



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Kan ett förändrat klimat öka risken för borrelios i Sverige?

Karin Rejnö

Självständigt arbete i veterinärmedicin, 15 hp

Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2014: 33

Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Uppsala 2014



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Kan ett förändrat klimat öka risken för borrelios i Sverige?

Does climate change increase the risk of borreliosis in Sweden?

Karin Rejnö

Handledare:

Jakob Ottoson, SLU, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Examinator:

Eva Tydén, SLU, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0700

Program: Veterinärprogrammet

Nivå: Grund, G2E

Utgivningsort: SLU Uppsala

Utgivningsår: 2014

Omslagsbild: -

Serienamn, delnr: Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen Nr. 2014:33
Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap, SLU

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>

Nyckelord: borrelios, *Borrelia* spp., fästing, fästingburna sjukdomar, klimat, klimatförändringar

Key words: borreliosis, *Borrelia* spp., tick, tick-borne diseases, climate, climate change

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
Summary	2
Inledning.....	3
Material och metoder	3
Litteraturoversikt.....	3
Borrelios	3
Borrelia burgdorferi-komplexet	3
<i>Ixodes ricinus</i>	4
Smittöverföring	5
I värdjuret	6
Reservoarer.....	6
Klimatets inverkan på fästingar och förekomsten av <i>B. burgdorferi</i> s.l.	6
Olika sätt att studera fästingen	6
Infångande av fästingar	7
Luftfuktighet.....	7
Vegetation	7
Temperatur, vegetationsperiod och snö	8
Förändringar i klimatet.....	8
Diskussion	10
Metodik	10
Fästingen, bakterien och klimatet.....	10
Slutsats	11
Litteraturförteckning	13

SAMMANFATTNING

Borrelios är den vanligaste vektorburna infektionssjukdomen i Europa och orsakas av bakteriekomplexet *Borrelia burgdorferi* sensu lato. Bakterien har en livscykel som involverar olika reservoarer och den överförs mellan dessa med hjälp av fästingar. Bakterien förekommer främst i fästingens mag-tarmkanal men kan också sprida sig systemiskt vilket kan påverka smittöverföringen.

Fästingens utbredning i Sverige har ökat sedan början av 1990-talet, vilket tycks bero på ett varmare klimat i kombination med ökad tillgång till värddjur. Den här litteraturstudien syftar till att undersöka sambanden mellan ett varmare klimat och förekomsten av borrelios i Sverige.

Klimatet har stor påverkan på fästingen och den har visat sig känslig för uttorkning och kräver en hög relativ luftfuktighet för att överleva. De fästingar som varit infekterade med *Borrelia* spp. har visat sig kunna motstå uttorkning bättre jämfört med de som inte varit smittade. Fästingens utveckling främjas dessutom av en lång vegetationsperiod och enligt klimatscenarier framtagna av SMHI kommer vegetationsperioden att bli längre under de kommande 100 åren.

Fästingen verkar enligt forskningen inte utvecklas oberoende av borreliabakterien utan de båda tycks dra nytta av varandra. Om klimatförändringarna utvecklas i den riktning de pekar nu, finns risk för en ökad spridning av fästingen i landet vilket i sig ökar risken att infekteras av *Borrelia* spp. Dessutom skulle fästingar infekterade med *Borrelia* spp. kunna överleva under förändrade klimatförhållanden som är ofördelaktiga för fästingar som inte bär på bakterien. Förekomsten av borrelios i Sverige idag är troligtvis mycket större än vad som rapporteras, vilket kan bero på att diagnostiken inte är tillräcklig och att det inte finns något rapporteringssystem. För att få bättre uppfattning om sjukdomens utbredning och motverka en ökad risk för borrelios krävs förbättrad diagnostik och sjukdomsövervakning.

SUMMARY

Borreliosis is the most common vector-borne disease in Europe and it's caused by the bacterial complex called *Borrelia burgdorferi* sensu lato. The life cycle of *B. burgdorferi* s.l. involves different reservoirs and the vector transmitting the disease is the common tick *Ixodes ricinus*. *B. burgdorferi* s.l. usually resides in the gut of the tick but it can also systematically infect the tick which may affect the transmission of the disease.

The geographical distribution of *I. ricinus* in Sweden has increased since the beginning of the 1990's. This increase in distribution seems to be an effect of a milder climate and an increased number of hosts. The aim of this study is to find out whether a milder climate can increase the incidence of borreliosis in Sweden.

The climate has a great impact on the tick. It has been shown that the tick is sensitive to desiccation and it needs a high relative humidity to survive. It has also been shown that ticks infected with *B. burgdorferi* s.l. have a better chance at surviving desiccation than those ticks not infected with the bacteria. The ticks benefit from a long vegetation period and data from SMHI shows that the vegetation period will increase in the next 100 years.

The tick doesn't seem to evolve separately from *B. burgdorferi* s.l. Instead the two organisms seem to take advantage of each other. If the temperature continues to increase and the vegetation period becomes longer, the range of *I. ricinus* in Sweden is likely to increase and so will the risk of getting borreliosis. If the rise in temperature makes part of the country desiccated, ticks infected with *B. burgdorferi* s.l. could survive and hence increase the prevalence of bacteria infected ticks. In Sweden, the disease is not notifiable and since the symptoms are diffuse and the diagnosis is difficult, the prevalence of the disease is probably much higher than what's being reported. To estimate the spread of the disease and to prevent an increase in the risk of getting borreliosis in Sweden, more research needs to be done and a system for monitoring the disease is needed.

INLEDNING

Samhället står inför stora utmaningar i framtiden där global uppvärmning och ett förändrat klimat i världen och i Sverige kan påverka de vektorburna infektionssjukdomarna och deras vektorer. Cirka 85 000 fall av borrelios rapporteras varje år inom EU, vilket gör infektionen till den vanligaste vektorburna sjukdomen i Europa (ECDC, 2012). I Sverige insjuknar mellan 5000 och 10 000 människor varje år, men eftersom sjukdomen inte är anmälningspliktig är det svårt med kontroll och underrapporteringen anses vara stor (Smittskyddsinstitutet, 2013). Borrelios anses vara den infektion som kommer att öka mest i Sverige i samband med klimatförändringar. En ökning av sjukdomsförekomsten kommer att utgöra mycket allvarliga konsekvenser för hälsoläget i landet (Socialstyrelsen, 2011). Smittan överförs till människor och djur med hjälp av fästingar. Bakteriens och fästingens livscyklar är komplexa med flera värdjur och reservoarer och på grund av denna komplexitet kan klimatförändringar påverka i flera steg. Denna litteraturstudie syftar till att undersöka faktorerna som styr hur borreliainfektionen överförs mellan fästingar och värdjur, samt hur olika klimatförhållanden påverkar förekomsten av fästingar och därmed förekomsten av borrelios.

MATERIAL OCH METODER

Informationsinhämtningen till denna litteraturstudie har gjorts genom sökningar i databasen Web of Science med sökorden "Borreliosis", "Ixodes ricinus", "Climate" och "Sweden". Relevanta artiklars referenslistor har lett vidare till ytterligare publikationer. I det elektroniska biblioteket E-brary användes sökorden "Borreliosis" och "Ixodes ricinus" för att hitta grundläggande fakta om fästingar och borrelios. Ytterligare information har inhämtats på olika myndigheters hemsidor.

LITTERATURÖVERSIKT

Borrelios

Borrelios är en bakteriell infektion som orsakas av *Borrelia burgdorferi* sensu lato (*B. burgdorferi* s.l.). De kliniska symtom som kan uppstå hos människa är bland annat artrit, meningit och påverkan på hjärtat (Piesman & Gern, 2004), men det som främst kännetecknar sjukdomen är *erythema migrans*, ett rött ringformat märke som sprider sig ut från den plats där fästingen bitit. Hos våra husdjur är det kliniska symtomet främst ledbesvär, vilket är dokumenterat hos hund och häst (Mejlon, 2000). Diagnosen borrelios fastställs genom kliniska symtom i kombination med serologi. Serologin är dock opålitlig och ger inte alltid utslag, trots pågående infektion (Piesman & Gern, 2004). I slutet av 1990-talet kom ett vaccin mot *B. burgdorferi* s.l. ut på marknaden i USA. Detta vaccin var främst verksamt mot *B. burgdorferi* sensu stricto (*B. burgdorferi* s.s.), som är den vanligaste genotypen i USA. Vaccinet drogs in efter ett par år, främst på grund av minskad efterfrågan (Piesman & Gern, 2004). Borrelios behandlas med antibiotika och behandlingen är effektiv om den sätts in i ett tidigt skede av infektionen (Mejlon, 2000).

Borrelia burgdorferi-komplexet

Bakterier i genuset *Borrelia* är spiroketer och inom detta genus finns det komplex som kallas *Borrelia burgdorferi* sensu lato (Jouda *et al*, 2004). I komplexet finns flera olika genotyper

där vissa kan orsaka sjukdomen borrelios (Bergström *et al.*, 2002). I Sverige är de vanligaste sjukdomsframkallande genotyperna *Borrelia garinii*, *Borrelia afzelii* och *Borrelia burgdorferi* s.s. (Jaenson *et al.*, 2009). Bakterien har endast påvisats i värddjur och man känner inte till några frilevande stadier i miljön (Kurtenbach *et al.*, 2002a). För att bakterien ska kunna fortplanta sig och leva vidare krävs en livscykel där den interagerar med flera olika värddjur (Gern & Humair, 2002). Många ryggradsdjur verkar som reservoarer för bakterien, de mest undersökta är små gnagare såsom mus, sork och råtta (Gern & Humair, 2002). Den vanligaste vektorn i Europa är fästingen *Ixodes ricinus*.

Ixodes ricinus

Den vanligast förekommande fästingen i Sverige, *I. ricinus* är också den vanligaste vektorn för *B. burgdorferi* s.l. *I. ricinus* är ett spindeldjur som lever största delen av sitt liv i miljön utan att interagera med sina värddjur. På grund av detta finns det många icke-biologiska faktorer som påverkar *I. ricinus* livscykel och utbredning (Gray, 1998). Resultatet från en enkätundersökning gjord 2009 visar att fästingens utbredningsområde i Sverige ökat med ca 10% från tidigt 1990-tal till 2008. Den största förändringen har skett norr om 60°N, vilket motsvarar strax norr om Uppsala, där utbredningen ökade från 12,5% till 26,8% under samma tidsperiod (Jaenson *et al.*, 2012)

I. ricinus genomgår fyra olika stadier i sin livscykel där de olika stadierna spelar roll för *B. burgdorferi* s.l. livscykel. Varje stadium i fästingens livscykel, förutom äggstadiet, innefattar en jakt på värddjur med efterföljande blodsugning. Beroende på yttre omständigheter såsom torra och andra klimatfaktorer, kan fästingen pausa sin utveckling i väntan på bättre förhållanden. Detta gör att *I. ricinus* livscykel kan ta upp till 6 år att fullborda. Vidareutvecklingen från ett stadium till ett annat sker långt ner i vegetationen nära marken där fästingen är minst utsatt för påfrestningar från miljön (Gray, 1998).

Fästingen infekteras med bakterien

När äggen kläcks och larverna frigörs är de oftast inte infekterade med *B. burgdorferi* s.l. (Gray, 1998). Larverna söker efter små däggdjur, fåglar och reptiler för sitt blodmål och anses inte vara en risk för överförande av *B. burgdorferi* s.l. till människor (Gray, 1998). Däremot smittas larverna med *B. burgdorferi* s.l. när de suger blod från sina värddjur, eftersom de också fungerar som reservoarer för bakterien (Comstedt *et al.*, 2006). Larven suger blod från sitt värddjur i 2-5 dagar (Eisen & Lane, 2002) och återgår sedan till ett liv i miljön där den vidareutvecklas till nästa stadium.

Den största risken för människan

Nymfstadiet anses vara det stadium som spelar störst roll för överföring av *B. burgdorferi* s.l. till människa (Jaenson *et al.* 2009). Då bakterien kan överföras mellan fästingens olika livsstadier kan nymfen vara smittbärare redan från början, om larvstadiet var infekterat (Gray, 1998). När fästingen söker efter värddjur klättrar den upp på vegetationen och sitter beredd och väntar på ett förbipasserande djur. Nymferna söker i stort sett samma värddjur som larverna, men kan också angripa större djur (Eisen & Lane, 2002). Under nymfstadiet är fästingen känslig och påverkan av miljö- och klimatfaktorer kan vara direkt avgörande för fästingens överlevnad (Gray, 1998).

Från en fästing kommer det tusen nya

Den vuxna fästingen spelar mindre roll i spridningen av *B. burgdorferi* s.l., trots att de har störst förekomst av bakterien (Gray, 1998). Den vuxna fästingen söker efter större värdjur, ofta hjorddjur. Eisen & Lane (2002) hävdar att de vuxna fästinghanarna kan leva en längre tid på värdjuret i väntan på en hona att para sig med, och där förse sig med små blodmål under tiden. Halos *et al* (2010) däremot, menar att vuxna hanar inte suger blod över huvud taget.

Befruktning av honans ägg kan ske på värdjuret medan honan suger blod eller i vegetationen (Eisen & Lane, 2002). När den vuxna fästinghonan sugit blod i 6-11 dagar återgår hon till miljön där hon lägger i genomsnitt 1000 ägg (Eisen & Lane, 2002). Det finns data som pekar på att *B. burgdorferi* s.l. kan överföras transovariellt från fästinghonan till hennes ägg, men det krävs enligt Gray (1998) mer forskning för att fastställa att så sker.

Smittöverföring

I fästingen kan *B. burgdorferi* s.l. finnas i mag-tarmkanalen eller systemiskt. När fästingen suger blod stimuleras bakterierna i fästingens mag-tarmkanal till delning (Kurtenbach *et al.*, 2002a). Det har visats att komplementfaktorer från värdjurets blod kan interagera med bakterien inuti fästingen. Interaktionen kan leda till att bakterien avdödas redan i fästingens buk eller att bakterien utvecklar skyddsmekanismer mot värdjurets komplementsystem, vilket kan leda till att bakterien undkommer värdjurets immunsystem (Kurtenbach *et al.*, 2002b). De bakterier som överlever och delar sig i fästingen, tar sig ut från fästingens mag-tarmkanal och migrerar till dess spottkörtlar, varifrån de kan överföras till värdjuret i samband med bett. Spridning av bakterien från fästingens mag-tarmkanal till dess spottkörtlar tar minst 48 timmar (Kurtenbach *et al.*, 2002a), vilket innebär att fästingen måste sitta kvar på värdjuret minst denna tid för att smittan ska överföras. Ju längre tid som fästingen får suga blod från sitt värdjur, desto större är risken för värdjuret att drabbas av bakterieinfektion (Crippa *et al.*, 2002).

Vid systemisk infektion i fästingen finns det ständig närvaro av bakterier i fästingens spottkörtlar. Bakterierna behöver inte dela sig innan de kan överföras till värdjuret och överföringen sker därför snabbt (Gray, 1998). Äldre forskning pekar på att 5,5% av fästingarna är systemiskt infekterade, men nyare studier har visat att 11% av borreliainfekterade nymfer har en systemisk infektion, där bakterier funnits i spottkörtlarna i samtliga fall, dessutom var bakterieantalet i mag-tarmkanalen på dessa fästingar stort (Lebet & Gern, 1994).

Det finns inga studier som visar tydligt vilken genotyp som tenderar att systemiskt infektera fästingen, men det finns resultat som visar att *B. afzelii* överförs till värdjuret snabbare än *B. burgdorferi* s.s. (Crippa *et al.*, 2002). I studien gjord av Crippa *et al.* (2002) menar författarna att resultaten pekar på att *I. ricinus* är en bättre vektor för *B. afzelii*, jämfört med *B. burgdorferi* s.s.

I Sverige uppskattas risken för människor att smittas med *Borrelia spp* efter ett fästingbett vara 1/150 bett (Smittskyddsinstitutet, 2013).

I värddjuret

För att bakterien ska överleva krävs det att den sprider sig i värddjuret. Den viktigaste spridningsvägen är extravaskulärt och det sker genom att bakterien binder till integriner och glukosaminoglykaner i vävnaden (Kurtenbach *et al.*, 2002a). Bakteriens förmåga att undvika värddjurets immunförsvar genom interaktion med komplementsystemet är en av de viktigaste faktorerna för att den ska kunna sprida sig, men trots det så tar spridningen lång tid, mellan två till fyra veckor. Om infektionen inte behandlas utvecklar värddjuret en persistent infektion. De flesta vilda reservoarer eller värddjur utvecklar troligtvis ingen klinisk infektion (Kurtenbach *et al.*, 2002a).

Reservoarer

Många vilda djur kan infekteras med *B. burgdorferi* s.l. men det är inte alla som kan föra bakterien vidare till en fästing. I Europa är de vanligaste vilda reservoarerna skogsmöss och skogssorkar (Piesman & Gern, 2004). Senare forskning pekar på att fåglar spelar en viktig roll som reservoarer (Comstedt *et al.*, 2006) och dessa kan dessutom sprida bakterien över större områden jämfört med smågnagare (Kjelland *et al.*, 2010). Andra viktiga reservoarer är harar, ekorrar, igelkottar och andra arter av smågnagare än de redan nämnda.

Bland de lite större däggdjuren finns studier som visar att rävar kan fungera som reservoarer. Deras roll som reservoar för bakterien tros dock vara liten eftersom det samtidigt visats att fästingar som sög blod från rävar inte blev smittade med bakterien i någon större utsträckning (Piesman & Gern, 2004). Andra karnivorer såsom hund, katt och lodjur liknar räven, och kan således i vissa fall överföra bakterien till fästingar, och i andra fall kan deras immunförsvar avdöda bakterien med hjälp av komplementsystemet (Bhide *et al.*, 2005).

Hjortdjur så som rådjur, dovhjort och kronhjort, kan inte bidra till spridningen av borrelios då deras immunförsvar dödar bakterien med hjälp av komplementsystemet (Bhide *et al.*, 2005). Hjortdjuren antas på så sätt kunna minska spridningen av *Borrelia* spp. och ha en utspädande effekt (Mysterud *et al.*, 2013). Hjortdjuren bidrar däremot indirekt till bakteriens spridning eftersom de är mycket viktiga för fästingens fortplantning, och på så sätt ökar chanserna för bakterien att spridas med nästa generation fästingar (Jaenson & Lindgren, 2011). Människan fungerar som en slutvärd för bakterien och förhindrar fortsatt spridning (Kurtenbach *et al.*, 2002a).

Klimatets inverkan på fästingar och förekomsten av *B. burgdorferi* s.l.

Olika sätt att studera fästingen

För att undersöka hur olika klimat påverkar förekomsten av och aktiviteten hos fästingar finns olika strategier. Genom långtidsstudier kan man jämföra faktiska klimatförändringar inom samma region och se hur dessa förändringar påverkar fästingar och *Borrelia* spp. i området. Det går också att göra studier i olika regioner med olika klimat för att se hur fästingen är spridd. En tredje variant är att undersöka förekomsten av fästingar i samma region men på olika höjd över havet, och på så sätt låta de olika höjdområdena motsvara olika klimat (Gilbert, 2010).

För att kartlägga hur fästingen spridit sig i Sverige de senaste 30 åren gjorde Jaenson *et al.* (2012) en undersökning som baserades på ett frågeformulär. Formuläret innehöll bland annat frågor om hur mycket fästingar som fanns i personens närområde just nu, och om personen tyckte att det hade förändrats sedan början av 1990-talet. Författarna påpekar dock brister med metoden då den grundar sig på befolkningens uppfattning om fästingpopulationen och inte kontrollerade data.

Infångande av fästingar

För att kunna studera fästingpopulationens utbredning och förekomsten av *B. burgdorferi* s.l. måste fästingen först fångas in. Det vanligaste tillvägagångssättet för detta är den så kallade cloth-dragging metoden som innebär att ett vitt skynke dras genom vegetationen. Värdsökande fästingar som finns i vegetationen kan fastna på skynket och på så sätt infångas (Jaenson *et al.*, 2009; Gilbert, 2010; Mysterud *et al.*, 2013). Det finns indikationer på att denna metod lämpar sig bäst för infångande av nymfer, då larver och vuxna fästingar inte förekommer lika ofta på skynket. Anledningen till att larvstadierna inte fastnar på skynket kan enligt Gilbert (2010) bero på att larverna söker efter sina värdjur längre ner i vegetationen dit skynket inte når om området som undersöks består av tät vegetation som till exempel ljung. I studien av Jaenson *et al.* (2012) studerades även fästingar som skickats in av privatpersoner som plockat bort dem från sig själva eller sina husdjur.

Luftfuktighet

Fästingen har visat sig vara mycket känslig för uttorkning och kräver en relativ luftfuktighet på minst 80% för att söka värdjur eller för att vidareutvecklas till nästa stadium (Gray, 1998). För mycket nederbörd kan däremot direkt minska fästingens värdsökande genom att försvåra klättringen på vegetationen och indirekt minska människans exponering för fästingar genom att folk stannar inne eller använder skyddande kläder (Bennet *et al.*, 2006). Bennet *et al.* (2006) visade i sin studie att den högsta förekomsten av *erytema migrans* hos populationen korrelerade med en hög relativ luftfuktighet. Vid minskad relativ luftfuktighet söker sig fästingen längre ner i vegetationen och då minskar risken för de större däggdjuren, inklusive människan att bli biten (Bennet *et al.*, 2006). Fästingar infekterade med *B. burgdorferi* s.l. har visat sig vara mindre känsliga för förändringar i den relativa luftfuktigheten vilket kan leda till ökad förekomst av borrelios, trots ofördelaktiga förhållanden för fästingar (Herrmann & Gern, 2010). I en studie av Herrmann & Gern (2010) visade författarna att det framförallt var fästingar infekterade med *B. afzelii* som överlevde svårare förhållanden, och det gällde både nymfer och vuxna.

Vegetation

Vegetationen spelar en stor roll för fästingen, inte minst för att upprätthålla en bra relativ luftfuktighet vid markytan där fästingen kan rehydrera (Piesman & Gern, 2004). *I. ricinus* är i Sverige vanligast förekommande i lövskog eller skog blandat med lövträd och barrträd (Jaenson *et al.*, 2009). Minst vanligt är att fästingarna finns på öppna marker utan buskage eller mindre träd som kan bidra till att återfukta marken. En annan anledning till att fästingarna främst förekommer i löv- eller blandskog kan vara att deras värdjur trivs bäst i

denna vegetation (Jaenson *et al.*, 2009). Även reservoarerna för *B. burgdorferi* s.l. trivs bäst i en skyddande miljö med mycket lövskog och buskage (Halos *et al.*, 2010).

Temperatur, vegetationsperiod och snö

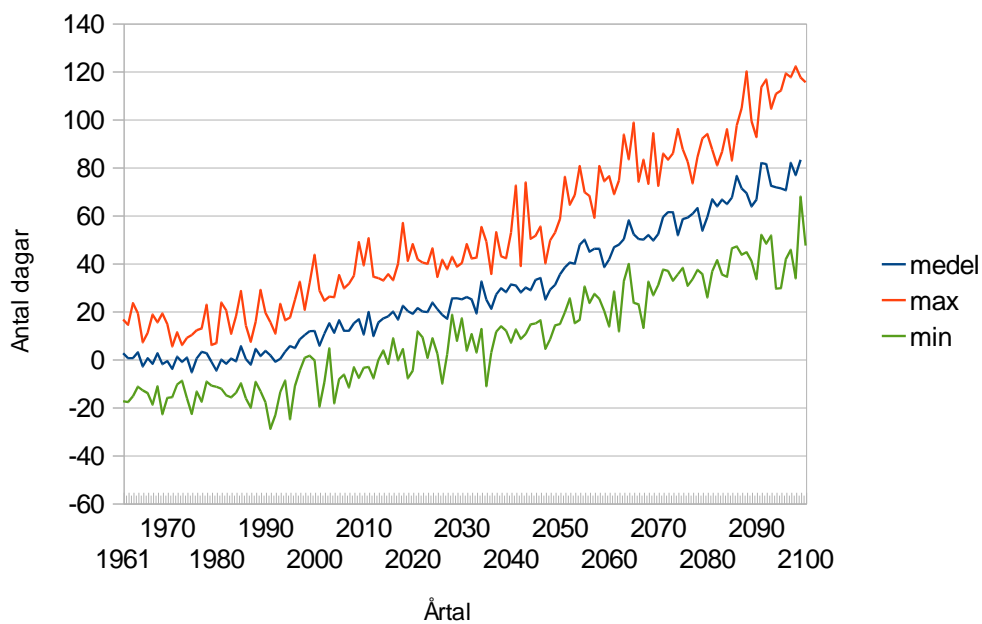
I. ricinus är aktiv i miljön och söker värddjur eller mognar till nästa stadium i livscykeln när temperaturen är mellan 5°C och 30°C och den relativa luftfuktigheten är tillräckligt hög (Jaenson & Lindgren, 2011). Ju färre dagar temperaturen är över 5°C, desto kortare tid har fästingen på sig att hitta ett värddjur eller gå in i nästa stadium. Flera studier visar på att fästingar inte förekommer på hög höjd vilket tros vara ett resultat av en lägre temperatur (Gilbert, 2010; Jouda *et al.*, 2004).

I Sverige har fästingens utbredningsområde visat sig korrelera med längden på vegetationsperioden. Vegetationsperioden definieras som antal dygn då dygnsmedeltemperaturen varaktigt ligger över 5°C. Där det finns rikligt med fästingar är vegetationsperioden 180 dagar eller mer. Det förekommer fästingar där vegetationsperioden är 160-180 dagar samtidigt som det inte finns några fästingar där vegetationsperioden är mindre än 160 dagar (Jaenson *et al.*, 2009). Det väderförhållande som Jaenson *et al.* (2009) statistiskt kunde visa spelar störst roll för utbredningen av fästingar är hur länge minst 50% av marken täcks av minst en cm snö. I områden med snötäcke i mer än 175 dagar fanns inga fästingar medan det i områden med mindre än 125 dagars snötäcke fanns en etablerad fästingpopulation. Att en längre period med snötäcke skulle kunna skydda fästingen från att frysa ihjäl spelar enligt författarna mindre roll, då det automatiskt gör vegetationsperioden kortare (Jaenson *et al.*, 2009).

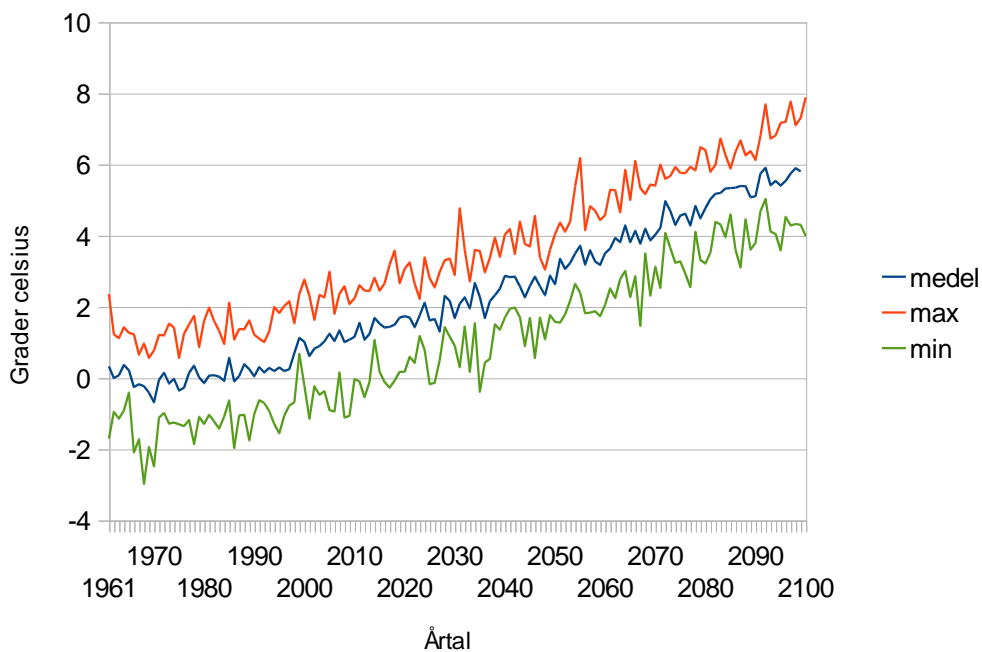
Förändringar i klimatet

Data från SMHI visar att klimatet i Sverige har blivit varmare sedan början av 1980-talet och att vegetationsperioden har förlängts i landets norra delar (se fig.1 och 2). Jaenson & Lindgren (2011) har med klimatmodeller kunnat beräkna fästingens utbredning under 2000-talet, och enligt dessa kommer *I. ricinus* utbredning att täcka större delen av Skandinavien, främst på grund av en förlängd vegetationsperiod. Författarna menar också att eken spelar en viktig roll för att behålla en miljö med bra relativ luftfuktighet för fästingarna i områden som skulle kunna drabbas av torka på grund av ett varmare klimat.

De varma vintrarna under nittioalet kan direkt ha påverkat fästingarnas överlevnad genom en förlängd vegetationsperiod (Jaenson *et al.*, 2009). De varmare vintrarna påverkade troligtvis även borreliabakteriens reservoar och fästingarnas värddjur i Sverige. Framförallt ökade rådjurspopulationen kraftigt. Det är dock svårt att säga om denna uppgång berodde främst på de milda vintrarna eller på de utbrott av rävs-kabb som drabbade rådjurets predatorer, troligtvis var det en kombination av de båda faktorerna. Rådjurspopulationens uppgång kan vara en orsak till att fästingarna tycks ha spridit sig längre norrut (Jaenson *et al.*, 2012).



Figur 1. Beräknad förändring av vegetationsperiodens längd i Sverige fram till år 2100 baserat på klimatscenario RCP 8.5 som innebär att strålningsdrivningen når 8.5 W/m^2 år 2100 (SMHI, 2014).



Figur 2. Beräknad förändring av årsmedeltemperaturen i Sverige under åren 1961-2100 baserat på klimatscenario RCP 8.5 (SMHI, 2014).

DISKUSSION

Metodik

I de allra flesta studier som gjorts på fästingar och förekomst av borreliaarter används den så kallade cloth-dragging metoden för att fånga in vilda fästingar (Jaenson *et al.*, 2009; Gilbert, 2010; Mysterud *et al.*, 2013). Metoden verkar inte ifrågasättas i någon större utsträckning och eventuella felkällor den kan ge upphov till diskuteras inte. Av de artiklar som gått igenom under arbetet med denna litteraturstudie så är det bara en som kritiserar metoden. Gilbert (2010) skriver att andelen larver som fångas upp med denna metod kan vara mindre än det verkliga förhållandet på grund av att skynket inte når ner i den vegetation där larverna finns. Den största andelen fästingar som fastnar på skynket är nymfer, eftersom de finns högre upp i vegetationen jämfört med larverna. De flesta studier vill undersöka förekomsten av nymfer, eftersom de utgör den största risken för människor att drabbas av borrelios, så sett ur det perspektivet så fyller metoden sitt syfte. Frågan man kan ställa sig är om urvalet fästingar med denna metod är representativt för den vilda populationen och om det verkligen går att dra slutsatser kring populationen utifrån de fästingar man fångar in. Trots att det är nymfstadiet som är det mest intressanta i dessa publikationer så bör det påpekas i studierna att slutsatser som görs kring larvpopulationen kan vara missvisande på grund av urvalsmetoden. Kanske skulle en annorlunda urvalsmetod, där en större andel larver fångas in, kunna ge mer information om förekomsten av transovariell överföring av *B. burgdorferi* s.l. hos fästingen.

För att kunna säkerställa en förändring i fästingpopulationens utbredning i Sverige så krävs det stora resurser. De studier som hittills gjorts har bland annat innefattat frågeformulär som skickats ut till boende i gränsområdena för fästingens utbredning. Jaenson *et al.* (2012) tar upp svårigheten med denna metod då människors minne som grund för slutsatser inte är tillförlitliga. Kostnadsmässigt är metoden fördelaktig eftersom den inte kräver stora resurser ute i fält. För att få säkrare data att dra slutsatser ifrån så är förmodligen långtidsstudier i gränsområdena den bästa metoden. En nackdel med denna typ av studier är att de är resurskrävande och därför väldigt kostsamma. Den bästa kompromissen för att kunna dra några slutsatser om hur klimatet påverkar fästingens utbredning kanske är den där studierna genomförs inom samma region men på olika höjd. De studierna kräver större resurser jämfört med frågeformulär men borde ge pålitligare data. Samtidig är denna typ av studier mer kostnadseffektiva och borde ge snabbare resultat i jämförelse med långtidsstudier.

Fästingen, bakterien och klimatet

När det gäller förändringen av fästingpopulationen från 1980-talet fram till idag så verkar det ha funnits flera olika faktorer som påverkat utvecklingen. Olyckligtvis har dessa faktorer lett utvecklingen åt samma håll och frågan är om fästingens utbredning hade sett ut som den gör idag om endast en av faktorerna påverkat? Hade endast mildare vintrar under 1990-talet varit tillräckligt för att öka rådjurspopulationen eller krävdes det sjukdom hos rådjurets predatorer? Hur hade situationen sett ut om bara rävskaubitsbrottet påverkat och vintrarna på 1990-talet istället varit väldigt hårda? För att komma närmare svaren på dessa frågor behövs mer forskning och det kan finnas fler faktorer som ännu är outforskade. Vad händer till exempel med fästingarna om värddjurspopulationen minskar kraftigt till följd av exempelvis sjukdom?

Den systemiska infektionen i fästingen orsakad av borreliabakterier tas upp i flera artiklar, bland annat Gray (1998) och Lebet & Gern (1994). Den litteratur som diskuterar den systemiska infektionen redovisar motsägelsefulla siffror och det finns flera områden där kunskapen ännu inte är redovisad. Ingen av artiklarna i denna litteraturstudie ger evidens för vilken serotyp av bakterien som oftast infekterar fästingen systemiskt. Däremot finns det data som pekar på *B. afzelii*, eftersom den verkar föras över till värddjuret snabbast. Förekomsten av systemiskt infekterade fästingar verkar i de flesta studier vara vanligare än vad den tidigare forskningen visat. Om andelen fästingar med systemisk infektion ökar borde risken att bli smittad med borreliabakterier öka, eftersom fästingen inte behöver sitta fast lika länge som man tidigare trott. Den risk för infektion som uppskattas i dagsläget kanske måste omvärderas om forskningen visar att överföringen av smittämnet går snabbare.

De data av Herrmann & Gern (2010) som visar att fästingar infekterade med *B. burgdorferi* s.l. klarar av ogynnsamma luftfuktighets- och temperaturförhållanden bättre än fästingar som inte är infekterade illustrerar komplexiteten i bakteriens och fästingens biologi. Att det dessutom visade sig vara *B. afzelii* som i störst utsträckning påverkade fästingarna på ett positivt sätt väcker nya frågor. Kommer ett varmare klimat i Sverige leda till att de södra delarna av landet blir torrare och varmare? Kommer detta i så fall selektera för fästingar infekterade med borreliabakterier och i slutändan selektera fram fästingar som är systemiskt infekterade med *B. afzelii* vilket skulle innebära en högre prevalens av smittbärande fästingar som inte behöver suga blod lika länge som man tidigare trott för att föra över smittan? Detta worst-case-scenario, där man som människa kan bli infekterad snabbt, kanske kan vara ett argument till vidare forskning inom området för att öka kunskapen kring bakterien och fästingen. Kanske kan det också öppna upp för diskussion kring vaccin igen? Det finns idag inget vaccin i Europa och frågan blir då om en eventuell vaccinframställning borde riktas mot *B. afzelii* eller mer generellt mot hela *B. burgdorferi* s.l.-komplexet?

Diagnostiken för borrelios inom humanmedicinen grundar sig på de kliniska symtomen i första hand och serologi i andra hand (Piesman & Gern, 2004). De kliniska symtomen kan vara diffusa och det kan vara svårt att säkerställa rätt diagnos då serologin inte är helt pålitlig. Om en framtida ökad risk för borrelios föreligger bör man även satsa på klinisk forskning och utveckling av diagnostiken. Det faktum att sjukdomen inte är anmälningspliktig i Sverige försvårar möjligheten till kontroll. Troligtvis är prevalensen betydligt högre än vad som finns dokumenterat och kanske ligger sjukdomen till grund för ohälsa inom en stor del av befolkningen. Behandlingen av borrelios är mycket effektiv om den sätts in i ett tidigt skede och därför borde kunskapen kring diagnostiken förbättras och förmedlas till sjukvården så att infektionen upptäcks i tid.

Slutsats

Det finns inga enkla svar på frågeställningen om ett förändrat klimat i Sverige kan öka risken för borrelios. *B. burgdorferi* s.l.-komplexet och dess reservoarer samt fästingen *I. ricinus* och dess värddjur spelar alla en viktig roll, och ett varmare klimat påverkar alla parter. De flesta studier pekar dock på att fästingens utbredning i Sverige kommer att öka om klimatet blir varmare och då finns en ökad risk att exponeras för borrelios. I de delar av landet där fästingpopulationen är väl utbredd idag kan ett varmare klimat leda till torrare perioder, vilket

i sig kan selektera för en minskad fästingpopulation, men med en ökad prevalens av borreliabakterier. Mer forskning behövs för att kunna bedöma hur stor risken är att få borrelios och något slags rapporteringssystem inom sjukvården är nog det som krävs för att kunna kartlägga sjukdomens utbredning i landet.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Bennet, L., Halling, A. & Berglund, J. (2006). Increased incidence of Lyme Borreliosis in southern Sweden following mild winters and during warm, humid summers. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Disease*, vol. 25, ss. 426-432.
- Bergström, S., Noppa, L., Gylfe, Å. & Östberg, Y. (2002). Molecular and cellular biology of *Borrelia burgdorferi* sensu lato. I: Gray, J., Kahl, O., Lane, R.S. & Stanek, G. (red), *Lyme borreliosis: Biology, Epidemiology and Control*. Cambridge, MA, USA: CABI Publishing. Ss: 47. Tillgänglig: E-brary. [2014-02-27].
- Bhide, M.R., Travnicek, M., Levkutova, M., Curlik, J., Revajova, V. & Levkut, M. (2005). Sensitivity of *Borrelia* genospecies to serum complement from different animals and human: a host-pathogen relationship. *Fems Immunology and Medical Microbiology*, vol. 43, ss 165-172.
- Comstedt, P., Bergstrom, S., Olsen, B., Garpmo, U., Marjavaara, L., Mejlun, H., Barbour, A.G. & Bunikis, J. (2006). Migratory passerine birds as reservoirs of lyme borreliosis in Europe. *Emerging Infectious Diseases*, vol 12, ss. 1087-1095.
- Crippa, M., Rais, O. & Gern, L. (2002). Investigations on the mode and dynamics of transmission and infectivity of *Borrelia burgdorferi* sensu stricto and *Borrelia afzelii* in *Ixodes ricinus* ticks. *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, vol. 2, ss. 3-9.
- ECDC (2012). *Second expert consultation on tick-borne diseases with emphasis on Lyme borreliosis and tick-borne encephalitis*. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control.
- Eisen, L. & Lane, R.S. (2002). Vectors of *Borrelia burgdorferi* sensu lato. I: Gray, J., Kahl, O., Lane, R.S. & Stanek, G. (red), *Lyme borreliosis: Biology, Epidemiology and Control*. Cambridge, MA, USA: CABI Publishing. Ss 99-100. Tillgänglig: E-brary. [2014-02-27].
- Gern, L. & Humair, P.F. (2002) Ecology of *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Europe. I: Gray, J., Kahl, O., Lane, R.S. & Stanek, G. (red), *Lyme borreliosis: Biology, Epidemiology and Control*. Cambridge, MA, USA: CABI Publishing. Ss 150-157. Tillgänglig: E-brary. [2014-02-27].
- Gilbert, L. (2010). Altitudinal patterns of tick and host abundance: a potential role for climate change in regulating tick-borne diseases? *Oecologia*, vol. 162, ss. 217-225.
- Gray, J.S. (1998). The ecology of ticks transmitting Lyme borreliosis. *Experimental & Applied Acarology*, vol. 22, ss. 249-258.
- Halos, L., Bord, S., Cotte, V., Gasqui, P., Abrial, D., Barnouin, J., Boulouis, H.J., Vayssier-Taussat, M. & Vourc'h, G. (2010). Ecological factors characterizing the prevalence of bacterial tick-borne pathogens in *Ixodes ricinus* ticks in pastures and woodlands. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 76, ss. 4413-4420.
- Herrmann, C. & Gern, L. (2010). Survival of *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) under challenging conditions of temperature and humidity is influenced by *Borrelia burgdorferi* sensu lato Infection. *Journal of Medical Entomology*, vol. 47, ss. 1196-1204.
- Jaenson, T.G.T., Eisen, L., Comstedt, P., Mejlun, H.A., Lindgren, E., Bergstrom, S. & Olsen, B. (2009). Risk indicators for the tick *Ixodes ricinus* and *Borrelia burgdorferi* sensu lato in Sweden. *Medical and Veterinary Entomology*, vol. 23, ss. 226-237.
- Jaenson, T.G.T., Jaenson, D.G.E., Eisen, L., Petersson, E. & Lindgren, E. (2012). Changes in the geographical distribution and abundance of the tick *Ixodes ricinus* during the past 30 years in Sweden. *Parasites and Vectors*, 2012 Jan 10;5:8. doi: 10.1186/1756-3305-5-8.

- Jaenson, T.G.T. & Lindgren, E. (2011). The range of *Ixodes ricinus* and the risk of contracting Lyme borreliosis will increase northwards when the vegetation period becomes longer. *Ticks and Tick-Borne Diseases*, vol. 2, ss. 44-49.
- Jouda, F., Perret, J.L. & Gern, L. (2004). *Ixodes ricinus* density, and distribution and prevalence of *Borrelia burgdorferi* sensu lato infection along an altitudinal gradient. *Journal of Medical Entomology*, vol. 41, ss. 162-169.
- Kjelland, V., Stuen, S., Skarpaas, T. & Slettan, A. (2010). *Borrelia burgdorferi* sensu lato in *Ixodes ricinus* ticks collected from migratory birds in Southern Norway. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 2010 Nov 6;52:59. doi: 10.1186/1751-0147-52-59.
- Kurtenbach, K., De Michelis, S., Etti, S., Schafer, S.M., Sewell, H.S., Brade, V. & Kraiczky, P. (2002b). Host association of *Borrelia burgdorferi* sensu lato - the key role of host complement. *Trends in Microbiology*, vol. 10, ss. 74-79.
- Kurtenbach, K., Schäfer, S.M., de Michelis, S., Etti, S. & Sewell, H.S. (2002a) *Borrelia burgdorferi* sensu lato in the Vertebrate Host. I: Gray, J., Kahl, O., Lane, R.S. & Stanek, G. (red), *Lyme borreliosis: Biology, Epidemiology and Control*. Cambridge, MA, USA: CABI Publishing. Ss 117-136. Tillgänglig: E-brary. [2014-02-27].
- Lebet, N. & Gern, L. (1994). Histological examination of *Borrelia burgdorferi* infections in unfed *Ixodes ricinus* nymphs. *Experimental & Applied Acarology*, vol. 18, ss 177-183.
- Mejlon, H. (2000). *Host-seeking activity of Ixodes ricinus in relation to the epidemiology of Lyme borreliosis in Sweden*. Diss. Uppsala universitet.
- Mysterud, A., Easterday, W.R., Qviller, L., Viljugrein, H. & Ytrehus, B. (2013). Spatial and seasonal variation in the prevalence of *Anaplasma phagocytophilum* and *Borrelia burgdorferi* sensu lato in questing *Ixodes ricinus* ticks in Norway. *Parasites and Vectors*, vol. 6, iss. 187.
- Piesman, J. & Gern, L. (2004). Lyme borreliosis in Europe and North America. *Parasitology*, vol. 129, ss. 191-220.
- SMHI Klimatscenarier. <http://www.smhi.se/klimatdata/Framtidens-klimat/Klimatscenarier/Europa#area=eur&dnr=0&sc=rcp85&seas=ar&var=t> [2014-03-22]
- Smittskyddsinstitutet (2013). *Laboratoriediagnostik av borreliainfektion*. Smittskyddsinstitutet September 2013. Artikelnummer 2013-101-28. Solna
- Socialstyrelsen (2011). *Smittsamma sjukdomar i ett förändrat klimat*. Socialstyrelsen april 2011. Artikelnummer 2011-4-1. Stockholm