande kroppstemperatur. Detta i jämförelse med endoterma arter som har relativt stabil kroppstemperatur och även kan justera sin temperatur med hjälp av inre faktorer såsom förbränning av fett, svettning etc. (Nationalencyklopedin, 2019). Genom att förflytta sig mellan olika mikroklimat uppnår reptilen en optimal temperatur där den kan vara aktiv (Porter *et al.*, 1973). Det är alltså viktigt att reptilen uppnår en bra kroppstemperatur för att många biokemiska och fysiologiska processer ska fungera optimalt (Aleksiuk, 1971; Hutchison & Maness, 1979). Beteende är en viktig del för att upprätthålla temperaturoptimum, exempelvis genom att förflytta sig mellan soliga och skuggiga platser i omgivningen (Seebacher & Franklin, 2005).

Temperaturoptimum varierar med art, vissa arter har ett relativt smalt fönster medan andra arter klarar av att vara aktiva i ett bredare temperaturspektrum. Generellt verkar den optimala kroppstemperaturen för många reptilarter vara cirka 25-30°C och övre letal kroppstemperatur ligger runt 38-42°C (Brattstrom, 1965; Spellerberg, 1972).

### **Reproduktion**

En viktig del i att överleva ett förändrat klimat är såklart att kunna reproducera sig. Reptiler föder antingen levande ungar (vivipara) eller är äggläggande (ovipara); omkring 20 % av reptiler är vivipara och resterande 80 % är ovipara. Vivipari hos reptiler har utvecklats vid mer än 100 separata tillfällen genom evolutionen (Vitt & Caldwell, 2009) och det finns vissa indikationer på att utvecklingen av vivipari kan kopplas samman med kallt klimat, vilket man tror kan bero på att marken har en för låg temperatur för att äggen ska kunna utvecklas utanför modern (Qualls & Andrews, 1999; Telemeco *et al.*, 2010).

En annan aspekt gällande reptiler är att könet på avkomman inte alltid styrs av genetik, såsom det vanligtvis gör hos däggdjur och fåglar, utan reptiler delas in i genetic sex determination (GSD) och temperature-dependent sex determination (TSD) (Sarre *et al.*, 2004). Vid TSD har omgivningstemperaturen en avgörande roll för vilket kön avkomman får och en högre eller lägre temperatur kan då leda till snedfördelning bland könen. I en studie 2009 av Wapstra *et al.* på *Niveoscincus ocellatus* visades att låg medeltemperatur under den perioden av dräktighet där könet bestäms gav fler hanar per kull. Reptilerna kan till viss del kompensera för dessa avvikande temperaturer, exempelvis genom att förändra sitt beteende och lägga sina ägg tidigare eller senare på säsongen. Om marktemperaturen är alltför hög eller för låg så hjälper inte dessa beteendeförändringar (Telemeco *et al.*, 2009). Reptiler med temperaturberoende könsutveckling bedöms som särskilt utsatta som tidigare nämnt, då det är osäkert på om de kan anpassa sig helt till ett förändrat klimat (Walther *et al.*, 2002).

En annan utsatt grupp för klimatförändringar är ölevande arter, detta på grund av flera faktorer; de har en begränsad förmåga att förflytta sig till andra områden när klimatet förändras, interaktionen med andra arter kan oftast vara väldigt specifik för varje ö och de kan därför vara svåra att introducera till en annan miljö om man försöker att omplacera dem (Bickford *et al.*, 2010).

### **Sjukdomar i samband med klimatförändringar**

Nya sjukdomar spås kunna uppstå i spåren av klimatförändring (Fischer *et al.*, 2012) och innebära ett hot mot både djur, växter och hela ekosystem. Svampinfektioner tycks idag vara ett ökande problem bland växter och framförallt djur; vissa studier tyder på att ökningen kan bero på klimatförändringar, med ett varmare och fuktigare väder som svamparna trivs i (Pounds *et al.*, 2006), sambandet är dock inte helt klargjort (Rohr *et al.*, 2008). Hos amfibier har det under det senaste decenniet setts en oroväckande ökning i antalet individer som insjuknar och dör i allvarliga svampinfektioner (Xie *et al.*, 2016). Även mänsklig rörelse och förflyttning över stora områden gynnar spridningen av dessa patogena svampar (Debourgogne *et al.*, 2016).

Även hos reptiler ser man hos vissa arter en ökning av svampinfektioner såsom ”snake fungal disease”. Snake fungal disease (SFD) orsakas av *Ophidiomyces ophiodiicola* och är en allvarlig svampinfektion som ses som ett hot mot vilda ormpopulationer. Hos ormar med SFD har man kunnat se små men signifikanta skillnader i sammansättningen och diversiteten av hudens mikrobiom (Allender *et al.*, 2018).

En studie gjord på skogsödlor (*Zootoca vivipara*) visade att dessa ödlors tarmflora påverkades av temperaturhöjningar, vilket ledde till en minskning av antalet sorters bakterier och förändrade förhållande mellan bakterierna i tarmen (Bestion *et al.*, 2017). En hög diversitet i bakteriefloran är ofta sammankopplat med fördelar för värddjuret. Hos människor, grodor och även humlor har ett friskt mikrobiom på huden och i tarmen visats sig vara viktiga för att förebygga sjukdom och det finns anledning att tro att så även gäller för reptiler (Harris *et al.*, 2009; Koch & Schmid-Hempel, 2012).

## **Habitatförändringar**

### **Habitatförstörelse**

Habitatförstörelse eller habitatdegradering innebär att naturen på ett eller annat sätt förändras (exempelvis genom skogsskövling, dikning eller miljöföroreningar) på ett sådant sätt att den art som tidigare har levt där inte längre klarar av att fortleva och därför måste anpassa sig, förflytta sig eller försvinna helt. Habitatförstörelse kan även utgöras av mindre uppenbara saker såsom invasiva arter eller ökad mänsklig aktivitet i området som stör faunan (Hunter & Gibbs, 2007). Idag utgör habitatförstörelse det största hotet för 85 % av alla utrotningshotade arter, inte enbart reptiler (IUCN, 2018). Enligt FAO (2016) så skövlas cirka 7 miljoner hektar skog varje år för att göra plats för åkermark, mänskliga bosättningar och betesmark. En stor del av skövlingen sker i tropikerna, vilket innebär att tusentals djur förlorar sina hem.

Reptiler har en varierande känslighet för habitatförändringar, men man har visat att arter som är nischade och naturligt lever i mindre populationer eller solitärt generellt sett har en ökad utrotningstakt jämfört med arter som är generalister och klarar av att leva i flera olika typer av

miljöer (Foufopoulos & Ives, 1999). Skogslevande populationer av reptiler är ytterligare exempel på grupper som är generellt känsligare än de som lever på öppna ytor då de har svårt att anpassa sig till den varma och torra miljön en öppen yta ofta innebär (Rodrigues, 2005). Risken att utsättas för predation ökar även på en öppen yta. Även de arter som lever på öppna ytor i normalfall är hotade när mark omvandlas för att användas till jordbruk eller betesmark (Rodrigues, 2005). För gräslevande arter kan ett ökat betetryck vara katastrofalt då en hårt betad yta ger minimalt eller inget skydd mot rovdjur eller solstrålning, vilket leder till populationsminskning av känsliga arter (Ballinger & Congdon, 1996; Driscoll, 2004).

### **Habitatfragmentering**

Habitatfragmentering innebär att landskapet delas upp, t.ex. av jordbruksmark där det tidigare har varit skog. Delar av habitatet finns alltså fortfarande kvar utspritt på en större yta, men det är uppdelat i små fragment (Didham, 2010). Även något så litet som en väg i en skog kan medföra stora hinder och begränsa arters förmåga att förflytta sig mellan habitat, då många arter skyr öppna ytor och djuren även riskerar att dö på en trafikerad väg (Hunter & Gibbs, 2007). Detta medför problem, speciellt om möjligheten att röra sig mellan fragmenten är begränsad. I en studie av Driscoll (2004) i Australien där habitatfragmenten var ihopkopplade med linjära rester av habitatet utmed vägar och hagar, såg man att detta inte var tillräckligt för att många av arterna skulle kunna upprätthålla stabila populationsstorlekar, då antalet individer som passerade mellan fragmenten var för lågt. Även här såg man att arter som var mer generalister och inte så nischade klarade sig bättre och att en av de studerade arterna till och med gynnades av habitatfragmenteringen på bekostnad av de andra arterna (Driscoll, 2004). Habitatfragmentering kan enligt vissa modeller leda till en ökning av populationers tröskelvärde för utrotning det vill säga, det krävs större habitat för att samma population av djur ska kunna överleva och fortplanta sig (Fahrig, 2002). I populationer av *Gnypetoscincus queenslandiae* har det visat sig att de minskar i kroppsstorlek när de lever i habitatfragment jämfört med populationer av samma art som lever i sammanhängande habitat, vilket tros bero på en minskad möjlighet att gömma sig från predatorer, men även ett förändrat mikrohabitat som påverkar djurens termoreglering (Sumner *et al.*, 1999).

## DISKUSSION

Idag räknas 1134 reptilarter som sårbara eller utrotningshotade (IUCN, 2016). Mörkertalet tros vara stort då det finns otillräckligt med data för tusentals reptilarter. Det är antropogena hot såsom skogsskövling, jordbruk, utbredning av städer och introduktion av nya arter som tros påverka reptilerna allra mest. Alla dessa förändringar i livsmiljön skulle kunna vara ödesdigra och de arter som inte kan anpassa sig eller förflytta sig kan komma att dö ut, med risk för påverkan på hela ekosystem (Gibbons *et al.*, 2000).

### Klimatförändringar

Reptiler är som nämnt ektoterma, alltså reglerar de sin kroppstemperatur med hjälp av yttre faktorer. Detta ger dem möjligheter och problem som däggdjur och fåglar inte ställs inför. Problemet med klimatförändringarna är att om det blir varmare och torrare så kommer djuren kunna spendera mindre tid med födosök under dagtid, eftersom de då riskerar att uppnå för höga kroppstemperaturer, vilket är skadligt för dem (Hutchison & Maness, 1979). Detta ökar risken för undernäring, då de istället kommer behöva spendera en större tid i svalare gömställen och dylikt för att fly undan den brännande solen. Det blir alltså en stress för djuren att stanna kvar i habitatet (Deutsch *et al.*, 2008).

Även bytesdjur och växter kommer troligen att påverkas av ett varmare klimat. Växter kan utsättas för ökande svampangrepp av ett varmare och fuktigare klimat, och extremväder riskerar att förstöra arealer med föda. En tidigare vår kan medföra att växter blommar tidigare och insekterna kommer behöva anpassa sig därefter, och så även gnagare. En annan konsekvens är om reptilernas ägg kläcks under den tid där födan borde vara som rikligast så finns det risk att de halkar efter om födan nu finns tidigare under året (Mitchell & Janzen, 2010).

Det finns risk att andra arter som är bättre anpassade till det nya klimatet konkurrerar med reptilerna och att solitärt levande arter tvingas samsas om de ytor som fortfarande är bebodda, vilket ger en större resurskonkurrens och ett ökat tryck på lämpliga bytesdjur. Mycket beror såklart på hur resten av ekosystemet påverkas. Så länge det finns möjlighet för reptilerna att termoreglera någorlunda väl så kan de antagligen fungera väl i ett varmare klimat, i synnerhet om deras bytesdjur påverkas positivt av klimatförändringarna. Om det finns fler bytesdjur kommer inte reptilerna behöva spendera lika mycket tid med födosök.

I exempelvis en studie av Chamaillé-Jammes *et al.* såg man att en måttlig temperaturhöjning gav morfologiska förändringar hos skogsödlor (*Lacerta vivipara*) i form av storleksökning och därmed även en ökad reproduktion, då honorna kunde bära fler ägg per dräktighet. På habitatsnivå så kunde istället en minskad luftfuktighet på grund av den ökande temperaturen medföra att ödlornas habitat, våtmarker, torkade ut och minskade. Detta innebar alltså att temperaturhöjningen var negativ för populationen i sin helhet, i synnerhet då deras möjligheter att förflytta sig till liknande habitat var begränsad (Chamaillé-Jammes *et al.*, 2006).

Reptiler med temperature-dependent sex determination (TSD) kan komma att påverkas av klimatförändringar. Hos en del arter handlar det inte om stora skillnader i temperatur för att en sned könsfördelning ska uppstå (Mitchell & Janzen, 2010). Huruvida detta blir är ett stort problem är svårt att avgöra, de flesta reptiler verkar få en sned könsfördelning åt det honliga

hållet vid en högre temperatur. Detta är inte lika negativt för populationen som en snedfördelning mot hanar, där konsekvensen blir att färre avkomor produceras och att genetisk variation förloras eftersom antalet hanar som kan reproducera sig är begränsat (Vitt & Caldwell, 2009). Ett varmare klimat skulle även kunna förlänga tiden då reptilerna reproducerar sig, vilket ger större och fler kullar, vilket ännu snabbare ger effekter på könsfördelningen. Blir temperaturen allt för hög riskerar dock äggen att inte utvecklas alls. Om arten är vivipar är även problemet med varmare klimat som tidigare nämnt att honan kan behöva minska sitt födosökande på grund av för höga temperaturer som tidigare nämnt, vilket ger en minskad näringstillförsel till ungarna.

De kan gissningsvis anpassa sig genom att minska sin tid i solen eller lägga sina ägg på andra ställen. Långsiktigt skulle man kanske se att temperaturintervallet för TSD förändras så att könsfördelningen blir jämn igen. Det finns dock gränser hur mycket detta kan förändras då mycket beror enzymaktivitet, och då dessa är bara fungerar i vissa temperaturintervall så kan en allt för hög temperatur göra det svårt för reptilerna att anpassa sig. Relokalisering av ägg är en möjlighet som dock kan vara praktiskt jobbig att genomföra, det löser heller inte problemet att arten har svårt att reproducera sig i sitt naturliga habitat (Dodd & Seigel, 1991). Det finns även andra konsekvenser av att förflytta arter till nya habitat då risken är stor att exempelvis en annan endemisk art riskerar att konkurreras ut, och att det är svårt att avgöra vilken konsekvens det får för ekosystemet om en ny art dyker upp.

Ökenlevande arter lever redan i ytterkanten av sin förmåga att anpassa sig. De är beroende av tillgången till skugga och mark som är tillräckligt fast för att gräva i. Ökar temperaturen eller minskar regnmängd är risken överhängande att den lilla växtlighet som finns försvinner, vilket eroderar marken och gör de att inte har möjlighet att söka skugga, och de kommer då vara tvungna att söka sig bort från öken, om möjlighet finns.

Ett stort problem är just möjligheten för arterna att förflytta sig till nya mer lämpliga habitat, då dessa inte nödvändigtvis hänger ihop med tidigare habitat. Habitatförstörelse och fragmentering kan minska spridningen av arter till nya områden, eftersom mänskliga bosättningar och jordbruksmark gör det svårt för djuren att förflytta sig (Hunter & Gibbs, 2007). I exempelvis Europa tror man att antalet reptiler generellt kommer att öka, dock är detta helt beroende av deras förmåga att förflytta sig. Det finns risk för isolering och minskat flöde av genetisk information mellan populationer av samma art; en skog i en stad kan kanske ha flertalet reptilarter, men finns det ingen lämplig väg ut ur staden är populationerna avskurna. Kan de inte förflytta sig så kommer de antagligen istället att minska i antal (Araújo *et al.*, 2006).

Den största konsekvens av klimatförändring tycks därför inte vara den direkta påverkan på djuren utan påverkan på deras habitat.

## **Habitatförändringar**

Idag konsumeras en stor del av planetens nettoprimärproduktion på ett eller annat sätt av människor (Vitousek *et al.*, 1986) och resterande produktion delar planetens miljoner andra arter på. Så mycket som 40 % av allt land används idag som jordbruks- och betesmark, men samtidigt som människan kontrollerar och är beroende av en allt större del av biosfären så underminerar vi också ekosystemens möjlighet att understödja alla dessa tjänster t.ex.

matproduktion, vattenkvalité och klimatreglering (Foley *et al.*, 2005). Genom att bränna ner regnskog för åkermark frisätts bundet kol och markens mikrobiota rörs upp, intensiv odling urlakar jordens mineraler och bördigheten minskar, vilket slutligen gör marken mindre attraktiv att odla på. De försvunna träden gör att mikroklimatet förändras och det blir torrare och varmare, vilket ökar risken för markerosion och ökenbildning, samt riskerar att destabilisera ekosystem. Fragmentering och förstörelse av habitat är ett av de absolut största hoten mot reptiler som för många andra djur på planeten (Tilman *et al.*, 1994; Yiming & Wilcove, 2005). Reptiler är känsliga för habitatförstörelse, deras habitat är oftast förhållandevis små, även om vissa arter rör sig över större ytor, så lever de i regel i samma områden och återvänder gärna till samma platser. Många av dem är bakhållsjägare och förlitar sig på att bytet kommer till dem istället för att aktivt jaga sitt byte.

Habitatfragmentering kan gynna ett fåtal arter som har ett bredare spektrum att söka föda i, klarar av att leva i täta problem, och inte är kinkiga för miljön. Resterande riskerar att bli utkonkurrerade och utan någonstans att ta vägen (Driscoll, 2004). Men generellt så är habitatfragmentering negativt och begränsar djurens förmåga att anpassa sig till klimatförändringar. Beteendemässigt så skyr reptiler människor och när mänskliga bosättningar inkräktar på deras habitat måste de antingen flytta på sig eller försöka anpassa sig, vilket leder till konflikter. I synnerhet ormar har dåligt rykte och många dödas varje år av rädsla för ormbett. Många giftiga arter kan alltså inte existera nära mänskliga bosättningar av risken för att dödas, samtidigt som smågnagare och småfåglar gärna dras till människor p.g.a. ett överflöd av mat.

Ekosystem är komplexa, det är svårt att påstå en generell sanning för samtliga. Reptiler är heller inte de enda som påverkas, utan alla arter i ett ekosystem påverkas. Genom att skövla gamla döda träd minskar mängden insekter och då också mängden gnagare och småfåglar, och då även reptiler.

## **Bevarande**

Ett eventuellt bevarande måste baseras på kännedom om geografi och tidigare klimatförändringar; skyddade områden är viktiga, men det räcker inte med en isolerad population i det långa loppet för att bevara en hel art (Rodrigues, 2005). Habitat och ekosystem är komplexa, och det räcker inte att enbart bevara den geografiska miljön, utan även interaktioner mellan arter spelar roll i bevarandearbetet. Exempelvis kan en höjning i temperatur ge en direkt påverkan på en arts reproduktion, vilket ger en indirekt påverkan på en annan art genom minskad predation, vilket ger påverkan på en tredje art genom ett ökat betestryck och så vidare (Kearny *et al.*, 2003).

Försök har gjorts att förflytta reptiler till nya och mer lämpliga habitat, med risk för att det nya habitatet förändras istället. Det saknas långsiktiga studier på hur väl populationer klarar av att flytta och det stora problemet, att habitat förstörs, kvarstår. För att framgångsrikt bevara en art krävs bra fakta om bakomliggande orsaker till populationsminskningen och artspecifika krav på till exempel miljön (Dodd & Seigel, 1991). Ytterligare möjlighet finns i att samla in ägg och kläcka dessa i inkubator, vilket dock är opraktiskt då en hel del arter lever i svårtillgängliga miljöer, och det skulle krävas stor och dyr inkubatorkapacitet för att kunna göra en skillnad för



arten. Det är heller inte en långsiktig lösning utan kan ses mer som ett akut verktyg att ta till för att rädda en art från utrotning.

Det allra bästa är att lyckas bevara och skydda ett habitat redan innan det förstörs, istället för att försöka förflytta arter, med risk för påverkan på andra ekosystem. Ska man förflytta arter krävs noggrann övervakning och ett välgjort förarbete för att lyckas. Artificiellt kan man även försöka förbättra ett utsatt habitat och på så sätt garantera fortlevnad av arten (Webb & Shine, 2000).

### **Slutsats**

Vid en första anblick tycks reptilerna gynnas av ett varmare klimat; det finns potential att deras utbredningsområden faktiskt skulle kunna öka, med exempelvis mildare vintrar på många ställen, detta eftersom nyckelfaktorer för deras överlevnad är termoreglering och reproduktion. Deras framgång beror dock till stor del på hur deras förmåga att förflytta sig till dessa nya lämpliga habitat är påverkad. Med pågående habitatförstörelse och habitatfragmentering så blir det svårt för reptilerna att nå dessa nya jaktmarker, även om de ur ett klimatperspektiv skulle överleva och även frodas i vissa delar av världen. Majoriteten av alla reptiler är landlevande och relativt långsamma; de flesta rör sig i samma område hela livet, eller enbart ett fåtal kilometer från sin födelseplats. I dagsläget verkar inte människans påverkan på naturen att minska, utan snarare öka i takt med befolkningstillväxten.

Så länge den mänskliga påverkan på ekosystemen är så stor är risken överhängande att många arter går en mörk framtid till mötes.

Behovet av bevarande är lika varierande som antalet arter, men för många arter skulle nog en insats behövas. Möjligheter till bevarandeinsatser tycks tyvärr vara begränsad och handlar ofta om relokalisering. Det bästa som kan göras ur ett bevarandeperspektiv tycks vara att skydda habitat, möjliggöra för förflyttning mellan habitatfragment och förhindra spridning av invasiva arter som kan konkurrera med den endemiska faunan.

## LITTERATURFÖRTECKNING

Aleksiuk, M. (1971). Temperature-dependent shifts in the metabolism of a cool temperate reptile, *Thamnophis sirtalis parietalis*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 39: 495–503.

Allender, M.C., Baker, S., Britton, M., Kent, A.D. (2018). Snake fungal disease alters skin bacterial and fungal diversity in an endangered rattlesnake. *Scientific Reports*, 8: 12147.

Anderson, T.R., Hawkins, E., Jones, P.D. (2016). CO<sub>2</sub>, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*, 40: 178–187.

Araújo, M.B., Thuiller, W., Pearson, R.G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, 33: 1712–1728.

*Natrix natrix* - Vanlig snok. Artdatabanken. Tillgänglig: <https://artfakta.artdatabanken.se/taxon/100088> [17.02.2019]

Aubret, F., Shine, R. (2010). Thermal plasticity in young snakes: how will climate change affect the thermoregulatory tactics of ectotherms? *Journal of Experimental Biology*, 213: 242–248.

Ballinger, R.E., Congdon, J.D. (1996). Status of the bunch grass lizard, *Sceloporus scalaris*, in the Chiricahua mountains of southeastern Arizona, *Bulletin of the Maryland Herpetological Society*, 32: 3.

Bestion, E., Jacob, S., Zinger, L., Di Gesu, L., Richard, M., White, J., Cote, J. (2017). Climate warming reduces gut microbiota diversity in a vertebrate ectotherm. *Nature Ecology & Evolution*, 1: 0161.

Bickford, D., Howard, S.D., Ng, D.J.J., Sheridan, J.A. (2010). Impacts of climate change on the amphibians and reptiles of Southeast Asia. *Biodiversity Conservation*, 19: 1043–1062.

Brattstrom, B.H. (1965). Body Temperatures of Reptiles. *The American Midland Naturalist*, 73: 376–422.

Chamaillé-Jammes, S., Massot, M., Aragón, P., Clobert, J. (2006). Global warming and positive fitness response in mountain populations of common lizards *Lacerta vivipara*. *Global Change Biology*, 12: 392–402.

Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C., Martin, P.R. (2008). Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 6668–6672.

Debourgogne, A., Dorin, J., Machouart, M., 2016. Emerging infections due to filamentous fungi in humans and animals: only the tip of the iceberg? *Environmental Microbiology Reports*, 8: 332–342.

- Didham, R.K. (2010). Ecological Consequences of Habitat Fragmentation, in: John Wiley & Sons, Ltd (Ed.), *Encyclopedia of Life Sciences*. Chichester, UK, John Wiley & Sons, Ltd.
- Dodd, C.K., Seigel, R.A. (1991). Relocation, Repatriation, and Translocation of Amphibians and Reptiles: Are They Conservation Strategies That Work? *Herpetologica*, 47: 336–350.
- Driscoll, D.A. (2004). Extinction and Outbreaks Accompany Fragmentation of a Reptile Community. *Ecological Applications*, 14: 220–240.
- Edgar, P., Baker, J., Foster, J. (2010). *Reptile habitat management handbook*. Bournemouth, Amphibian and Reptile Conservation.
- Namaqua Chameleon. Encyclopedia of Life. Tillgänglig: <https://eol.org/pages/795427> (nedladdad 3.16.19).
- Fahrig, L. (2002). Effect of Habitat Fragmentation on the Extinction Threshold: A Synthesis. *Ecological Applications*, 12: 346–353.
- Fisher, M.C., Henk, D.A., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., McCraw, S.L., Gurr, S.J. (2012). Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. *Nature*, 484: 186–194.
- Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309: 570–574.
- FAO (Ed.), 2016. Forests and agriculture: land-use challenges and opportunities, *State of the world's forests*. Rome, FAO.
- Foufopoulos, J., Ives, A.R. (1999). Reptile Extinctions on Land-Bridge Islands: Life-History Attributes and Vulnerability to Extinction. *The American Naturalist*, 153: 1–25.
- Gibbons, J.W., Scott, D.E., Ryan, T.J., Buhlmann, K.A., Tuberville, T.D., Metts, B.S., Greene, J.L., Mills, T., Leiden, Y., Poppy, S., Winne, C.T. (2000). The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians: Reptile species are declining on a global scale. Six significant threats to reptile populations are habitat loss and degradation, introduced invasive species, environmental pollution, disease, unsustainable use, and global climate change. *BioScience*, 50: 653–666.
- Harris, R.N., Brucker, R.M., Walke, J.B., Becker, M.H., Schwantes, C.R., Flaherty, D.C., Lam, B.A., Woodhams, D.C., Briggs, C.J., Vredenburg, V.T., Minbiole, K.P.C. (2009). Skin microbes on frogs prevent morbidity and mortality caused by a lethal skin fungus. *The ISME Journal*, 3: 818–824.
- Hunter, M.L., Gibbs, J.P. (2007). *Fundamentals of Conservation Biology*, 3rd ed. Malden, Massachusetts, Blackwell Publishing.

Hutchison, V.H., Maness, J.D. (1979). The Role of Behavior in Temperature Acclimation and Tolerance in Ectotherms. *Integrated Comparative Biology*, 19: 367–384.

IUCN (2016). International Union for Conservation of Nature - Red List of Threatened Species. Tillgänglig:

<https://www.iucnredlist.org/search/stats?taxonomies=100304&searchType=species>

[17.02.2019]

Kearney, M., Moussalli, A., Strasburg, J., Lindenmayer, D., Moritz, C. (2003). Geographic parthenogenesis in the Australian arid zone: I. A climatic analysis of the *Heteronotia binoei* complex (Gekkonidae) *Evolutionary Ecology Research*, 5: 953–976.

Koch, H., Schmid-Hempel, P. (2012). Gut microbiota instead of host genotype drive the specificity in the interaction of a natural host-parasite system. *Ecology Letters* 15, 1095–1103.

Kroppstemperatur. Nationalencyklopedin. Tillgänglig:  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/kroppstemperatur> [07.02.2019]

Mitchell, N.J., Janzen, F.J. (2010). Temperature-Dependent Sex Determination and Contemporary Climate Change. *Sexual Development* 4, 129–140.

Pachauri, R.K., Mayer, L., Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds.) (2015). *Climate change 2014: synthesis report*. Geneva, Switzerland, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Porter, W.P., Mitchell, J.W., Beckman, W.A., DeWitt, C.B. (1973). Behavioral implications of mechanistic ecology. *Oecologia* 13, 1–54.

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., Young, B.E. (2006). Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439, 161–167.

Qian, H. (2010). Environment–richness relationships for mammals, birds, reptiles, and amphibians at global and regional scales *Ecological Research*, 25: 629.

Qualls, C.P., Andrews, R.M. (1999). Cold climates and the evolution of viviparity in reptiles: cold incubation temperatures produce poor-quality offspring in the lizard, *Sceloporus virgatus*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 67: 353–376.

Rodrigues, M.T. (2005). The Conservation of Brazilian Reptiles: Challenges for a Megadiverse Country. *Conservation Biology*, 19: 659–664.

Rohr, J.R., Raffel, T.R., Romansic, J.M., McCallum, H., Hudson, P.J. (2008). Evaluating the links between climate, disease spread, and amphibian declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 17436–17441.

Roser, M., Ortiz-Ospina, E. (2013). World Population Growth. Our World in Data. Tillgänglig: <https://ourworldindata.org/world-population-growth> [01.03.2019]

Sarre, S.D., Georges, A., Quinn, A. (2004). The ends of a continuum: genetic and temperature-dependent sex determination in reptiles. *BioEssays*, 26: 639–645.

Seebacher, F., Franklin, C.E. (2005). Physiological mechanisms of thermoregulation in reptiles: a review. *Journal of Comparative Physiology B*, 175: 533–541.

Simões, T.R., Caldwell, M.W., Tañanda, M., Bernardi, M., Palci, A., Vernygora, O., Bernardini, F., Mancini, L., Nydam, R.L. (2018). The origin of squamates revealed by a Middle Triassic lizard from the Italian Alps. *Nature*, 557: 706.

Sinervo, B., Méndez-de-la-Cruz, F., Miles, D.B., Heulin, B., Bastiaans, E., Cruz, M.V.-S., Lara-Resendiz, R., Martínez-Méndez, N., Calderón-Espinosa, M.L., Meza-Lázaro, R.N., Gadsden, H., Avila, L.J., Morando, M., Riva, I.J.D. la, Sepulveda, P.V., Rocha, C.F.D., Ibargüengoytia, N., Puntriano, C.A., Massot, M., Lepetz, V., Oksanen, T.A., Chapple, D.G., Bauer, A.M., Branch, W.R., Clobert, J., Sites, J.W., 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science* 328, 894–899.

Species Statistics July 2018 (2018). Tillgänglig: <http://www.reptile-database.org/db-info/SpeciesStat.html> [07.02.2019]

Spellerberg, I.F. (1972). Temperature tolerances of Southeast Australian reptiles examined in relation to reptile thermoregulatory behaviour and distribution. *Oecologia*, 9: 23–46.

Sumner, J., Moritz, C., Shine, R. (1999). Shrinking forest shrinks skink: morphological change in response to rainforest fragmentation in the prickly forest skink (*Gnypetoscincus queenslandiae*). *Biological Conservation*, 91: 159–167.

Habitat management for reptiles. The Amphibian and Reptile Conservation Trust. Tillgänglig: <https://www.arc-trust.org/for-reptiles> [16.03.2019]

Telemeco, R.S., Elphick, M.J., Shine, R. (2009). Nesting lizards (*Bassiana duperreyi*) compensate partly, but not completely, for climate change. *Ecology*, 90: 17–22.

Telemeco, R.S., Radder, R.S., Baird, T.A., Shine, R. (2010). Thermal effects on reptile reproduction: adaptation and phenotypic plasticity in a montane lizard. *Biological Journal of the Linnean Society*, 100: 642–655.

Tilman, D., May, R.M., Lehman, C.L., Nowak, M.A. (1994). Habitat destruction and the extinction debt. *Nature*, 371: 65.

Urban, M.C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348: 571–573.

Valencia-Aguilar, A., Cortés-Gómez, A.M., Ruiz-Agudelo, C.A. (2013). Ecosystem services provided by amphibians and reptiles in Neotropical ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 9: 257–272.

- Vitousek, P.M., Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H., Matson, P.A. (1986). Human Appropriation of the Products of Photosynthesis. *BioScience*, 36: 368–373.
- Vitt, L.J., Caldwell, J.P. (2009). *Herpetology* (Third Edition). London, Academic Press.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389–395.
- Wapstra, E., Uller, T., Sinn, D.L., Olsson, M., Mazurek, K., Joss, J., Shine, R. (2009). Climate effects on offspring sex ratio in a viviparous lizard. *Journal of Animal Ecology*, 78: 84–90.
- Webb, J.K., Shine, R. (2000). Paving the way for habitat restoration: can artificial rocks restore degraded habitats of endangered reptiles? *Biological Conservation*, 92: 93–99.
- Xie, G.Y., Olson, D.H., Blaustein, A.R. (2016). Projecting the Global Distribution of the Emerging Amphibian Fungal Pathogen, *Batrachochytrium dendrobatidis*, Based on IPCC Climate Futures. *PLOS ONE*, 11.
- Yiming, L., Wilcove, D.S. (2005). Threats to Vertebrate Species in China and the United States. *BioScience*, 55: 147–153.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K. (2001). Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science*, 292: 686–693.
- Zheng, Y., Wiens, J.J. (2016). Combining phylogenomic and supermatrix approaches, and a time-calibrated phylogeny for squamate reptiles (lizards and snakes) based on 52 genes and 4162 species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 94: 537–547.