



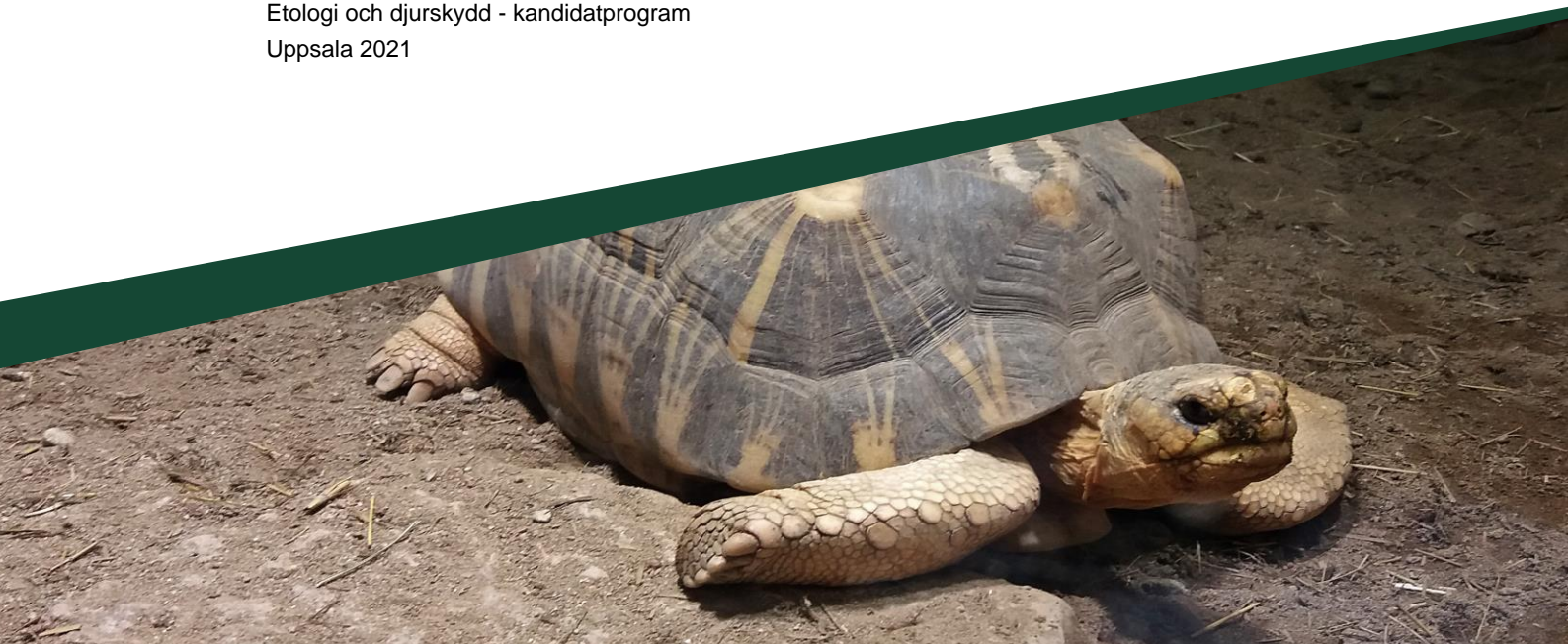
# Individuella skillnader i hägnutnyttjande och solande hos strålsköldpaddor som hålls i grupp

---

*Individual variation in enclosure use and basking behaviour in group housed radiated tortoises*

Johan Deander

Självständigt arbete • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa  
Etologi och djurskydd - kandidatprogram  
Uppsala 2021





# Individuella skillnader i hägnutnyttjande och solande hos strålsköldpaddor som hålls i grupp

*Individual variation in enclosure use and basking behaviour in group housed radiated tortoises*

Johan Deander

**Handledare:** Lisa Lundin, SLU, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa  
**Bitr. handledare:** Linn Lagerström, Parken Zoo  
**Examinator:** Katja Lundqvist, SLU, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

**Omfattning:** 15 hp  
**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E  
**Kurstitel:** Självständigt arbete i biologi, G2E  
**Kurskod:** EX0867  
**Program/utbildning:** Etologi och djurskydd - kandidatprogram  
**Kursansvarig inst.:** Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

**Utgivningsort:** Uppsala  
**Utgivningsår:** 2021  
**Omslagsbild:** Johan Deander

**Nyckelord:** strålsköldpadda, *Astrochelys radiata*, hägnutnyttjande, elektivitetsindex, solande, UV-ljus, temperaturreglering, djurpark

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

## Abstract

The thermal environment is of great importance to all animals, but even more so for ectothermal species that are dependent on external heat provision. Surrounding temperature can be linked to the behaviour and welfare of the animals and the artificial heat and light sources in captivity must be of high quality to enable physiological function, natural behaviour and good health. To be able to evaluate the quality of the enclosure and make improvements, there is a need to understand how the animals use their environment. A group of nine radiated tortoises (*Astrochelys radiata*) was observed at Parken Zoo during an 11-day period to explore the variation within the group regarding their enclosure usage and basking behaviour. The enclosure was divided into 13 zones based on temperature and light gradients, and the duration of basking was recorded continuously along with instantaneous sampling of the position of the animals every 60 seconds. To account for the size differences of the zones, an electivity index was used. The amount of basking was seen to vary between tortoises and time of day. Smaller individuals did spend more time basking per day and longer time per bout. There were group-level patterns in the way the enclosure was used, but for many of the zones there was a considerable variation between individuals. The largest basking area was over-utilised by most individuals but two used it less than expected by its size. Some zones had a uniform usage while other showed considerable variation between individuals. Because of the different ways the enclosure was used, different tortoises may receive different amounts of UV-B radiation, which is important for their wellbeing. Thermoregulatory needs may explain the differences. However, there are many more aspects that affect the motivation of an individual, such as other enclosure features, conspecifics and the presence or absence of food. The results can be used to make informed decisions at the specific institution regarding enclosure improvements. In a broader context it highlights the importance to consider the behavioural response in addition to the resources provided to the animals when evaluating the welfare and to acknowledge the individual variation within species and within groups.

*Keywords:* radiated tortoise, *Astrochelys radiata*, enclosure use, electivity index, basking, UV-light, thermoregulation, zoo



# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning.....</b>	<b>9</b>
1.1. Temperatur och värmereglering.....	9
1.1.1. Temperatur och värmereglering hos reptiler .....	10
1.2. UV-ljus och dess betydelse för djur.....	11
1.3. Hur tillgodoses dessa behov i fångenskap? .....	12
1.4. Strålsköldpaddan.....	12
1.4.1. Sociala interaktioner .....	13
1.5. Syfte och frågeställningar .....	14
1.5.1. Frågeställningar.....	14
<b>2. Material och metod.....</b>	<b>15</b>
2.1. Studieobjekt .....	15
2.2. Hägnet.....	16
2.2.1. Zonindelning .....	17
2.3. Mätning av miljöparametrar .....	18
2.4. Observationsmetod.....	20
2.5. Databehandling och analys .....	20
<b>3. Resultat .....</b>	<b>22</b>
<b>4. Diskussion.....</b>	<b>25</b>
4.1. Hägnutnyttjande .....	25
4.2. Solningsbeteende.....	26
4.3. Betydelse för välfärden .....	28
4.4. Fördelar och nackdelar med studiens metodik.....	29
4.4.1. Felkällor i studien .....	30
4.5. Litteraturens styrkor och svagheter .....	32
4.6. Studiens användbarhet och ämnets betydelse.....	32
4.7. Framtida studier .....	33
4.8. Slutsatser.....	34
<b>Tack.....</b>	<b>36</b>
<b>Populärvetenskaplig sammanfattning .....</b>	<b>37</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>38</b>





# 1. Inledning

När vi håller djur under mänsklig vård behöver vi se till att djuren ges en miljö de är anpassade för. Enligt djurskyddslagen (2018:1192) ska djurhållare förse djuren med en miljö som passar deras behov av klimat, ljud och ljus (6§). Extra tydligt blir detta ansvar om vi håller dem helt inomhus, eftersom vi då tar bort all ”slumpmässig” miljövariation som till exempel vädret innebär. Vad som är rätt parametrar kan dock vara svårt att veta när det gäller ett stort antal vilda djur, där kunskapen kring deras ekologi i naturen är bristfällig. Samtidigt hålls många vilda djur i djurparker eller annan typ av fångenskap, bland annat motiverat som en del i bevarandearbetet av arten (IUCN/SSC, 2014). Sköldpaddor (*Testudines*) och i synnerhet landsköldpaddor (*Testudinidae*), är en av de taxonomiska grupper med högst andel hotade arter samt högst genomsnittlig hotnivå bland alla världens ryggradsdjur (Rhodin *et al.*, 2018) och har därmed ett högt bevarandevärde. Två viktiga miljöfaktorer kopplade till sköldpaddors välfärd i fångenskap är omgivningens temperatur (Falcón *et al.*, 2018) och UV-strålning (McArthur & Barrows, 2004).

För att kunna bedöma välfärden hos djuren i djurparker är det viktigt att veta hur djuren använder den miljö som de tillhandahålls. Eftersom välfärd mäts på individnivå (Broom, 2007), är det viktigt att ta i beaktning att olika individer i en grupp kan ha olika välfärd. I de fall där särskilda fysiska aspekter i djurens miljö är nödvändiga för god välfärd måste djurhållaren säkerställa att alla individer har samma tillgång till dessa, till exempel måste sköldpaddor som hålls tillsammans ges möjligheten att alla samtidigt utnyttja en plats för uppvärmning enligt lagstiftningen (10 kap. 12§ Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd [SJVFS 2019:15] om villkor för hållande, uppfödning och försäljning m.m. av djur avsedda för sällskap och hobby, saknr. L80).

## 1.1. Temperatur och värmereglering

Ett djur utbyter konstant värme med sin omgivning, så länge det finns en temperaturskillnad mellan kroppen och miljön, vilket hos landlevande arter sker genom strålning, konvektion, konduktivitet och avdunstning (Angilletta, 2009). Nettoflödet av dessa processer, som simultant kan verka i motsatta riktningar, avgör om djuret kyls ner eller värms upp (Angilletta, 2009). Temperaturen i naturen fluktuerar i både tid och rum (Witt & Caldwell, 2013), ett djur kan därför uppleva en variation i sin omgivningstemperatur över olika delar av dygnet, mellan säsonger

och mellan år (Angilletta, 2009) samt mellan olika mikrohabitat (Angilletta, 2009; Baines *et al.*, 2016).

Hos alla djur finns en bestämd kroppstemperatur eller ett intervall av temperaturer som individen försöker upprätthålla, kontrollerat i deras hypotalamus (Witt & Caldwell, 2013). Arter som är beroende av vissa temperaturer kan benämnas temperaturspecialister, medan de som klarar sig bra i vitt skilda temperaturer benämns temperaturgeneralister (Angilletta, 2009). Kroppstemperaturen hos djur som värmereglerar visar på en liten variation oavsett omgivningens temperatur, medan den hos andra helt följer omgivningens temperatur (Angilletta, 2009). Temperaturreglering kan ske antingen fysiologiskt eller beteendemässigt och sker hos i princip alla organismer (Angilletta, 2009). En vanlig beteenderespons hos många djur är att flytta sig till en plats med lämplig temperatur (Wark *et al.*, 2020)

### 1.1.1. Temperatur och värmereglering hos reptiler

Som ektoterma djur är reptiler beroende av yttre temperaturer för att upprätthålla sina fysiologiska funktioner som är beroende av kroppstemperaturen (Christian *et al.*, 2016) och den dagliga exponeringen för värme och solljus påverkar alla tänkbara delar av en reptils liv (Baines *et al.*, 2016). Temperaturen registreras av både centrala och ytliga receptorer hos djuret (Witt & Caldwell, 2013) och variationen i omgivningens temperatur som djuret uppfattar, styr deras beteende för värmereglering (Baines *et al.*, 2016). Även ljusstyrkan i omgivningen kan möjligtvis påverka individens solande beteende diskuterar Dickinson och Fa (1997) som studerade leguaners preferens av solplats i fångenskap. Att ligga i solen är det mest uppenbara metoden för reptiler att värma upp sig, men de kan även ta upp värme genom konduktivitet och konvektion (Witt & Caldwell, 2013). Som hos andra ektoterma djur avgörs kroppstemperaturen främst av djurets beteende, även om viss fysiologisk kontroll finns (Witt & Caldwell, 2013). Beteendestyrd kontroll av kroppstemperaturen hos reptiler inkluderar att ändra kroppsposition, byte av mikrohabitat, anpassa tid för aktivitet, gräva ner sig samt att flera individer samlas tätt tillsammans (Bartholomew, 1982; se Witt & Caldwell, 2013). De allra flesta reptiler, särskilt de som lever i tropiskt klimat, klarar inte av att vara exponerade för direkt solljus när det är som allra varmast utan är beroende av att beteendemässigt reglera temperaturen genom att söka upp svalare platser som skugga eller underjordiska hålor för att inte bli överhettade (Sunday *et al.*, 2014).

Enligt McMaster och Downs (2013) kan man förvänta sig att förändring av beteende och tidpunkt för aktivitet på dagen är de viktigaste metoderna för att reglera kroppstemperaturen hos landsköldpaddor. Grekiska landsköldpaddor (*Testudo hermanni*) har observerats spendera en stor del av morgonen och förmiddagen solandes, för att sedan främst ägna sig åt andra beteenden resten av dagen (Meek, 1984). Solande förekom dock under alla delar av dagen, men i mindre

utsträckning. Även Falcón *et al.* (2017) fann bevis för att vilda Aldabrasköldpaddor (*Aldabrachelys gigantea*) solade under morgonen, baserat på temperaturen på deras ryggsköld i förhållande till omgivningens temperatur. De var sedan aktiva under förmiddagen och eftermiddagen. Samma mönster av solande och aktivitet uppvisas också hos leopardsköldpaddor (*Stigmochelys pardalis*) under sommaren (McMaster & Downs, 2013).

## 1.2. UV-ljus och dess betydelse för djur

Ultraviolett (UV) ljus utgörs av den delen av solljusets spektrum som har en våglängd under 400 nm (Baines *et al.*, 2016). Ultraviolett ljus kan delas in i UV-A, UV-B och UV-C beroende på vilken våglängd det har (Fioletov *et al.*, 2010). Längst våglängd har UV-A med ett spann 315–400 nm och UV-C har kortast våglängd (200–280 nm; Fioletov *et al.*, 2010). UV-B ligger däremellan, men den exakta gränsdragningen mellan kategorierna varierar beroende på källa, exempelvis använder Baines *et al.* (2016) definitioner som avviker en aning från ovanstående beskrivning. I naturen når endast solstrålningen i kategorierna UV-A och UV-B oss eftersom syre och ozon högre upp i atmosfären absorberar det ultravioletta ljuset med kortare våglängd (Fioletov *et al.*, 2010).

I skinnet omvandlas ämnet 7-dehydrokolesterol till previtamin D<sub>3</sub> när huden träffas av UV-B-strålning inom våglängderna 290–315 nm (Baines *et al.*, 2016). Previtamin D<sub>3</sub> omvandlas i sin tur till vitamin D<sub>3</sub> som i levern samt njurarna bryts ner och bildar ett hormon som styr kroppens kalciumupptag, kallat calcitriol (Baines *et al.*, 2016). Ultraviolett ljus har också andra effekter, det stärker huden, ökar pigmenteringen och påverkar hudens immunfunktion positivt (Baines *et al.*, 2016). För mycket UV-ljus eller strålning med kortare våglängd än solljus kan dock vara skadligt för reptiler (Gardiner *et al.*, 2009).

UV-index är ett enhetslöst standardmått för intensiteten från den UV-strålning som skapar solbränna hos människor och som är snarlik det spektrum av solljus som faciliterar syntesen av vitamin D<sub>3</sub> (Baines *et al.*, 2016). Det beräknas genom att multiplicera strålningsintensiteten inom detta spektrum, som mäts i watt per kvadratmeter, med 40 (Fioletov *et al.*, 2010). Skalan startar från noll och ett indexvärde på 6–7 räknas som högt, 8–10 som mycket högt och från 11 och uppåt som extremt (Fioletov *et al.*, 2010). Indexet har på senare år använts för att kvantifiera mängden UV-strålning som reptiler upplever i sitt naturliga habitat (Ferguson *et al.*, 2010; Baines *et al.*, 2016).

### 1.3. Hur tillgodoses dessa behov i fångenskap?

Eftersom variation i omgivningens temperatur har så stor effekt på temperaturregleringen hos reptiler är en passande omgivningstemperatur som tillåter temperaturreglering en av de viktigaste aspekterna när de hålls i fångenskap enligt Falcón *et al.* (2018). Metoderna för att i fångenskap förse reptiler med värme är många, till exempel används ofta värmelampor eller värmemattor för att skapa en temperatur som passar reptilen i fråga (Falcón *et al.*, 2018).

När reptiler inte har tillgång till naturligt solljus menar Baines *et al.* (2016) att det är viktigt att belysningens ultraviolette ljusspektrum i så stor utsträckning som möjligt liknar det spektrum som solljuset består av samt att mängden UV-strålning efterliknar det som djuren skulle uppleva i sin naturliga miljö. Att förse djuren med rätt mängd UV-strålning kompliceras dock av att det saknas bra riktlinjer för vad som är en lämplig nivå för olika arter (Baines *et al.*, 2016). Om kunskap finns kring en arts naturliga mikrohabitat och deras temperaturreglerande beteende (solning) kan en uppskattning göras av vilket intervall av UV-index de bör ges (Baines *et al.*, 2016). Det finns en mängd olika ljuskällor som kan förse reptiler med UV-ljus såsom ljusrör, kvicksilverlampor och metallhalogenlampor (Baines *et al.*, 2016).

Det är viktigt att en solplats för solande arter täcker hela djuret med lämplig mängd av såväl UV-ljus, värme som synligt ljus (Baines *et al.*, 2016). Baines *et al.* (2016) föreslår därför att värmekällor samt källor för UV-ljus och synligt ljus placeras nära varandra, på så vis kan naturlig solstrålning efterliknas och djuren tillåtas reglera sin temperatur och ljusmängd samtidigt. För att säkerställa att reptilen får både värme och UV-ljus när den solar rekommenderar även Dickinson och Fa (1997) att UV-belysning kombineras med en källa för värme och synligt ljus. Dessutom är det viktigt att temperaturen i anläggningen motiverar till naturlig mängd solning så att djuren exponeras för en naturlig mängd ultraviolett ljus (Baines *et al.*, 2016).

### 1.4. Strålsköldpaddan

Strålsköldpaddan (*Astrochelys radiata*) lever på sydvästra delen av Madagaskar (Leuteritz *et al.*, 2005; Rafeliasoa *et al.*, 2013). Klimatet på denna del av ön är torrt och skogar bestående av taggiga växter dominerar vegetationen (Gautier & Goodman, 2003; Leuteritz & Ravalanaivo, 2005). Nederbörd förekommer endast under delar av året och då faller i snitt 4 mm/dygn (Jury, 2003), totalt mindre än 400 mm per år (Durrell *et al.*, 1989). Sköldpaddornas aktivitet skiljer sig mellan regn- och torrperiod, med en högre aktivitetsnivå under regnperioden (Pedrono & Smith, 2013; Currylow *et al.*, 2017a). Avgränsningen av regnperioden skiljer sig dock något mellan olika författare, januari till april enligt Currylow *et al.* (2017a), november till april enligt Leuteritz och Ravalanaivo (2005) medan Pedrono och

Smith (2013) anger november till maj. Födosöker gör de huvudsakligen under morgonen och eftermiddagen, mitt på dagen söker de skydd bland stenar under stora träd (Rasoma *et al.*, 2013). Liknande aktivitetsmönster rapporteras även av Currylow *et al.* (2017a) och Leuteritz (2003) beskriver att sköldpaddorna är aktiva mellan kl. 07:00-12:00 och 14:00-17:00 under normala omständigheter. De solar ofta under tidiga morgnar eller efter regnfall (Pedrono & Smith, 2013).

På grund av att strålsköldpaddor fångas in har både utbredningsområdet minskat och populationstätheten minskat kraftigt (O'Brien *et al.*, 2003) och idag klassificeras de som akut hotade på IUCN:s rödlista (Leuteritz & Rioux Paquette, 2008). De fångade sköldpaddorna används för köttkonsumtion eller säljs som sällskapsdjur, både på Madagaskar och internationellt enligt O'Brien *et al.* (2003), som även beskriver att habitatförlust kan påverka arten negativt. Reservpopulationer i fångenskap är en prioriterad bevarandeåtgärd och finns etablerade både på och utanför Madagaskar (Mittermeier *et al.*, 2013). Inom den europeiska djurparksföreningen, EAZA, förvaltas arten i ett bevarandeprogram (European Ex-situ Programme, EEP) (EAZA, 2021).

#### 1.4.1. Sociala interaktioner

De flesta sköldpaddor är solitärt levande (Pearse & Avise, 2001) och inget pekar på motsatsen hos strålsköldpaddor. De kan dock samlas vid viktiga resurser, bland annat har strålsköldpaddor observerats samlas i stort antal vid en torr flodbädd vid annalkande regnväder för att dricka (Doody *et al.*, 2011). Författarna observerade 99 sköldpaddor längs en 80 meters sträcka där vissa av sköldpaddorna befann sig mindre än en meter från närmaste artfrände, vilket motsvarade en avsevärt högre individtäthet än i omgivningen. Hanar och honor har liknande storlek på hemområden, som överlappar i hög grad mellan könen (Rasoma *et al.*, 2013). Storleken på hemområde skiljer sig inte mellan torr- och regnperiod (Rasoma *et al.*, 2013) trots att det finns en skillnad i sköldpaddornas aktivitet mellan perioderna (Currylow *et al.*, 2017a). Det månatliga hemområdet som uppmättes i studien av Rasoma *et al.* (2013) varierade mycket mellan individer, där vissa utnyttjade ytor av flera hektar medan andra inte förflyttade sig alls. Beroende på habitat och val av metod för analys var medelstorleken under en månad 0,52 (SD±0,47) till 2,25 (SD±2,18) hektar (min: 0, max: 10,73). Flera sköldpaddor kunde observeras dela på samma skydd där hemområdena överlappade (Rasoma *et al.*, 2013). Olika författare har landat i olika uppskattningar av strålsköldpaddans populationstäthet. Leuteritz *et al.* (2005) rapporterade tätheter som varierade mellan 27 och 5744 individer/km<sup>2</sup> från deras sju olika studieområden, med ett genomsnitt på 2522,2 individer/km<sup>2</sup> medan Doody *et al.* (2011) beräknade en täthet på 6,8 sköldpaddor per hektar. Det motsvarar 680 individer/km<sup>2</sup>.

Parning sker framför allt under början av regnperioden, d.v.s. december till februari, med högst frekvens i december (Leuteritz & Ravolanaivo, 2005). En klar

majoritet av observationerna av uppvaktning i studien av Leuteritz och Ravolanaivo (2005) skedde under eftermiddagarna. Samma sköldpadda kunde ses uppvakta eller uppvaktas flera gånger, framförallt hanarna, dock aldrig tillsammans med samma individ två gånger.

Hanar använder framdelen av bukskölden för att knuffa på och lyfta andra hanar vid rivalstrider och aggression, vilket kan resultera i att en av individerna tippas över (Auffenberg, 1977). Detta ses också vid uppvaktning av honor, kompletterat med att hanarna rammar honorna med framdelen av skölden (Leuteritz & Ravolanaivo, 2005) samt att undersidan av skölden slås mot ryggskölden på honan när hanen har bestigit henne (Auffenberg, 1977). Ovanstående beteenden föregås av att hanen cirklar kring honan och luktar på henne samt biter i de kroppsdelar som är utanför skalet (Leuteritz & Ravolanaivo, 2005).

## 1.5. Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete var att undersöka hur beteende varierar mellan enskilda sköldpaddor när de hålls i grupp i fångenskap. Studien inriktades på hur individerna utnyttjar hägnet med en utgångspunkt i dess temperaturgradient samt de resurser i hägnet som är viktiga för dem, i synnerhet solplatser.

### 1.5.1. Frågeställningar

- Finns det en individuell variation i hur de olika individerna använder hägnet och i vilken utsträckning de utnyttjar solplatserna för att sola?
- Finns det en variation mellan individerna i hur mycket UVB-ljus som de exponeras för?
- Skiljer sig gruppens solning åt under olika delar av dagen?

## 2. Material och metod

För att besvara frågeställningarna genomfördes en observationsstudie på en grupp strålsköldpaddor på Parken Zoo i Eskilstuna. Beteendeobservationerna pågick mellan den 1 april – 10 april samt 17 april – 19 april 2021. Datainsamlingen föregicks av tre dagar med förberedelser på plats och en pilotstudie. Alla veckodagar utom fredagar inkluderades i studien. Sköldpaddorna observerades mellan kl. 08:45-11:00 och 12:45-15:00 i omgångar om 15 minuter varvat med 15 minuters uppehåll. Detta upplägg resulterade i 10 observationspass om dagen, lika fördelade mellan förmiddag och eftermiddag. En av observationsdagarna avbröts tidigare än planerat, vilket innebär att den sammanlagda observationstiden blev 27 timmar under studieperioden.

Skötsel av sköldpaddorna utfördes under observationsdagarna i huvudsak av observatören själv. Förutom borttagning av avföring samt berikning innan eftermiddagspasset skedde all skötsel före och efter dagens observationer. För att minimera variationen mellan olika dagar standardiserades berikningen till att vara samma varje dag, vilket var torkade slygrenar av varierande lövträdsarter som stacks in i halmbalar. Den enda övriga berikningen var att sköldpaddorna duschades med vattenslang på söndagar. Även detta gjordes innan eftermiddagspasset startade. Sköldpaddornas ordinarie foderstat följdes under observationsperioden vilken innebar daglig utfodring förutom på söndagar. Fodret gavs direkt på morgonen, strax innan kl. 08:00. Utöver detta erbjöds fri tillgång på hö.

### 2.1. Studieobjekt

Gruppen med strålsköldpaddor på Parken Zoo bestod av nio individer med könsfördelningen 4.4.1 (♂.♀.?) (Tab. 1). Fem av individerna var fångenskapsfödda, de kläcktes 2005 på Jersey Zoo, medan resterande härstammade från ett tullbeslag i Hongkong. Dessa individer var viltfödda och åldern på dem var därför okänd. Individerna hade gått tillsammans i nuvarande anläggning sedan juni 2015. Alla individer var märkta med målade nummer på skalet på grund av nyligen utförda observationer.

Tabell 1. Individerna som ingick i studien. Individnumret är det nummer som sköldpaddorna var märkta med på skalet. SCL = straight carapace length: avståndet mellan ryggsköldens framkant och bakkant (L. Lagerström, Parken Zoo, pers. meddelande, 2021-04-29).

Individnummer	Kön	Vikt	Storlek, SCL	Född
1	Hane	8,5 kg	35 cm	Okänt
2	Okänt	5 kg	29 cm	Okänt
3	Hane	7,8 kg	34 cm	2005
4	Hane	10,3 kg	39 cm	Okänt
5	Hona	4,7 kg	28 cm	2005
6	Hona	2,7 kg	23 cm	2005
7	Hona	6,3 kg	31,5 cm	2005
8	Hane	9,3 kg	35 cm	2005
9	Hona	8,7 kg	35 cm	Okänt

## 2.2. Hägnet

Parken Zoos inomhushägn för strålsköldpaddor var 16,5 m<sup>2</sup> stort, varav cirka 13,7 m<sup>2</sup> var tillgängligt för sköldpaddorna när utrymme för inredning räknats bort (Fig. 1; Fig. 2). Bottensubstratet utgjordes mestadels av sand men även sten och betong. Utfodringsplatsen låg nära hägnets dörr och bestod av betongplattor på marken. I hägnet fanns en grotta uppbyggd samt en grund damm som tömdes och rengjordes dagligen. Två solplatser som var försedda med starkare belysning och högre värme än övriga hägnet fanns. Den ena solplatsen, som var intill och delvis över sköldpaddornas utfodringsplats, hade två HID-lampor (High Intensity Discharge) och en lysrörsarmatur med fyra UV-lysrör. HID-lamporna tillförde både UV-ljus, synligt ljus och värme. Solplats nummer två låg i andra änden av hägnet och hade även den två HID-lampor, samt en armatur med fyra lysrör. På väggen ovanför solplatsen fanns också infravärme (Opranic Nove 23R, 2300W) monterad. Den allmänna värmen i hägnet kom från ett fjärrvärmeaggregat som var i gång dygnet runt. Belysningen styrdes av tidur och var tänd mellan ca kl. 07:00 och 19:00. Infravärmen slogs på manuellt vid morgonens skötselrutiner, ca kl. 08:00, medan den stängdes av automatiskt samtidigt som belysningen. Två luftfuktare fanns i hägnet. Den ena var igång dygnet runt medan den andra endast var påslagen dagtid. Under varma dagar på sommaren har de dessutom tillgång till ett utehägn. Vid denna studies genomförande låg det halmbalar på större delen av betongtröskeln vid skjutdörrarna mellan hägnen. Detta minskade ner den tillgängliga ytan för sköldpaddorna en aning jämfört med sommarmånaderna.





*Figur 1. Översiktsbild av hägnet. Ena solplatsen (zon F) syns i bildens nedre högerkant medan den andra (zon J) syns i bakgrunden. Foto: Johan Deander.*



*Figur 2. Översiktsbild av hägnet. Ena solplatsen (zon F) i förgrunden. Utfodringsplatsen ses till vänster i bild. Foto: Johan Deander.*

### 2.2.1. Zonindelning

Hägnet delades in i 13 zoner baserat på uppmätta temperaturer på underlaget samt ljusstyrka (Tab. 2). Gränserna för zonerna anpassades också för att de skulle vara enkelt för observatören att visualisera sig dem under beteendeobservationerna (Fig.

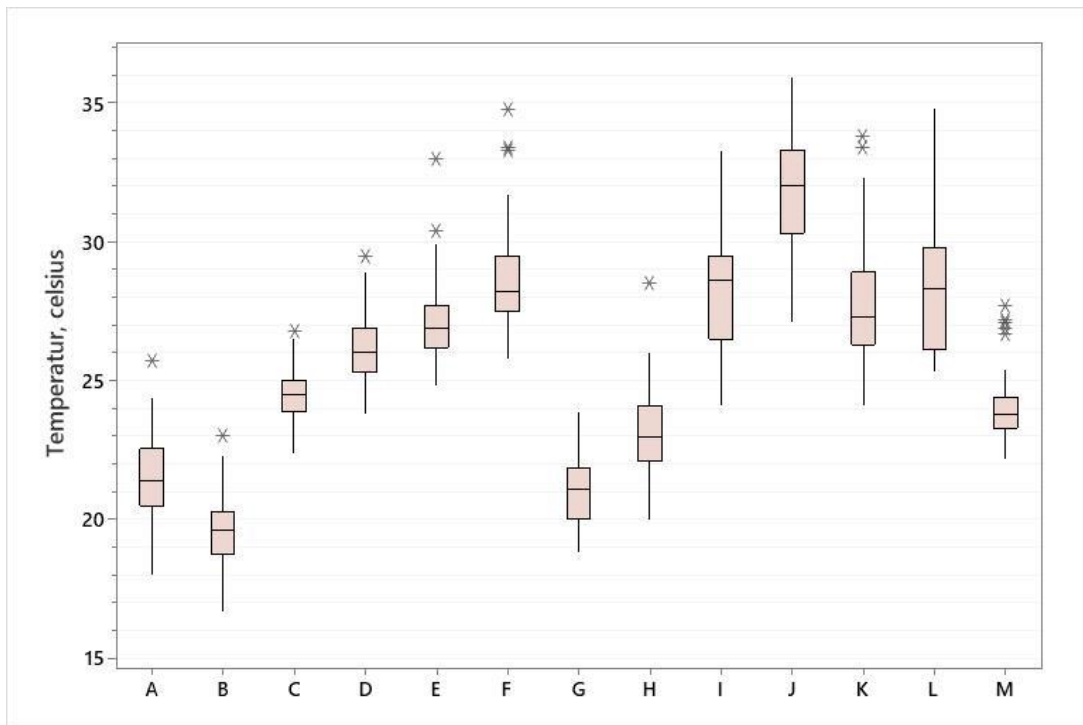
4). Ytan på zonerna mättes med hjälp av programvaran BORIS (Friard & Gamba, 2016). Slygrenarna som användes som berikning hamnade främst i zon D och H, men beroende på storlek på grenarna kunde vissa även sticka in i zon E och F.

Tabell 2. Översikt över hägnets olika zoner. Mätvärdena avser medelvärden. UV-index mättes i början och slutet av observationsperioden och temperaturen avser ytemperaturen på underlaget kl. 12:00 varje observationsdag.

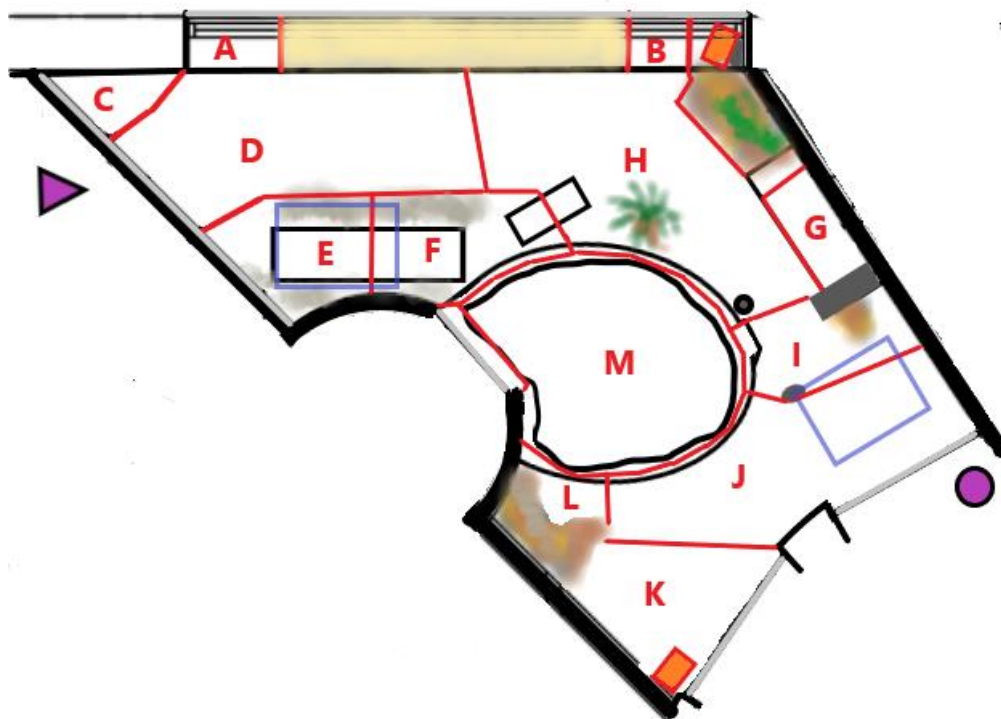
Zon	Storlek	UV-index (min-max)	Temperatur	Beskrivning
A	0,2 m <sup>2</sup>	0,26 (0,2 - 0,3)	21,5°C	Plats för hö
B	0,2 m <sup>2</sup>	0 (0 - 0)	19,6°C	
C	0,3 m <sup>2</sup>	0,13 (0,1 - 0,2)	24,5°C	Plats för hö
D	2,3 m <sup>2</sup>	0,74 (0,4 - 1,1)	26,1°C	
E	0,8 m <sup>2</sup>	2,78 (1,9 - 3,5)	27,2°C	Utfodringsplats
F	0,7 m <sup>2</sup>	2,05 (0,8 - 3,5)	28,7°C	Solplats/ utfodringsplats
G	0,4 m <sup>2</sup>	0,03 (0 - 0,1)	21,0°C	Grotta
H	2,5 m <sup>2</sup>	0,28 (0,1 - 0,6)	23,2°C	
I	1,1 m <sup>2</sup>	1,13 (0,4 - 2,0)	28,1°C	
J	3,1 m <sup>2</sup>	1,52 (0,2 - 3,0)	31,9°C	Solplats
K	0,8 m <sup>2</sup>	0,17 (0 - 0,4)	27,7°C	
L	0,3 m <sup>2</sup>	0,13 (0,1 - 0,2)	28,4°C	
M	1,0 m <sup>2</sup>	-	24,0°C	Damm

### 2.3. Mätning av miljöparametrar

Innan observationerna startade kartlades ytemperaturen på underlaget runtom i hägnet med hjälp av en IR-termometer (Fluke 62 Max IR Thermometer, noggrannhet 0,1°C) samt ljusstyrkan (lux) med en ljusmätare (Testo 540). Dessa mätningar låg till grund för zonindelningen av hägnet samt definitionen av solplatser. Utöver detta mättes UV-index med hjälp av en Solarmeter® 6.5 (Solartech Inc., USA, noggrannhet ±10 %) på en höjd ovanför marknivå som ungefär motsvarar sköldpaddornas huvudhöjd. UV-mätningen upprepades under den sista observationsdagen och ett medelvärde för UV-index i varje zon förutom zon M togs fram utifrån dessa två mätningar. Under dagarna med observationer mättes ytemperaturen på underlaget kl. 12:00 varje dag genom att ta fem stickprov i vardera zon av större storlek (D, E, F, H, I, J, K, M) och tre stickprov i de mindre zonerna (A, B, C, G, L) (Fig. 3). Lufttemperatur och luftfuktighet lästes av från fyra fast monterade mätare inne i hägnet innan både förmiddags- och eftermiddagspasset (ca kl. 08:15 och ca kl. 12:15).



Figur 1. Temperaturen uppmätt på substratet i de olika zonerna kl. 12:00 varje observationsdag. Boxen visar andra till tredje kvartilen, inklusive medianen. Svansarna motsvarar 1,5x kvartilavståndet. Datapunkter som är mer extrema än det är markerade med stjärnor.  $n = 33$  för zon A, B, C, G, L,  $n = 55$  för zon D, E, F, H, I, J, K, M.



Figur 2. Skiss över zonerna i hägnet. Lila cirkel = observatörens position, lila trekant = videokamerans position, orange rektanglar = luffuktare, ljusblå rektanglar = lysrörsarmaturer. (Anpassad efter Parken Zoo, 2021).

## 2.4. Observationsmetod

Sköldpaddorna observerades med två olika metoder. Scan sampling med intervallregistrering användes för att notera vilka av hägnets zoner som alla individer befann sig i. Intervallet var 60 sekunder och zontillhörighet noterades i ett Excel-dokument på en bärbar dator. Parallellt med det gjordes kontinuerliga registreringar där durationen av beteendet sola registrerades. Som hjälpmedel användes programvaran BORIS (Friard & Gamba, 2016) för att registrera och mäta durationen. En videokamera (Panasonic HC-X920) monterad på stativ användes för att täcka de delar av hägnet som observatören inte kunde överblicka eller hade begränsad uppsikt över.

Om en sköldpadda var på gränsen mellan två zoner registrerades den i den zon som majoriteten av kroppen var i. Om det inte gick att tydligt se detta registrerades sköldpaddan i den zon som huvudet var i. Var sköldpaddan i rörelse registrerades den zon som sköldpaddan var på väg in i.

Beteendet sola definierades som att sköldpaddan låg stilla (med bukskölden mot underlaget) inom en av zonerna som definierats som solplatser och att detta ej var kombinerat med att den åt. Solplatserna var områden i hägnet med högre temperatur och/eller starkare ljus än angränsande område. Dessa platser gjordes till egna zoner (zon F och J). En definition av att äta gjordes också för att kunna exkludera det beteendet. Det var när sköldpaddan hanterade föda med munnen eller visade uppenbart fokus och intresse för ätbara objekt där den stod eller låg. Vid analys av videomaterialet antogs en sköldpadda äta om det fanns foder där den låg och huvudet skymdes av skalet eller en annan sköldpadda. Ett beteende, eller glapp mellan två beteenden, behövde pågå mer än tre sekunder för att registreras.

## 2.5. Databehandling och analys

Sammanställning, analys av insamlade data och visualisering av data gjordes med hjälp av Microsoft Excel, med undantag för en figur som skapades i Minitab. Data som samlats in i BORIS har exporterats till Excel.

Frekvensen för zonanvändningen summerades för hela observationsperioden per individ och proportionen för varje zon beräknades, samt för gruppen som helhet. För att ta hänsyn till att zonerna är olika stora användes ett elektivitetsindex,  $E^*$  ('electivity index' Vanderploeg & Scavia, 1979, som beskrivet i Brereton, 2020). Resultatet blir ett index mellan -1 och 1, som visar på om en individ över- eller underutnyttjar området i förhållande till dess storlek (Brereton, 2020). -1 motsvarar maximalt underutnyttjande och 1 motsvarar maximalt överutnyttjande (Brereton, 2020).

Indexet ges av följande formel:

$$E^* = \frac{W_i - \left(\frac{1}{n}\right)}{W_i + \left(\frac{1}{n}\right)} \quad W_i = \frac{\left(\frac{r_i}{p_i}\right)}{\sum \left(\frac{r_i}{p_i}\right)}$$

$r_i$  motsvarar den observerade användningen av zonen,  $p_i$  är den förväntade användningen av zonen och  $n$  är det totala antalet zoner i hägnen (Brereton, 2020). Ett individuellt elektivitetsindex för hela studieperioden räknades fram per zon, samt ett index för hela gruppen.

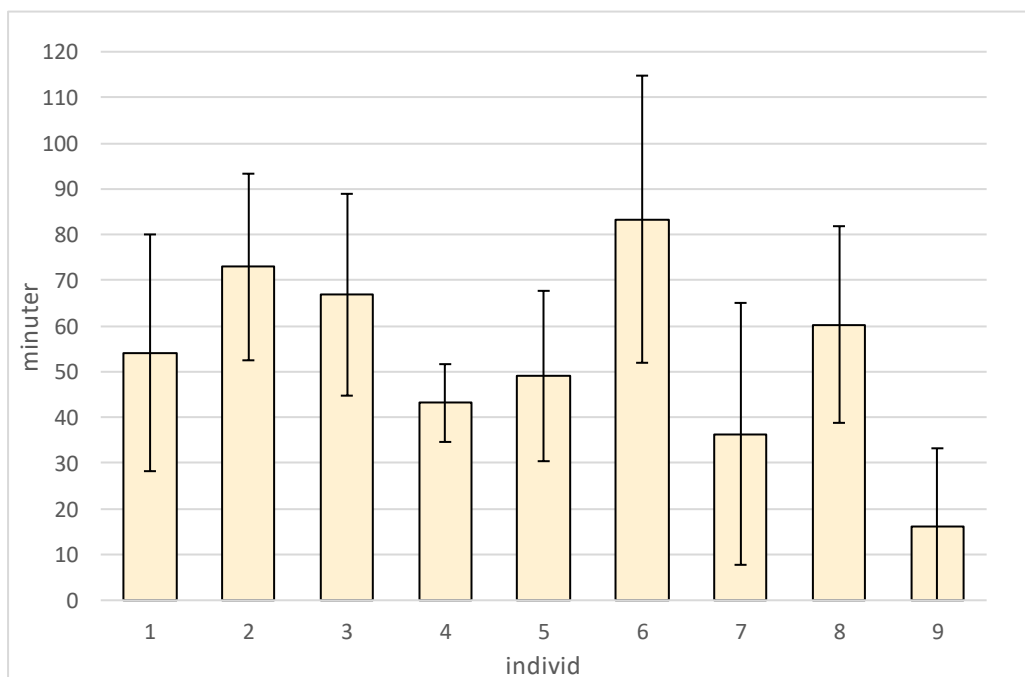
Mängden UV-ljus varje individ exponerades för beräknades som summan av exponeringen i alla enskilda zoner. Denna erhöles genom att multiplicera antalet registreringar i zonen med det genomsnittliga UV-indexet i zonen.

För att kvantifiera individernas solningsbeteende beräknades genomsnittlig tid per dag varje individ spenderade med att sola. Ett medelvärde för andelen av observationstiden som gruppen spenderade med att sola beräknades också för de 10 dagliga observationspassen.

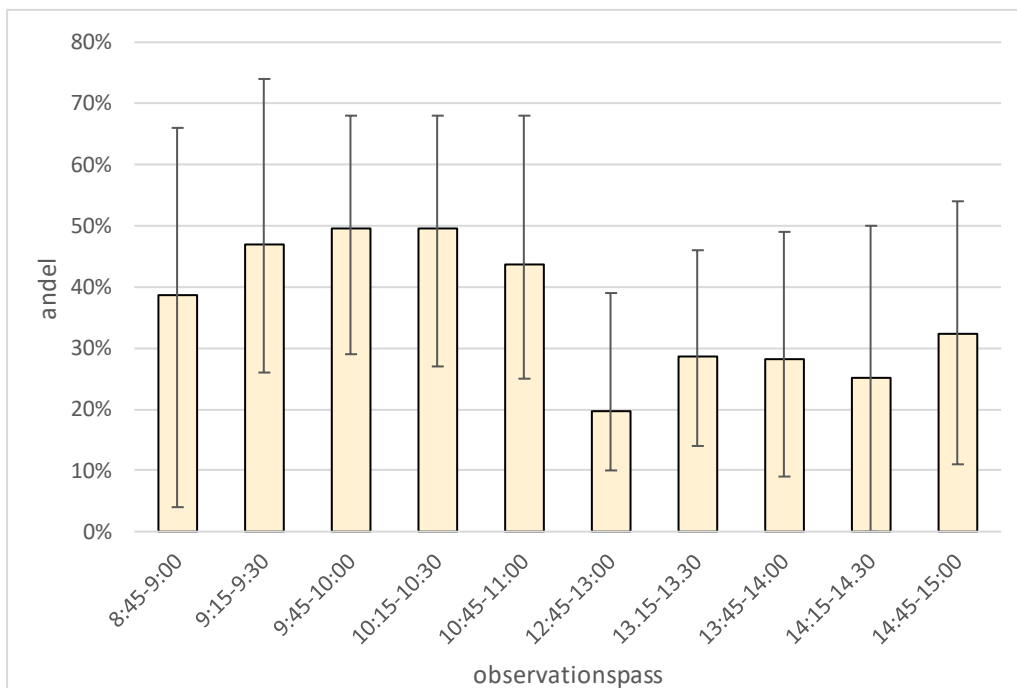
### 3. Resultat

Sköldpaddorna spenderade i snitt 54 minuter per observationsdag med att sola (SD  $\pm$  28,91). Individerna visade dock på en stor variation i hur mycket tid de använde för detta beteende och variationen mellan dagar för samma individ var också påtaglig (Fig. 5). Vissa individer hade dagar då de inte solande alls. Solande förekom under hela observationsdagen men främst under förmiddagen (Fig. 6). Individer med en lägre kroppsvikt solade i snitt mer per dag än de större artfränderna. Hanarna solade i snitt 56 minuter per dag (SD $\pm$  21,72, n=4) jämfört med honorna som solade 46 minuter per dag (SD $\pm$  34,34, n=4).

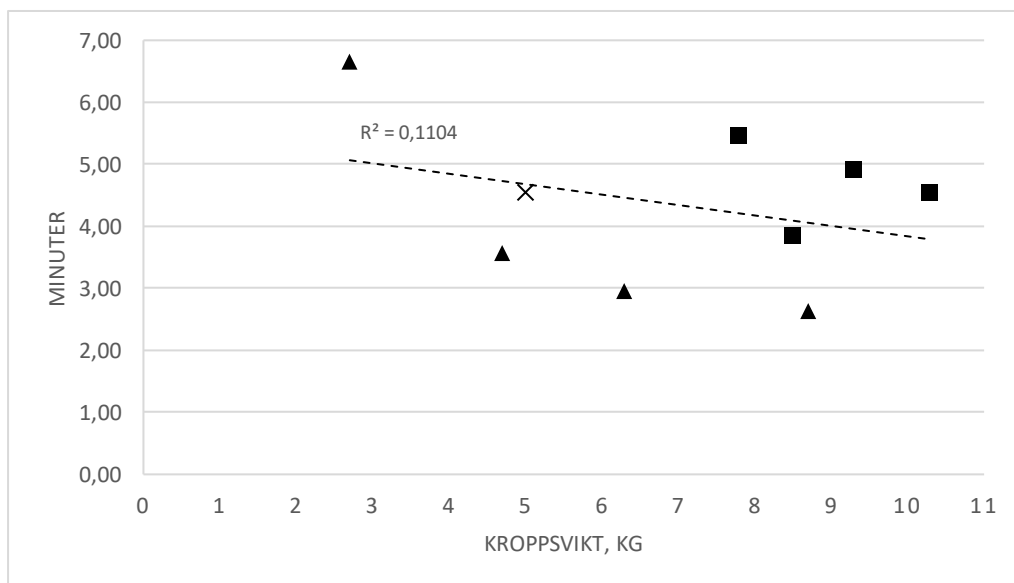
Det fanns också en skillnad mellan hur länge individerna låg och solade per tillfälle (Fig. 7). Den individ som hade längst genomsnittlig duration per tillfälle (nr 6) hade mer än dubbelt så lång tid som de med kortast tid (individ 7 och 9). Det bör noteras att den maximala tiden de kunde sola åt gången var 15 min eftersom varje observationspass inte var längre. Generellt hade honorna kortare genomsnittlig tid de solade åt gången och det sågs även här ett mönster att sköldpaddorna med större kroppsvikt solade kortare perioder.



Figur 3. Genomsnittlig ( $\pm$ SD) daglig mängd solning per individ.



Figur 6. Genomsnittlig andel tid ( $\pm$ min-max) som gruppen spenderade med att sola, fördelat på observationspass.



Figur 7. Genomsnittlig duration per solningstillfälle utifrån individernas kroppsvikt. ▲ = hona, ■ = hane och × = okänt kön.

Liksom solandet fanns en individskillnad mellan olika individer när det gäller hur hägnet utnyttjades. Många delar av hägnet underutnyttjades i förhållande till sin storlek, såväl av enskilda individer som av hela gruppen totalt (Tab. 3). Endast en zon (F) utnyttjades exakt så mycket av sköldpaddorna som man kan förvänta sig av dess storlek, d.v.s. har ett elektivitetsindex på 0,00. Hur mycket variation som fanns

i de olika individernas användning av en zon skiljer sig mellan zonerna. Zon B till exempel är dåligt använd av samtliga individer medan zon A har en stor variation av positiva och negativa värden. Analys av den individuella användningen av zoner avslöjar avvikelser från hur gruppen som helhet använder hägnet. Zon J, det vill säga ena solplatsen, överutnyttjades av gruppen men två individer (5 och 9) underutnyttjade den.

Den uppskattade mängden UVB-ljus som individerna exponerades för under studieperioden skiljde sig åt på grund av att deras utnyttjande av hägnet skiljde sig, sett över alla observationsdagar. Individerna utsattes i snitt för 1932 UV-indexminuter under hela observationsperioden (total observationstid = 1620 min/individ). Det lägsta värdet hade individ nr 9 med 1413 UVI-min och mest UVB utsattes individ 2 för med 2200 UVI-min. Med undantag för dessa två sköldpaddor samt individ 7 (1480 UVI-min) och individ 5 (1695 UVI-min), låg alla inom ett relativt litet intervall strax över 2000 UVI-min.

*Tabell 3. Elektivitetsindex för alla individer och zoner. Negativa värden indikerar att zoner underutnyttjas medan positiva värden indikerar överanvändning. Positiva värden är fetmarkerade.*

Zon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alla
A	-0,54	<b>0,49</b>	-1,00	-0,46	<b>0,78</b>	-0,57	<b>0,35</b>	<b>0,08</b>	-0,84	<b>0,39</b>
B	-0,64	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-0,13	-0,39	-0,96	-0,74
C	-0,30	-0,50	<b>0,51</b>	<b>0,35</b>	-0,24	<b>0,70</b>	<b>0,31</b>	-0,09	<b>0,82</b>	<b>0,56</b>
D	<b>0,38</b>	<b>0,05</b>	-0,25	<b>0,17</b>	-0,51	-0,11	-0,37	-0,10	-0,34	-0,14
E	<b>0,43</b>	<b>0,34</b>	-0,29	<b>0,28</b>	-0,24	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	-0,09	<b>0,04</b>	<b>0,07</b>
F	-0,10	-0,01	-0,29	<b>0,49</b>	-0,01	<b>0,34</b>	-0,40	0,00	-0,46	0,00
G	-1,00	-1,00	-0,03	-1,00	-1,00	-1,00	-0,03	-1,00	-0,94	-0,66
H	-0,11	-0,54	-0,50	-0,27	-0,94	-0,82	-0,64	-0,28	-0,78	-0,59
I	<b>0,07</b>	-0,39	<b>0,45</b>	-0,26	-0,85	-0,92	-0,58	<b>0,51</b>	-0,65	-0,20
J	<b>0,60</b>	<b>0,54</b>	<b>0,57</b>	<b>0,41</b>	-0,12	<b>0,47</b>	<b>0,02</b>	<b>0,56</b>	-0,52	<b>0,30</b>
K	-0,61	-0,03	-0,24	-0,65	<b>0,14</b>	-0,66	<b>0,58</b>	-0,23	-0,93	-0,01
L	-0,74	-0,25	-0,86	-0,19	-0,86	-1,00	-1,00	-0,78	-0,82	-0,72
M	-1,00	-0,89	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-0,98	-0,98	-0,99



## 4. Diskussion

Syftet med studien var att undersöka hur sköldpaddornas hägnutnyttjande skiljde sig inom gruppen och om det fanns skillnader i hur mycket de solade, samt vad det får för konsekvenser för mängden UV-ljus de exponeras för.

### 4.1. Hägnutnyttjande

Med hjälp av ett elektivitetsindex kunde sköldpaddornas användning av zonerna jämföras trots att de är olika stora. Att många zoner hade ett negativt index pekar på ett ganska ojämnt användande av hägnet, där vissa zoner utnyttjades i hög grad. Vilka zoner det var kunde dock skilja sig lite mellan olika individer. Det är inte förvånande att zon J överutnyttjades av de flesta individerna, eftersom värmekällorna där är viktiga för sköldpaddorna, men det fanns en variation i hur mycket den överutnyttjades och två individer använde inte den solplatsen i förväntad utsträckning. Däremot är det förvånande att zon F inte utnyttjades mer än förväntat, då det finns både värme och oftast foder där, samtidigt som det är en till ytan relativt liten zon. Hade det inte funnits foder där hade elektivitetsindex för zon F högst sannolikt varit negativt. Zon E är också en zon som överutnyttjas av flera individer, mest troligt för att utfodringsplatsen är där. Många zoner användes mycket lite av de flesta individer, bland annat grottan (zon G) och dammen (zon M). Även de individer som ibland var där utnyttjade inte de zonerna så mycket som kan förväntas. Zon D och H är områden av hägnet där inga specifika resurser för sköldpaddorna finns, bortsett från att det var här slygrenarna som användes som berikning på eftermiddagarna hamnade. Det är förmodligen förklaringen till att dessa zoner användes i liten utsträckning trots att de båda upptar en stor andel av hägnets yta. De registreringarna som skedde i dessa zoner, i synnerhet på förmiddagarna, kan i stort antas var på grund av att sköldpaddan passerade zonen på väg till en annan del av hägnet eller attraherades dit på grund av andra individers närvaro snarare än innehållet i zonen.

Rörelsemönstret hos en individ påverkas av mer än bara omgivningstemperatur. Tillgången till foder eller närvaron av andra sköldpaddor är sådant som kan påverka motivationen. I en kontrollerad miljö i fångenskap bör inte djuren vara utsatta för

temperaturer så höga eller låga att de är skadliga för djuren. Det är därför rimligt att anta att sköldpaddor i djurpark inte behöver ägna lika mycket tid till att aktivt värmereglera som i naturen utan kan i större utsträckning ägna sig åt andra beteenden och låta kroppstemperaturen följa omgivningens temperatur, inom ett visst intervall. Reglering av kroppstemperaturen har inget självändamål utan är endast ett sätt för individen att upprätthålla sina fysiologiska funktioner och beteenden (Huey, 1982; se Christian *et al.*, 2016). Temperaturreglering i naturen antas dessutom komma med en del kostnader (Angilletta, 2009) som inte finns i fångenskap. Att spendera tid solandes begränsar tiden som kan läggas på andra aktiviteter, exempelvis födosökande eller finna en partner, samt kan öka risken att upptäckas och attackeras av predatorer (Angilletta, 2009). I fångenskap kan därför inte en art förväntas visa på samma mönster av beteenden för att reglera kroppstemperaturen som i naturen, även under samma klimatförhållanden. Det finns forskning som demonstrerar att panterkameleonter (*Furcifer pardalis*) kan reglera mängden UV-ljus de exponeras för, beroende på deras nivå av D<sub>3</sub>-vitamin i kroppen (Karsten *et al.*, 2009). En sådan reglering skulle kunna vara en bidragande förklaring till hur hägnet används, men i dagsläget finns inga bevis för den förmågan hos sköldpaddor.

Sannolikt är inte landsköldpaddor, i synnerhet inte de som lever i öppna eller relativt öppna miljöer i tropiska delar av världen, evolutionärt anpassade för att behöva konkurrera om en plats att sola på. Solen är inte en begränsad tillgång i en sådan miljö. Däremot kan platser med svalare temperatur vara begränsade. I fångenskap bör dock alla platser med en för individen önskvärd temperatur anses vara en resurs eftersom tillgången är definitiv, om den är begränsad till ett särskilt område av miljön. Solplatser kan vara sådana platser och hur mycket konkurrens detta innebär beror på antalet individer.

Resultatet från denna studie visar på sköldpaddornas faktiska användning av anläggningen under denna period men det går inte att dra likhetstecken mellan detta och sköldpaddornas preferens. Många av zonerna var så pass små att bara några enstaka sköldpaddor fick plats där samtidigt. Det kan med andra ord vara så att en sköldpadda inte kan använda en del av hägnet som den önskar. Sköldpaddornas preferens påverkas sannolikt också av var andra individer befinner sig och vad de gör vid givet tillfälle.

## 4.2. Solningsbeteende

Resultatet pekar mot att det finns individuella skillnader inom gruppen på Parken Zoo i hur mycket de solar. Ett mönster där mindre individer spenderar mer tid med att sola kunde ses. Detta är intressant eftersom det finns en koppling mellan kroppsstorlek och värmeutbyte med omgivningen, där större individer tar längre tid på sig att värma upp respektive kyla ned sig, vilket ger upphov till en

”temperaturtröghet” (Zimmerman & Tracy, 1989). Falcón *et al.* (2017) menar dock att denna tröghet kan vara olika i olika situationer beroende på temperatur och att lufttemperaturen har större inverkan än kroppsvikten. Att de mindre individerna på Parken Zoo, trots att de värms upp snabbare, spenderade mer tid med att sola kan bero på att de inte spenderar lika mycket tid med sociala beteenden såsom uppvaktning och parning eller rivalstrider som större individer gör. En annan tänkbar förklaring är att avståndet till värmekällor ovanifrån är större för mindre individer. Värmestrålningen från lampor avtar snabbt med avståndet, en höjdskillnad mellan sköldpaddornas skal på till exempel 10 cm kan innebära en upplevd temperaturskillnad under en lampa som är exempelvis en meter upp. Mindre individer kan därför kräva mer tid för att öka kroppsvärmen. Storleksskillnaden är försumbar i naturen där solen är värmekällan.

En intressant aspekt av sköldpaddornas solningsbeteende är att det skedde nästan uteslutande på den ena solplatsen (zon J). Delvis skulle detta kunna förklaras av definitionen av beteendena. Det kan mycket väl vara så att de aktivt använder zon F som en plats att öka kroppsvärmen på men då delar av den samtidigt är en utfodringsplats kan det maskeras av att de äter. I sådana fall har det inte registrerats som sola i enlighet med etogrammet. Dock är hägnutnyttjandet av dessa två solplatser fortfarande olika ( $E^*_J = 0,30$  och  $E^*_F = 0,00$  på gruppnivå), vilket tyder på att zon F trots denna brist i metoden inte är en lika viktig del av hägnet för att öka kroppstemperaturen. Varför solande mestadels sker i zon J är svårare att analysera. Zon J är varmare än zon F, på grund av infravärmen där. Detta är en tänkbar förklaring, men samtidigt observerades sköldpaddorna sola nästan uteslutande i zon J även på morgonen när jag kom till anläggningen, det vill säga innan infravärmen slogs på (pers. obs.). Underlaget kan spela roll, i zon F är det sten och betong som dominerar medan det i zon J är mestadels sand och bara lite sten. Kanske finns en preferens för substrat hos sköldpaddorna, men ingen tidigare forskning har hittats som kan stödja den teorin. Dickinson och Fa (1997) kunde inte se någon preferens av substrat på solplatsen hos leguanen *Oplurus cuvierii*.

Att majoriteten av solningsbeteende förekom under morgonen och förmiddagen stämmer delvis överens med observationer av att vilda strålsköldpaddor solar under tidig morgon (Pedrono & Smith, 2013), dock hade det varit önskvärt att studera sköldpaddorna från det att ljuset tänds vid cirka klockan 07:00 för att bekräfta detta mönster. Hade inte utfodringen skett under morgonen hade säkerligen andelen tid som spenderades med att sola varit ännu högre under denna del av dagen. Även om strålsköldpaddorna på Madagaskar beskrivs sola tidiga morgnar pekar de flesta källor mot att den mesta av värmeregleringen handlar om att undvika kritiskt höga temperaturer mitt på dagen (Leuteritz, 2003; Rasoma *et al.*, 2013; Currylow *et al.*, 2017a), vilket också bekräftas av Sunday *et al.* (2014) som pekar på att reptilarter i tropiskt klimat måste söka skydd under den varmaste tiden för att inte bli överhettade. Troligtvis blir det aldrig så varmt i hägnet att sköldpaddorna måste

söka upp de svalaste delarna för att inte bli överhettade. En av observationsdagarna var avsevärt varmare än de övriga (dag 5) och en viss förändring av sköldpaddornas beteende kunde ses då. Det enda observationspasset utan någon observation av solning alls, var under eftermiddagen den dagen. Individuell variation i hur hägnet används eller solningsbeteende över dagen är en intressant infallsvinkel, då minskning av konkurrens kan ske genom att en resurs används vid olika tidpunkter (Masello *et al.*, 2010). Detta hade dock krävt ett annat studieupplägg än vad som användes i detta projekt.

Det är viktigt att understryka att studiens alla resultat visar på hur sköldpaddorna utnyttjar hägnet och solar under en begränsad del av dagen. Det går därför inte att dra några slutsatser kring deras beteende över dagen i helhet. Observationsstudier som inkluderar övriga tider av dygnets ljusa timmar skulle behövas för att ge den bilden.

### 4.3. Betydelse för välfärden

Att resultatet pekar mot att det finns skillnader i mängden UVB-ljus som sköldpaddorna exponerades för skulle kunna ha effekter för deras enskilda välfärd om det är giltigt i längden. Den finns många exempel på den positiva betydelsen av rätt UV-ljus för individens hälsa och välfärd (Baines *et al.*, 2016). Denna del av arbetet är dock den med mest osäkerhet. Dels skiljde sig UV-strålningen mycket i de stora zonerna, därför behöver inte användningen av ett genomsnittligt värde spegla det som en individ exponeras för, beroende på var i zonen de befinner sig. Dessutom användes frekvensen av zonanvändningen som approximation för tiden spenderad i zonen, vilket kan vara långt från sanningen i en del fall. Ligger sköldpaddan stilla i en zon under en längre stund stämmer det bra, men sköldpaddan kan också bara vara på väg igenom zonen just när registreringen sker. Ju mer sköldpaddorna rör sig mellan zoner desto sämre stämmer frekvensen överens med durationen. Detta resultat behöver därför ses i ljuset av dessa aspekter. Djuren behöver också ha möjlighet att undvika UV-ljus (Baines *et al.*, 2016). Mätvärden från studien visar att det finns en gradient i anläggningen och områden där UV-index är lika med noll. Delar av hägnet med  $UVI = 0$  är dock relativt små, det kan behövas mer skuggande inredning eller att belysningen arrangeras om för att tillåta flera individer att utnyttja dessa områden samtidigt. Sköldpaddor kan dock på grund av sin anatomi ha en mindre del av sin kropp exponerad för UV-ljus än andra reptiler.

Det är svårare att tolka hur skillnaden i hägnutnyttjande eller mängd solning kan påverka individernas välfärd. Utifrån den begränsade omfattningen av denna studie och använd metod går det inte att svara på om alla individer har använt hägnet och solplatserna på ett för dem optimalt sätt eller om de påverkats av andra faktorer. Detta är en önskvärd framtida frågeställning. Om ett djur förhindras att utföra ett

beteende, till exempel temperaturreglera, som det önskar riskerar det att drabba dess välfärd negativt (Dawkins, 1988). Ur ett veterinärmedicinskt perspektiv har brist eller överskott på värme och/eller ljus identifierats orsaka hälsoproblem hos reptiler (Zwart, 2001). Det kan dock vara så att alla individer inte har samma behov av värme och att resultatet inte är en effekt av hägnets utformning. I stället skulle det vara en del av förklaringen av resultatet. Currylow *et al.* (2017b) fann i en studie av strålsköldpaddans systertaxa *Astrochelys yniphora*, som lever på nordvästra Madagaskar, att hanar föredrog lägre temperaturer än honor eller ungdjur. Denna slutsats baserades på omgivningstemperaturen där sköldpaddorna befann sig och var samma för både djur i naturen och i fångenskap. I mitt arbete kunde inget tydligt mönster ses mellan könen i vilka temperaturer de vistades i, men däremot att de minsta individerna spenderade mest tid med att sola stämmer överens med att ungdjur förknippades med högst omgivningstemperatur även hos *A. yniphora* (Currylow *et al.*, 2017b).

Att honorna inte låg och solade lika länge i sträck som hanarna kan bero på att hanarna var på dem och försökte uppvakta dem, vilket antingen störde dem eller så blev de helt enkelt bortknuffade från sin plats även om de försökte ligga kvar. Om detta innebär att de inte ligger och solar tillräckligt kan det få betydelse för välfärden, genom att de antingen inte kan värmereglera ordentligt eller att det reducerar mängden UV-ljus de exponeras för. Kön fördelningen i gruppen påverkar dessa beteenden. Även hanar kan störas av andra hanar när de ligger och solar. Heppard och Buchholz (2019) fann för en art av vattensköldpadda (*Graptemys oculifera*) att andra individer var en av de vanligaste orsakerna (näst vanligaste) till att solande sköldpaddor slutade sola.

Resultatet stöder argumentet att djurbaserade välfärds kriterier måste komplettera resursbaserade kriterier vid bedömning av djurväl färd en. Bara för att resursen för sköldpaddorna finns tillgänglig i form av exempelvis en solplats säger inte det något om hur de använder den, vilket är det som påverkar deras välfärd i det här fallet. Att dessutom användningen skiljer sig mellan individerna i gruppen är en påminnelse om vikten av att bedöma välfärden på individnivå. Även om bara en grupp är undersökt här, är det inte en långsökt tankegång att denna variation finns även i andra grupper. Detta behöver dock bekräftas av andra studier.

#### 4.4. Fördelar och nackdelar med studiens metodik

Att bedöma hur ett djur använder sin anläggning med hjälp av zoner, men utan att ta hänsyn till zonernas storlek kan ge ett missvisande resultat. En hög proportion spenderad i en viss del av hägnet skulle kunna bero på att just den delen av hägnet är större. Därför upplevdes användningen av ett elektivitetsindex som en styrka i detta arbetes metod. Det gör det möjligt att faktiskt jämföra användningen av olika zoner. Nackdelen är att metoden bygger på att zonerna mäts korrekt. Även om de

mättes med den största möjliga noggrannhet som upplevdes rimlig i förhållande till arbetets omfattning var den inte helt exakt. Det kan dels handla om systematiska fel som påverkar alla zoner lika mycket eller enskilda mätfel som gör att enskilda zoner får en missvisande storlek. Brereton (2020) skriver att elektivitetsindex inte bör användas som metod om zonerna inte kan mätas korrekt. Var gränsen går för en godtagbar felmarginal är dock oklart. Metoden som användes för att beräkna storleken i detta arbete gav en noggrannhet på 0,1 m<sup>2</sup>, vilket bedömdes som tillräckligt för denna art och inhägnad.

Den valda metodiken för beteenderegistrering bidrog till att resultat kunde fås på både grupp- och individnivå. Då direktobservationer kombinerades med videoinspelning kunde hela hägnet täckas samtidigt som både scan sampling av sköldpaddornas position och kontinuerlig registrering av duration av solningen var möjlig att genomföra simultant för alla nio individer. Denna intensiva datainsamling kan dock innebära en risk för missade beteenden, vilket i början av datainsamlingen upplevdes som ett problem. I synnerhet var det lätt att missa vad som hände på solplatsen i zon F då mycket av sköldpaddornas aktivitet skedde i zon J i förgrunden av mitt synfält. Resultatet bör dock inte ha påverkats då zon F täcktes av kameran och vid analys av det materialet kunde durationen av solning där kompletteras om det missats. Detta blev dock mer tidskrävande än den ursprungliga tidsplaneringen utgick från.

En brist med vald metodik var att det inte gav oberoende data som kunde användas för någon statistisk analys. Det hade varit önskvärt för att kunna dra säkrare slutsatser av resultatet.

#### 4.4.1. Felkällor i studien

Definitionen av beteenden kan mycket väl ha påverkat resultatet. Mer tid kunde ha lagts på detta under förberedelserna. Den definition av solande som användes under observationerna upplevdes som att den kunde varit mer träffsäker. Det fanns flera situationer där oklarheter uppstod, i synnerhet när sköldpaddor befann sig i zon F. När solande och intag av foder började och slutade kunde ganska ofta vara svårt att avgöra, även om video användes för observationer i denna del av hägnet. Ibland var det också svårt att se tydligt om sköldpaddan låg med bukskölden ordentligt mot marken eller ej. Om sköldpaddan låg där underlaget var ojämnt registrerades det som sola om den låg så platt den kunde. En del beteenden kan också ha registrerats som solande fast de inte var det, åtminstone inte som aktiv värmereglering. Det kunde handla om att individen lade sig ner på en solplats, som en del av andra beteenden, till exempel för att göra det svårare för en annan individ som knuffar runt den eller när en hona blir bestigen av en hane. Det är värt att nämna att beteendet sola hos sköldpaddor har haft varierande definitioner i litteraturen (Lambert, 1981; McMaster & Downs, 2013; Terespolsky & Brereton, 2021) vilket kan tolkas som att det kanske inte är helt självklart hur det ska beskrivas för att

passa universellt. De övergripande mönstren i resultaten bör, trots använda definitioner, ändå stämma överens med verkligheten.

Gränsdragningen/utformningen av zonerna påverkar också resultatet och också definitionen av vilken zon sköldpaddan befinner sig i när den är på gränsen mellan två zoner. Detta påverkade troligen resultatet för de större sköldpaddorna mer, av den enkla anledningen att sannolikheten att de befinner sig mellan två zoner är större. De större individerna hade dessutom lättare att ta del av resurser i en zon utan att behöva gå in i den. Till exempel kunde de äta av höet i zon A även fast mer än halva kroppen befann sig i zon D. Att registrera sköldpaddan i den zon där huvudet befann sig hade varit en alternativ lösning som eliminerat dessa situationer. Då syftet med studien var att undersöka hägnutnyttjandet ur ett temperaturperspektiv valdes inte detta, då sköldpaddorna kan antas ha temperaturreceptorer i hela kroppen. Därmed bedömdes vald metod lämpligast för att se vilken temperatur sköldpaddan valde. Om det verkligen är hela kroppens temperatur som är relevant för dess upplevda kroppstemperatur, eller åtminstone styr värmeregleringen, är dock inte säkert. Kanske styr temperaturen i hjärnan hur individen reglerar sin kroppstemperatur (Witt & Caldwell, 2013). Det finns även med den valda metoden en konflikt mellan ovanstående faktorer och frågeställningen kring UV-exponering. UVB-ljusets positiva effekter inträffar när strålningen når huden på sköldpaddan, inte skalet. För den frågeställningens skull hade det också varit mer fördelaktigt att registrera sköldpaddan i den zon där huvudet befinner sig. Dels då mer hud kan vara exponerad i den änden av sköldpaddan, dels för att skadliga effekter på ögonen kan uppstå vid överexponering för ultraviolett ljus (Gardiner *et al.*, 2009).

Observationsdag fem sticker ut något från de övriga, på grund av att ventilationen i anläggningen var ur funktion under hela observationstiden. Det resulterade i en högre temperatur och luftfuktighet än övriga dagar. Av de outliers som ses i Fig. 1 är de flesta från denna dag. Denna dag inkluderades i analysen trots detta, då en översiktlig bedömning gjordes att insamlad data av sköldpaddornas beteende inte avsevärt skiljde sig från övriga dagar. Detta val bör dock ha haft en viss påverkan på resultatet då den skillnad i beteende som detta ändå innebar räknades med i de genomsnittliga värdena för hela perioden. Även i början av dag nio var det problem med ventilationen men detta avhjälpes tidigare och påverkade bara de första passen på dagen.

Eftersom omfattningen av studien är begränsad till en kort tidsperiod kan individens beteenden under enstaka dagar påverka resultatet mycket. Sköldpadda nummer nio och sju var de reproducerande honorna i gruppen och under studiens datainsamling bar båda på ägg. Särskilt sköldpadda nummer nio stack ut i sitt beteende, vilket bland annat kan ses i minst mängd solning (Fig. 4), då hon låg i ett hörn större delen av dagarna under första halvan av studien. Hade observationerna

genomförts några veckor tidigare eller senare, alternativt pågått under en längre tid, kan resultatet ha blivit nämnvärt annorlunda för dessa individer.

## 4.5. Litteraturens styrkor och svagheter

På grund av den variation som finns hos levande djur kräver studier av beteende ofta stora stickprov (Dawkins, 2007). Jag kan konstatera att Dickinson och Fa (1997) endast använde sex individer i sin studie av betydelsen av ljus och värme vid värmereglering. I detta sammanhang har den studien en annan svaghet, nämligen att den är gjord på ödlor (trädlevande dessutom), vilket kan göra att relevansen för sköldpaddors beteende kan ifrågasättas. Detsamma gäller även andra källor, exempelvis Falcón *et al.* (2017; 2018) vars studier också inkluderar få individer, men däremot studerar sköldpaddorna under en längre tid och i övrigt använder en genomtänkt och relevant metod. En stor del av litteraturen kopplad till värmereglering hos sköldpaddor har försökt studera deras kroppstemperatur direkt genom kloaktemperatur eller med hjälp av temperaturloggar som djuren fått svälja. Detta ger ett precist svar på deras frågeställningar men försvårar för mig att dra paralleller då jag har studerat sköldpaddornas beteende och vill koppla det till deras värmereglering indirekt.

## 4.6. Studiens användbarhet och ämnets betydelse

För att kunna förbättra anläggningar och således öka djurens välfärd behöver vi veta hur de använder sin miljö (Wark *et al.*, 2020). Trots arbetets begränsade omfattning kan vissa resultat ses tydligt och vara användbara som underlag för beslut rörande förbättringsarbete av anläggningen på Parken Zoo eller skötseln av dessa individer. Resultatet är specifikt för denna grupp av strålsköldpaddor och kan inte antas gälla för djurparkspopulationen som helhet. Däremot visar det på att variation inom grupper kan förekomma och det kan vara intressant att ta hänsyn till, eller undersöka vidare, i framtida studier.

Etiskt har vi ett ansvar att hålla de djur vi har i fångenskap på bästa möjliga sätt. När det kommer till reptiler saknas för många arter kunskap om vilka förutsättningar som är optimala för deras välfärd (Whitehead, 2018), vilket kan föranleda moraliska frågeställningar huruvida dessa arter bör hållas i fångenskap. Populationer av sådana djur i djurparker kan antas, ur en etisk synvinkel, vara mer acceptabel än när de hålls för sällskap och hobby av privatpersoner, bland annat då personalens kompetens och intresse är högre än hos de flesta privata ägare (Whitehead, 2018) och större resurser finns att satsa på djurskötseln. För strålsköldpaddor är reservpopulationer i fångenskap en prioriterad del av bevarandearbetet (Mittermeier *et al.*, 2013). Förutom att hålla reservpopulationer



kan djurparker bidra till att sprida information och kunskap samt bidra till forskning kring de arter de håller. På så vis kan djurhållning på djurparker långsiktigt bidra till att minska förlust av biologisk mångfald och ett mer hållbart samhälle. Strålsköldpaddan är en relativt ostuderad art (Leuteritz & Rioux Paquette, 2008). Forskning i djurparker kan, förutom öka kunskapen kring deras skötsel och välfärd i fångenskap, också ge mer kunskap om delar av artens biologi. Ju mer naturlig miljö och beteenderepertoar sköldpaddorna har, desto fler frågeställningar kring deras biologi kan de besvara. Populationer i fångenskap utgör en resurs för forskare som vill bedriva studier mer kostnadseffektivt, kontrollerat och mindre invasivt jämfört med fältstudier. Den sista punkten har en forskningsetisk bäring, då studier in-situ kan tänkas ha en negativ påverkan på en redan akut hotad population samt vara stressfull för enskilda individer om de inte planeras och utförs omsorgsfullt. Djurparksindivider bör generellt vara mer vana vid människor och hantering, vilket minskar risken för negativ stress.

Enligt svensk djurskyddslagstiftning, som ska spegla den miniminivå som samhället anser är acceptabel, ska djuren ges en god miljö. Med undantag för andra utrymmeskrav säger lagstiftningen (15 kap. 9§ Statens jordbruksverks föreskrifter [SJVFS 2019:29] om djurhållning i djurparker m.m., saknr. L108) att hållning av sköldpaddor i djurparker ska följa de bestämmelser om sköldpaddor som finns i föreskriften som berör djur för hobby och sällskap (L80). I dessa föreskrifter finns det fastslaget att alla individer i en grupp samtidigt ska kunna utnyttja en plats för att värma upp sig. Det står även att en värmekälla ska vara placerad så att djuret kan utnyttja den där det helst uppehåller sig (10 kap. 12§). Det finns alltså ett behov av att veta hur djuren använder sin miljö för att kunna uppfylla detta krav, beroende på hur paragrafen tolkas. Mina resultat visar att de flesta sköldpaddorna spenderar mycket tid på en av solplatserna, men eftersom det inte visar på deras preferens kan det inte ge svar på var de helst uppehåller sig. En variation ser ut att kunna finnas mellan olika individer och skulle den variationen, eller gruppen, vara stor kan det behövas många solplatser för att uppfylla lagstiftningskravet.

## 4.7. Framtida studier

I och med att denna studie pekar på att det kan finnas en skillnad mellan olika individer inom en grupp, vore det önskvärt att framtida arbete bekräftar om detta är allmängiltigt för arten, det vill säga om det finns en liknande variation i andra grupper på andra parker. Det är vanligt att strålsköldpaddor i djurpark hålls i grupp (L. Lagerström, Parken Zoo, pers. meddelande, 2021-05-31), vilket gör att de interagerar mer frekvent med artfränder än de skulle göra i naturen. Samtidigt är alla sköldpaddor i en grupp bekanta individer, till skillnad mot många som en individ stöter på i det vilda. Hur detta påverkar deras beteende och välfärd är viktigt att ta reda på. Det är också intressant att göra jämförelser med andra

sköldpaddsorter. I synnerhet vore en jämförelse med arter från andra habitattyper och andra ekologiska nischer värdefullt. Mitt arbete skedde på en grupp som vid studietillfället endast hölls inomhus, vilket förstärker en nyfikenhet att undersöka samma frågeställningar när sköldpaddorna har tillgång till utomhusdelen av hägnet. Både den ökade ytan och den ändrade fysiska miljön, där det naturliga solljuset är en extra värmekälla, skulle sannolikt påverka resultatet.

För att få bättre förståelse för de bakomliggande orsakerna till resultatet är det viktigt att studera de sociala beteendena mellan sköldpaddorna, för att kunna beskriva gruppdynamiken och dess påverkan på individernas hägnutnyttjande och solningsbeteende. Som tidigare nämnts var andra individer en av de vanligare orsakerna till att solande övergavs hos *G. oculifera* (Heppard & Buchholz, 2019) och det är ett intryck som jag delar från min datainsamling.

En försöksdesign som tillåter studier av sköldpaddornas preferens ser jag som en naturlig fortsättning från mitt arbete. Tyvärr kan jag inte dra några slutsatser om vad sköldpaddorna föredrar utan kan endast beskriva hur de använder det som finns tillgängligt. Att känna till individernas preferens är både mycket värdefullt och viktigt för att kunna förbättra miljön.

Att studera hur solningsbeteendet utförs hos olika individer vore också en intressant frågeställning och hur det relaterar till individens personlighet. Att olika individer solade på olika sätt var ett intryck som jag fick under studiens gång. Vissa hade alla ben och huvud utsträckta på ett ”avslappnat” sätt medan andra ofta hade benen och/eller huvudet mer eller mindre indragna. Dessa gav ett mer ”försiktigt” intryck. Currylow *et al.* (2017a) föreslår att graden av stress som vilda strålsköldpaddor upplever vid forskarnas hantering möjligtvis kan kopplas till olika personligheter. Kopplingen mellan eventuella olika personligheter hos sköldpaddorna och mina övriga resultat, som mängd solning och hägnutnyttjande, vore också nyttigt att undersöka vidare.

## 4.8. Slutsatser

Gruppen av strålsköldpaddor på Parken Zoo uppvisade under studieperioden på ett mönster av hägnutnyttjande där det fanns en individuell variation, likaså i mängden tid de spenderar solandes. Resultatet pekar på att de mindre individerna solar mer och längre stunder åt gången. Det kan även finnas en könsskillnad där honor inte solar lika mycket som hanar. Skillnaderna i hur hägnet används kan betyda att de olika individerna exponeras för olika mängd UVB-strålning. På gruppnivå spenderar de mer tid med att sola under förmiddagen än på eftermiddagen även om en stor variation kunde ses. De bakomliggande orsakerna till de individuella resultaten kan vara skillnader i behov av värmereglering men det kan också förklaras av andra faktorer. Resultatet kan användas för att förbättra hägnet och djurvälståndet hos strålsköldpaddorna på Parken Zoo. I ett vidare sammanhang

understryker det vikten av att se till de individuella djurens beteende utöver de resurser de har tillgängliga, när välfärden utvärderas.

# Tack

Jag vill tacka följande personer för att detta arbete har kunnat genom- och slutföras. Min handledare Lisa Lundin för ovärderligt stöd och bollande av tankar och idéer under hela arbetsprocessen. Linn Lagerström för all hjälp med att genomföra studien på plats och givande diskussioner kring upplägget och sköldpaddor i allmänhet. Djurvårdarna på Parken Zoo förtjänar ett tack för all hjälp och trevligt bemötande. Vill också tacka Amanda Leisser och Tula Åkerlund för värdefulla synpunkter på rapportens olika utkast. Sist men inte minst min sambo Linnéa för allt peppande och tålamod på hemmaplan samt korrekturläsning av slutversionen.

# Populärvetenskaplig sammanfattning

Beteende och välfärd hos djur påverkas av många utomstående faktorer i miljön. När vi håller djur i fångenskap har vi ett ansvar att förse dem med en sådan omgivning som de är anpassade för och som ger dem förutsättningar att må bra. För reptiler är temperaturen och ultraviolett strålning viktiga miljöfaktorer. Reptiler är nämligen beroende av yttre temperaturer för att hålla en lämplig kroppstemperatur och UV-ljus i rätt våglängd har många positiva effekter i kroppen. Det är viktigt att reptiler i fångenskap förses med temperaturer och UV-strålning de är anpassade för och att de kan välja hur mycket de exponeras för genom att välja olika delar av sin miljö. Vid gruppållning ska alla individer kunna göra detta samtidigt.

Syftet med mitt arbete var att studera hur de olika individerna ur en grupp av strålsköldpaddor (*Astrochelys radiata*) på djurpark använder sitt hägn utifrån uppmätta temperaturer och i vilken utsträckning de ägnar sig åt solande beteende. Vidare undersöktes också om en skillnad mellan dem kunde leda till att de exponerades för olika mängd UVB-strålning samt om gruppen solade mer under vissa delar av dagen. Beteendeobservationer utfördes på nio sköldpaddor på Parken Zoo i Eskilstuna för att svara på frågeställningarna. Sköldpaddorna var av varierande ålder, storlek och bakgrund. Hägnet delades in i 13 zoner och det registrerades var sköldpaddorna befann sig varje hel minut samt hur länge de solade.

Resultatet pekar mot en variation inom gruppen i hur de använder sitt hägn och hur mycket de solar, åtminstone för de delar av dagen som studerades. De sköldpaddor med lägst kroppsvikt såg ut att sola mer än de sköldpaddor som var tyngre. Sköldpaddorna använde de flesta zonerna mindre än vad som kan förväntas och några av dem mer än förväntat. Det fanns variation mellan individer i hur zonerna användes. De ägnade mest tid åt att sola på förmiddagarna. Skillnaderna kan bero på olika behov av värmereglering men också på andra motivationsfaktorer.

Slutsatsen är att individerna verkar använda hägnet på skilda sätt och sola olika mycket. Informationen kan användas av personalen på Parken Zoo för att förbättra hägnet och skötseln. Det är också en viktig påminnelse om att ta hänsyn till varje enskild individ när djurvälfaerden ska bedömas, samt att inte bara se vilka resurser djuren har tillgängliga utan också hur de använder dem.

## Referenser

- Angilletta, M.J., Jr. 2009. Thermal adaptation – a theoretical and empirical synthesis. Oxford, Oxford University Press.
- Auffenberg, W. 1977. Display behavior in tortoises. *American Zoologist*. 17, 241-250.
- Baines, F., Chattell, J., Dale, J., Garrick, D., Gill, I., Goetz, M., Skelton, T. & Swatman, M. 2016. How much UV-B does my reptile need? The UV-tool, a guide to the selection of UV-lighting for reptiles and amphibians in captivity. *Journal of Zoo and Aquarium Research*. 4 (1), 42-63.
- Brereton, J.E. 2020. Current directions in animal enclosure use studies. *Journal of Zoo and Aquarium Research*. 8 (1), 1-9.
- Broom, D.M. 2007. Quality of life means welfare: how is it related to other concepts and assessed? *Animal Welfare*. 16 (S), 45-53.
- Christian, K.A., Tracy, C.R. & Tracy, C.R. 2016. Body temperatures and the thermal environment. I: Reptile Ecology and Conservation (Ed. C.K. Dodd, Jr.). Oxford, Oxford University Press.
- Currylow, A.F.T., Louis, E.E., Jr. & Crocker, D.E. 2017a. Stress response to handling is short lived but may reflect personalities in a wild, critically endangered tortoise species. *Conservation Physiology*. 5, 1-10.
- Currylow, A.F.T., Mandimbihasina, A., Gibbons, P., Bekarany, E., Stanford, C.B., Louis, E.E., Jr. & Crocker, D.E. 2017b. Comparative ecophysiology of a critically endangered (CR) ectotherm: Implications for conservation management. *PLoS ONE*. 12 (8).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182004>
- Dawkins, M.S. 1988. Behavioural deprivation: a central problem in animal welfare. *Applied Animal Behaviour Science*. 20, 209-225.
- Dawkins, M.S. 2007. Observing animal behaviour. Oxford, Oxford University Press.
- Dickinson, H.C. & Fa, J.E. 1997. Ultraviolet light and heat-source selection in captive spiny-tailed iguanas (*Oplurus cuvieri*). *Zoo Biology*. 16, 391-401.
- Djurskyddslagen (2018:1192).
- Doody, J.S., Castellano, C.M., Rakotondrainy, R., Ronto, W.M., Rakotondriamanga, T.M., Duchene, J.J. & Randria, Z. 2011. Aggregated drinking behavior of radiated tortoises (*Astrochelys radiata*) in arid southwestern Madagascar. *Chelonian Conservation and Biology*. 10 (1), 145-146.

- Durrell, L., Groombridge, B., Tonge, S. & Bloxam, Q. 1989. *Geochelone radiata* Radiated tortoise, sokake. I: The conservation biology of tortoises (Red. I.R. Swingland & M.W. Klemens). Gland, IUCN.
- EAZA. 2021. <https://www.eaza.net/assets/Uploads/CCC/Other/January-2021-overview.pdf>, använd 2021-04-19.
- Falcón, W., Baxter, R.P., Furrer, S., Bauert, M., Hatt, J-M., Schaeppman-Strub, G., Ozgul, A., Bunbury, N., Clauss, M. & Hansen, D.M. 2017. Patterns of activity and body temperature of Aldabra giant tortoises in relation to environmental temperature. *Ecology and Evolution*. 8, 2108-2121.
- Falcón, W., Furrer, S., Bauert, M., Hatt, J-M., Hansen, D.M. & Clauss, M. 2018. Evaluation of artificial heating sources for the thermoregulation of Aldabra giant tortoises (*Aldabrachelys gigantea*) in Zurich zoo. *Zoo Biology*. 37, 458-465.
- Ferguson, G.W., Brinker, A.M., Gehrman, W.H., Bucklin, S.E., Baines, F.M. & Mackin, S.J. 2010. Voluntary exposure of some western-hemisphere snake and lizard species to ultraviolet-B radiation in the field: how much ultraviolet-B should a lizard or snake receive in captivity? *Zoo Biology*. 29, 317-334.
- Fioletov, V., Kerr, J.B. & Fergusson, A. 2010. The UV index: definition, distribution and factors affecting it. *Canadian Journal of Public Health*. 101 (4), 15-19.
- Friard, O. & Gamba, M. 2016. BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Methods in Ecology and Evolution*. 7, 1325-1330.
- Gardiner, D.W., Baines, F.M. & Pandher, K. 2009. Photodermatitis and photokeratoconjunctivitis in a ball python (*Python regius*) and a blue-tongue skink (*Tiliqua* spp.). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. 40 (4), 757-766.
- Gautier, L. & Goodman, S.M. 2003. Introduction to the flora of Madagascar. I: The natural history of Madagascar (Red. S.M. Goodman & J.P. Benstead). Chicago, The University of Chicago Press.
- Heppard, J.M. & Buchholz, R. 2019. Impact of human disturbance on the thermoregulatory behaviour of the endangered ringed sawback turtle (*Graptemys oculifera*). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 29 (6), 990-1001.
- IUCN/SSC. 2014. Guidelines on the use of ex-situ management for species conservation. Version 2.0. Gland, IUCN Species Survival Commission.
- Jury, M.R. 2003. The climate of Madagascar. I: The natural history of Madagascar (Red. S.M. Goodman & J.P. Benstead). Chicago, The University of Chicago Press.
- Karsten, K.B., Ferguson, G.W., Chen, T.C. & Holick, M.F. 2009. Panther chameleons, *Furcifer pardalis*, behaviorally regulate optimal exposure to UV depending on dietary vitamin D<sub>3</sub> status. *Physiological and Biochemical Zoology*. 82 (3), 218-225.

- Lambert, M.R.K. 1981. Temperature, activity and field sighting in the Mediterranean spur-thighed or common garden tortoise *Testudo graeca* L. *Biological Conservation*. 21, 39-54.
- Leuteritz, T.E.J. 2003. *Geochelone radiata* (Radiated tortoise). Nocturnal activity. *Herpetological Review*. 34 (3), 240.
- Leuteritz, T.E.J., Lamb, T. & Limberaza, J.C. 2005. Distribution, status, and conservation of radiated tortoises (*Geochelone radiata*) in Madagascar. *Biological Conservation*. 124, 451-461.
- Leuteritz, T.E.J. & Ravolanaivo, R. 2005. Reproductive ecology and egg production of the radiated tortoise (*Geochelone radiata*) in southern Madagascar. *African Zoology*. 40 (2), 233-242.
- Leuteritz, T. & Rioux Paquette, S. 2008. *Astrochelys radiata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T9014A12950491. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T9014A12950491.en>
- Masello, J.F., Mundry, R., Poisbleau, M., Demongin, L., Voigt, C.C., Wikelski, M. & Quillfeldt, P. 2010. Diving seabirds share foraging space and time within and among species. *Ecosphere*. 1 (6). <https://doi.org/10.1890/ES10-00103.1>
- McArthur, S. & Barrows, M. 2004. General care of chelonians. I: Medicine and surgery of tortoises and turtles (Ed. S. McArthur, R. Wilkinson & J. Meyer). Oxford, Blackwell Publishing.
- McMaster, M.K. & Downs, C.T. 2013. Thermoregulation in leopard tortoises in the Nama-Karoo: The importance of behaviour and core body temperatures. *Journal of Thermal Biology*. 38, 178-185.
- Meek, R. 1984. Thermoregulatory behaviour in a population of Hermann's tortoise (*Testudo hermanni*) in southern Yugoslavia. *British Journal of Herpetology*. 6, 387-391.
- Mittermeier, R.A., Rhodin, A.G.J., Randriamahazo, H., Lewis, R.E., van Dijk, P.P., Hudson, R. & Rioux Paquette, S. 2013. Vision Sokatra Gasy – Madagascar Turtle Vision. I: Turtles on the brink in Madagascar: Proceedings of two workshops on the status, conservation, and biology of Malagasy tortoises and freshwater turtles (Ed. C.M. Castellano, A.G.J. Rhodin, M. Ogle, R.A. Mittermeier, H. Randriamahazo, H. Hudson & R.E. Lewis). Lunenburg, Chelonian Research Foundation.
- O'Brien, S., Emahalala, E.R., Beard, V., Rakotondrainy, R.M., Reid, A., Raharisoa, V. & Coulson, T. 2003. Decline of the Madagascar radiated tortoise *Geochelone radiata* due to overexploitation. *Oryx*. 37 (3), 338-343.
- Parken Zoo, 2021. Ritning över anläggning. [Internt material].
- Pearse, D.E. & Avise, J.C. 2001. Turtle mating systems: behavior, sperm storage, and genetic paternity. *The Journal of Heredity*. 92 (2), 206-211.
- Pedrono, M. & Smith, L.L. 2013. Overview of the natural history of Madagascar's endemic tortoises and freshwater turtles: essential components for effective conservation. I: Turtles on the brink in



- Madagascar: Proceedings of two workshops on the status, conservation, and biology of Malagasy tortoises and freshwater turtles (Red. C.M. Castellano, A.G.J. Rhodin, M. Ogle, R.A. Mittermeier, H. Randriamahazo, H. Hudson & R.E. Lewis). Lunenburg, Chelonian Research Foundation.
- Rafeliarisoa, T.H., Walker, R.C.J. & Louis, E.E., Jr. 2013. Decline in the range and population density of radiated tortoises, *Astrochelys radiata*, in southern Madagascar. I: Turtles on the brink in Madagascar: Proceedings of two workshops on the status, conservation, and biology of Malagasy tortoises and freshwater turtles (Red. C.M. Castellano, A.G.J. Rhodin, M. Ogle, R.A. Mittermeier, H. Randriamahazo, H. Hudson & R.E. Lewis). Lunenburg, Chelonian Research Foundation.
- Rasoma, R.V.J., Raselimanana, A.P., Ratovonamana, Y.R. & Ganzhorn, J.U. 2013. Habitat use and diet of *Astrochelys radiata* in the subarid zone of southern Madagascar. *Chelonian Conservation and Biology*. 12(1), 56-69.
- Rhodin, A.G.J., Stanford, C.B., Paul van Dijk, P., Eisemberg, C., Luiselli, L., Mittermeier, R.A., Hudson, R., Horne, B.D., Goode, E.V., Kuchling, G., Walde, A., Baard, E.H.W., Berry, K.H., Bertolero, A., Blanck, T.E.G., Bour, R., Buhlmann, K.A., Cayot, L.J., Collett, S., Currylow, A., Das, I., Diagne, T., Ennen, J.R., Forero-Medina, G., Frankel, M.G., Fritz, U., García, G., Whitfield Gibbons, J., Gibbons, P.M., Shiping, G., Guntoro, J., Hofmeyr, M.D., Iverson, J.B., Kiestler, A.R., Lau, M., Lawson, D.P., Lovich, J.E., Moll, E.O., Páez, V.P., Palomo-Ramos, R., Platt, K., Platt, S.G., Pritchard, P.C.H., Quinn, H.R., Rahman, S.C., Randrianjafizanaka, S.T., Schaffer, J., Selman, W., Shaffer, H.B., Sharma, D.S.K., Haitao, S., Singh, S., Spencer, R., Stannard, K., Sutcliffe, S., Thomson, S. & Vogt, R.C. 2018. Global conservation status of turtles and tortoises (order Testudines). *Chelonian Conservation and Biology*. 17 (2), 135-161.
- Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2019:29) om djurhållning i djurparker m.m., saknr. L108.
- Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2019:15) om villkor för hållande, uppfödning och försäljning m.m. av djur avsedda för sällskap och hobby, saknr. L80.
- Sunday, J.M., Bates, A.E., Kearney, M.R., Colwell, R.K., Dulvy, N.K., Longino, J.T. & Huey, R.B. 2014. Thermal-safety margins and the necessity of thermoregulatory behavior across latitude and elevation. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. 111 (15), 5610-5615.
- Terespolsky, A. & Brereton, J.E. 2021. Investigating the thermal biology and behaviour of captive radiated tortoises. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Sciences*. 4 (1), 1046.
- Wark, J.D., Wierzal, N.K. & Cronin, K.A. 2020. Mapping shade availability and use in zoo environments: a tool for evaluating thermal comfort. *Animals*. 10, 1189. <https://doi.org/10.3390/ani10071189>

- Witt, L.J. & Caldwell, J.P. 2013. Herpetology – an introductory biology of amphibians and reptiles. 4:e utgåvan. Sid. 203-227. Academic Press.
- Whitehead, M.L. 2018. Factors contributing to poor welfare of pet reptiles. *Testudo*. 8 (5), 47-61.
- Zimmerman, L.C. & Tracy, C.R. 1989. Interactions between the environment and ectothermy and herbivory in reptiles. *Physiological Zoology*. 62 (2), 374-409.
- Zwart, P. 2001. Pathophysiology: assessment of the husbandry problems of reptiles on the basis of pathophysiological findings: a review. *Veterinary Quarterly*. 23 (4), 140–147.