

Uppsala Universitet  
Master programme in sustainable development  
Uppsatsarbete i ämnet hållbar utveckling, 30hp  
Uppsala VT-2009  
Handledare Jan Boelhouwers

# Malaria och klimatförändringar i relation till historiska trender av sjukdomsspridning

Tess Svennebäck

UPPSALA  
UNIVERSITET

---

Uppsala juni 2009

## Abstract

There is a large focus on climate and how it affects our life on earth. Therefore it is interesting to study how we can be affected by different scenarios that have a relation with climate change. My choice is therefore to study and write about climate change and health. The focus will be on malaria which is a climate related disease. In this study I will look at factors that affected the spreading of diseases earlier in history including earlier geographical barriers that helped prevent the spread of diseases. I will also make a description of the current situation of malaria and climate change. My study will end with an analysis of what lessons we can draw from historical trends of disease transmission in relation to climate change focusing on malaria. The question to be answered is what can we learn from historical trends of disease transmission in relation to malaria and climate change? Different camps support different believes in future scenarios concerning the relation between malaria and climate change and whether there is going to be an increase, decrease or no changes of major concern at all. I found that there are lessons to be learned by studying historical spreading of diseases, like for example infectious diseases are very unpredictable. I also found that political support seems mainly concerned with the facts that minimizing the risks of a growing burden of malaria.

Key words: Malaria, climate change, human history, vectors, disease transmission

## Förord

Jag vill tacka min handledare Jan Boelhouwers som har hjälpt mig att fokusera på huvudfrågan och sett till att jag inte hamnat på alltför många villovägar samt kursansvarig Brita Svensson för ett lärorikt och givande program. Jag har genom detta arbete lärt mig mycket om hur olika faktorer kan bidra till ökad spridning av olika infektions- och virussjukdomar. Min utbildning i stort har lärt mig mycket om hur vi påverkar miljön på olika sätt och hur miljön i sin tur påverkar oss. Samt hur många olika aspekter det egentligen finns vad gäller hållbar utveckling utifrån vad vi väljer att lägga in i begreppet och framhålla som viktigt, vilket kan variera från en individ till en annan. Jag har funnit detta ämne oerhört intressant och utvecklande.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	5
1.1 Metod och källkritik	5
2. HISTORISKA ASPEKTER PÅ SJUKDOMSSPRIDNING	6
2.1 Människans tidiga utveckling och utbredning	6
2.2 Geografiska skillnader	8
2.3 Tamdjur, grödor och mikrober	10
2.4 Täthet och klimatförändringar	12
2.5 Pandemiens förutsägbarhet	14
3. MALARIA	17
3.1 Malariaparasiten	18
3.2 Malariamyggan	20
3.3 Sickle-cell-genen	22
3.4 Läkemedels resistens	24
3.5 Förebyggande åtgärder	25
4. KLIMATFÖRÄNDRINGAR	28
4.1 Klimatförändringar i Sverige	29
4.2 Framtidsperspektiv på klimatförändringar	31
5. ETT FRAMTIDSPERSPEKTIV PÅ MALARIA	32
5.1 Historiska faktorer	32
5.2 Malariaparasitens förutsättningar	34
5.3 Klimatförändringars tänkbara påverkan	35
6. SAMMANFATTNING	39
6.1 Slutdiskussion	39
6.2 Slutsats	42
KÄLLFÖRTECKNING	43

# 1. INLEDNING

Det är ett stort fokus på klimatet och hur det påverkar vårt liv här på jorden. Fokus på vad vi kan och bör göra för att förhindra en fortsatt negativ klimatpåverkan. Det är därför intressant att se hur vi kan komma att påverkas av olika scenarion, som har ett samband med klimatet. Mitt val är därför att skriva uppsats inom ämnet klimatförändringar och hälsa. Fokus kommer att ligga på malaria som i hög grad är en klimatrelaterad sjukdom. Jag kommer i denna uppsats att göra en studie av vilka faktorer som har påverkat sjukdomsspridning tidigare i historien. Tidigare geografiska barriärer för spridning som senare i analysen kommer att ställas i relation till dagens förutsättningar för spridning. Därefter kommer jag att göra en nulägesbeskrivning av malaria och klimatförändringar. För att sedan avsluta med en analys av vad man kan dra för lärdomar av historiska trender av sjukdomsspridning i relation till klimatförändringar med fokus på malaria. Syftet blir således att göra en analys utifrån en sammanställning av vad som har hänt historiskt och vad som händer nu. Jag kommer även att inkludera Sverige i studien för att se om Sverige ligger i riskzonen för att drabbas av malaria. Avgränsningen blir att fokusera på malaria och försöka finna svar på vilka faktorer som historiskt bidragit till sjukdomsspridning i världen? Vilka egenskaper malaria har som talar för en möjlig ökad spridning i framtiden samt framtidsprognoser för klimatförändringar i relation till malariaspridning i Världen och i Sverige. Frågeställningen lyder: Vad kan vi lära oss av historiska trender av sjukdomsspridning i relation till malaria och klimatförändringar?

## 1.1 Metod och källkritik

Grunden för arbetet är en litteratur studie, där såväl tryckta som otryckta källor ingår. Vilket medför att jag uteslutande kommer att arbeta utifrån andrahandsinformation. De källor jag använt mig av har varit av varierad art och som all forskning så har även denna studie till en betydlig grad präglats av mina personliga värderingar och synsätt. Detta uttrycks i alltifrån mitt val av ämne, val av litteratur samt tolkningen av materialet, vilket givetvis kan medföra en vinkling av tillämpningen av materialet. I detta kapitel har jag redogjort för mitt val av ämne, metod, syfte och frågeställning. I nästa kapitel kommer jag att redogöra för historiska aspekter av sjukdomsspridning.

## 2. HISTORISKA ASPEKTER PÅ SJUKDOMSSPRIDNING

Det kan vara svårt att veta vilka socialekonomiska följder framtida klimatvariationer kan komma att medföra och hur stora dessa kan tänkas bli, både när det gäller naturliga sådana och de som en ökning av växthusgaser i atmosfären kan komma att medföra. Det kan därför vara intressant att studera vilka faktorer som tidigare, historiskt sett, har påverkat sjukdomsutveckling samt spridning av dessa. Detta kan sedan bidra till ett värdefullt perspektiv om hur olika moderna samhällen kan tänkas svara på framtida klimatförändringar. Jag kommer därför i detta inledande kapitel att redogöra för historiska förutsättningar för sjukdomsspridning med fokus på sjukdomsspridning via vektorer. En vektor är ett värdjur som hjälper mikroben, bakterie eller parasit, att sprida sig mellan olika offer. Exempel på vektorer är myggor och fästingar.

### 2.1 Människans tidiga utveckling och utbredning

Människans historia inleddes för ungefär 7 miljoner år sedan i Afrika och fossilfynd talar för att de första människorna intog en relativt stående ställning för cirka 4 miljoner år sedan. Stenredskapen började bli vanliga för ungefär 2,5 miljoner år sedan och *Homo erectus* som levde för cirka 1,7 miljoner år sedan, var ungefär som oss med den skillnaden att hjärnan var hälften så stor. Hela denna första utvecklingsperiod ägde rum inom Afrikas gränser. *Homo erectus* var den utvecklings art som först spred sig utanför Afrikas gränser för drygt 1 miljon år sedan. De äldsta beläggen för mänsklig utveckling i Europa härrör från ungefär ½ miljon år sedan. De finns dock de som hävdar att koloniseringen av Asien för cirka 1 miljon år sedan talar för en samtidig kolonisering av Europa eftersom Eurasien är och även då var en enda stor landmassa utan hindrande barriärer.<sup>1</sup>

Genom att studera olika folkgruppers arvs massa så har man funnit belägg för att de första människorna som lämnade Afrika valde att färdas söderut längs med Indiska oceanens kustlinje innan de spred sig ut över resten av världen.<sup>2</sup>

*Homo erectus* kom att utvecklas vidare och fynd från för omkring en ½ miljon år sedan påvisar förändringar såsom en bredare och rundare skalle så lika vår att de klassificeras som de första av *Homo sapiens*. *Homo erectus* hade därmed utvecklats till *Homo sapiens*. De

---

<sup>1</sup> Diamond J., 2008

<sup>2</sup> Foster P. och Matsumura S., 2005

första *Homo sapiens* skiljde sig från oss genom sin väsentligt mindre hjärnstorlek och annorlunda beteende. Under den här tiden saknade såväl Australien som Amerika mänsklig närvaro av den anledning att båt byggande och förmåga att klara av att överleva i kalla klimat som Sibirien, vilket skulle vara förutsättningar för erövring av dessa kontinenter, översteg deras förmåga.<sup>3</sup>

Allteftersom utvecklingen fortskred så började de afrikanska och eurasiska människopopulationerna skilja sig från varandra. Europas och Västasiens människopopulationer för cirka 130 000 år sedan betecknas som en egen art, *Homo neanderthalensis*, och hade något större hjärnor än oss. De är också de första människopopulationer som bevisligen tagit hand om sjuka och begravt sina döda. Vad gäller de afrikanska människopopulationerna från samma tidsålder så påvisar de ett modernare skelett än neandertalarna, men bägge populationerna tillverkade fortfarande endast förhållandevis enkla sten redskap.<sup>4</sup>

De första biologiskt och beteendemässigt moderna människopopulationerna påträffas för ungefär 50 000 år sedan. Dessa populationer hade börjat tillverka redskap av ben som i vissa fall monterades på skaft. Även smycken och vapen såsom harpuner, pilar och pilbågar har påträffats från denna tidsepok. Denna period sammanfaller med utvidgningen av människans geografiska utbredning till Australien och Nya Guinea som då utgjordes av en enda kontinent. Detta var en stor händelse i historien då det krävde båtar för att nå denna kontinent. Nu var 3 av jordens 5 kontinenter, då Eurasien räknat som en enhetlig kontinent, befolkade. Därmed så återstod endast 2 kontinenter, Nordamerika och Sydamerika, vilka befolkades först för omkring 12 000 år sedan med start i Nordamerika.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Diamond J., 2008

<sup>4</sup> Diamond J., 2008

<sup>5</sup> Diamond J., 2008

## 2.2 Geografiska skillnader

I nästintill 7 miljoner år från det att människans utveckling började skilja sig från apornas så levde alla människor uteslutande som jakt- och samlarfolk.<sup>6</sup> Under den tid som människan fortfarande levde som jakt- och samlarfolk så hade epidemiska sjukdomar ännu inga förutsättningar eftersom vi var för få och levde alltför utspridda.<sup>7</sup>

Första domesticeringen av vilda djur och växter skedde i Eurasien för cirka 11 000 år sedan. Detta innebar att befolkningen ökade avsevärt eftersom man genom att välja ut växter och djur att odla respektive föda upp så kunde man föda ungefär 10 - 100 gånger fler individer. Domesticeringen gav därmed ett direkt upphov till en stark befolkningstillväxt. En annan bidragande faktor till befolkningsökningen var att människorna kunde bli bofasta och därmed fick möjligheter att lagra mat. Den fasta bopplatsen tillät kort tid mellan barnafödslarna till skillnad från kvinnorna bland jakt- och samlarfolket som inte kunde skaffa ett nytt barn förrän den tidigare kunde gå själv och dessutom vara tillräckligt stark för att kunna hålla jämn takt med de övriga stammedlemmarna. Utvecklingen ledde till att jakt- och samlarfolk så småningom levde kvar endast där geografiska hinder försvårade invandringen av matproducenter och spridning av hjälpmedel. De enstaka folk som fortfarande var jakt- och samlarfolk på 1900 - talet var så eftersom de undgått ödet att bli undanträngda av matproducenter därför att de levde i ökenlandskap eller i arktiska områden där marken inte var lämpad för jordbruk.<sup>8</sup>

Genom domesticering av större djur så fick man möjligheten att snabbt förflytta sig längre sträckor med tungt gods, vilket var en förutsättning för bildandet av permanenta, centraliserade, socialt skiktade, tekniskt innovativa och ekonomiskt avancerade samhällen. Tillgången till domesticerbara djur är den yttersta förklaringen till att imperier, stål vapen och läs- och skriftspråkens utveckling uppstod först i Eurasien och först långt senare eller inte alls på andra kontinenter. Även kontinenternas orientering har varit betydelsefull för utvecklingen, och är en av förklaringarna till varför folken i Amerika, Afrika och Eurasien utvecklas så olika. Eurasien har haft fördel genom sin öst - västliga sträckning till skillnad mot Amerikas och Afrikas nord - sydliga sträckning. När det gäller spridning av växt och djurarter samt för

---

<sup>6</sup> Diamond J., 2008

<sup>7</sup> Olsen B., 2008

<sup>8</sup> Diamond J., 2008



hur snabbt olika uppfinningar såsom exempelvis hjulet har spridit sig, så har Eurasiens öst - västliga sträckning varit mer gynnsam.<sup>9</sup>

Växt- och djurdomesticeringen innebar sammanfattningsvis att tillgången på mat ökade vilket i sin tur bidrog till folktätare samhällen. Inom dessa samhällen utvecklades smittsamma mikrober såsom smittkoppor, mässling och influensa genom mutationer från liknande mikrober som tidigare bara drabbat de grupp levande djuren. Människorna som levde i dessa samhällen utvecklade med tiden delvis resistens mot dessa nya sjukdomar. När dessa delvis resistenta folk sedan kom i kontakt med andra folk som inte tidigare hade varit utsatta för dessa mikrober så utbröt epidemier med många dödsoffer som följd. Epidemierna kunde döda upp till 99 % av en population. Dessa mikrober hade en avgörande betydelse när européerna senare koloniserade Amerika, Västindiska öarna, Australien och södra Afrika.<sup>10</sup>

Den mest omfattande förändringen vad gäller befolkningspåverkan i modern tid var när européerna koloniserade och erövrade Amerika med stark reduktion av indianerna som följd. Konfrontationen mellan den gamla världen och den nya världens avancerade samhällen 1492 då Christofer Columbus upptäckte Västindiska öarna som var bebodda av indianer. Detta var början till en stark reduktion och i vissa fall utplåning av indianer och andra icke eurasier. Anledningen var att de inte klarade av de eurasiska mikroberna som européerna förde med sig. De europeiska erövrarna har däremot klarat sig betydligt bättre tack vare ett påvisat samband mellan mikrober och mat produktionens framväxt enligt de senaste molekylärbiologiska rönen.<sup>11</sup>

---

<sup>9</sup> Diamond J., 2008

<sup>10</sup> Diamond J., 2008

<sup>11</sup> Diamond J., 2008

## 2.3 Tamdjur, grödor och mikrober

Jordbrukarnas makt gentemot jakt- och samlarfolket bidrog till koloniseringen. Jordbrukarna hade inte bara farligare vapen, säkrare rustningar, överlägsen teknik och därmed mer rustade för erövringskrig. De andades även ut skadligare mikrober. Mikrobernas utveckling härstammade från tamdjuren, och européernas motståndskraft mot dessa mikrober utvecklades allt eftersom. Smittkoppor, influensa, tuberkulos, pest, mässling, kolera, aids och malaria är alla smittsamma sjukdomar som har utvecklats från olika djursjukdomar. Ända fram till så långt som andra världskriget så dog fler krigsoffer av mikrober än av skador som de tillfogats av fienden. Segrarna var inte alltid de skickligaste soldaterna utan de som bar med sig de farligaste mikroberna.<sup>12</sup>

Genom att göra oss sjuka på olika sätt så främjas mikrobernas smittvägar. Många sjukdomssymtom beror på mikrobernas listiga sätt att förändra våra kroppar eller beteende så att vi hjälper dem att spridas. Det smidigaste sättet för mikroben att sprida sig från en individ till en annan är att passivt invänta tillfället att överföras till ett nytt offer. Salmonella bakterien, trikinen, rundmasken, dvärgbandmasken är exempel på parasiter som vi får i oss via vårt intag av infekterad föda. Sedan finns det mikrober som inte väntar tills värden dör eller blir uppäten utan istället liftar med saliven hos en insekt från den gamla värden till en ny värd. Myggor, loppor, löss och tsetseflugor erbjuder sådan skjuts av malaria, pest, tyfus och sömnsjuka. Andra mikrober anpassar istället värdens anatomi eller beteende på ett sådant sätt att spridningen från en värd till en ny påskyndas. Detta sker exempelvis av veneriska sjukdomar genom öppna sår på könsorganen, ett lämpligt sätt för mikroben att genom värden sprida mikrober till en ny värd via någon kroppsöppning. Smittkoppor är ett annat exempel där såren smittar genom direkt eller indirekt kroppskontakt. Influensa sprider sig snabbt genom att ge värden hosta och nysningar varpå hela moln av mikrober sprids till nya värdar. Kolera bakterien sprider sig via vattenreservoarer till nya offer. När det gäller att påverka värdens beteende så är rabiesviruset överlägset alla andra. Rabiesviruset inte bara invaderar den smittades saliv utan driver även den smittade att hugga vilt omkring sig för att därigenom smitta nya offer. Hakmaskar och sugmaskar väntar i vatten eller jord som infekterats av tidigare offers avföring för att sprida sig till nya offer genom att borra sig igenom offrets hud.

---

<sup>12</sup> Diamond J., 2008

För oss är hosta, sår och diarré sjukdomssymtom men för mikroberna är det listiga evolutionära strategier att sprida sig från en värd till en annan.<sup>13</sup>

Ett av människans försvar mot mikrober är att utveckla feber. Feber är något som vi ser som ett sjukdomssymtom, men kan vara ett sätt för kroppen att döda mikrober. Flera mikrober är nämligen känsliga för värme. En annan försvarsreaktion är att immunförsvaret producerar vita blodkroppar som aktivt söker upp och dödar främmande mikrober. Därigenom bygger vi i vissa fall upp specifika antikroppar som gör att vi blir mer motståndskraftiga mot att bli smittade på nytt. Det finns sjukdomar som vi kan utveckla en tidsbegränsad immunitet emot såsom exempelvis influensa och förkylning. Det finns även sjukdomar som vi får livslång immunitet emot såsom exempelvis mässling, röda hund och smittkoppor. Tyvärr så finns det listigare mikrober som har lärt sig att förändra sina antigener. Det sker exempelvis en konstant evolution av nya influensastammar med ständigt nya antigener vilket förklarar att immuniteten är tidsbegränsad och man slutligen faller offer för en ny influensa igen. Malaria och sömnsjuka är ännu mer lömska än influensavirus att snabbt förändra sina antigener och lömskast av alla är aids som utvecklar nya antigener inom ett och samma offer för att slutligen besegra individens immunsystem.<sup>14</sup>

Människans långsammaste försvar mot mikrober är den som sker genom det naturliga urvalet som innebär att våra genfrekvenser förändras från en generation till nästa. Detta medför att vissa människor är genetiskt mer motståndskraftiga mot vissa sjukdomar. Vid en epidemi så är det de som har gener för resistens mot den specifika mikroben som har störst sannolikhet att överleva. Exempel på sådana genetiska försvar är sickle - cell - genen, Tay - sachs - genen och cystis fibros genen som kan ge svarta afrikaner, ashkenasiska judar och nordeuropéer skydd mot malaria, tuberkulos respektive bakteriell diarré. Mikroberna har utvecklats för att livnära sig på näringsämnen som finns i människans kropp, eftersom de saknar förmåga att själva förflytta sig mellan individer genom exempelvis vingar så har de varit tvungna att utveckla knep för att kunna sprida sig till nya värdar. Dessa knep är vad vi upplever som sjukdomssymtom. Människan har i sin tur utvecklat knep för att klara sig. Vi lever således i en eskalerande evolutionstävling där det naturliga urvalet spelar en viktig roll. När vi började domesticera grupp levande djur så hade dessa redan epidemiska sjukdomar som bara väntade på tillfället att kunna överföras till människan. Man kan numera spåra infektionssjukdomar tillbaka till ursprungskällan det vill säga till våra husdjur. Det är dock bara en del av djurens mikrober som lyckas etablera sig som människosjukdom. Såsom

---

<sup>13</sup> Diamond J., 2008

<sup>14</sup> Diamond J., 2008

mässling, tuberkulos och smittkoppor härstammar från besläktad patogen hos nötkreatur så härstammar *Falciparum malaria* från fåglar, höns och ankor. Jordbrukets uppkomst blev ett uppsving för mikroberna och städernas framväxt ökade uppsvinget än mer. Även om de europeiska mikroberna står för decimering och utplåning av många folkgrupper såsom exempelvis indianerna så var mikroberna inte uteslutande till européernas favör. Varken Amerika eller Australien hade några inhemska infektionssjukdomar som lurade på européernas ankomst, men det hade tropiska Asien, Afrika, Indonesien och Nya Guinea. En av de mer fruktade av dessa var och är än idag malaria. Malaria kom sedan att överföras till Amerika med europeiska fartyg vilket kom att bidra till ett hinder för kolonisering av Amerikas tropiska delar.<sup>15</sup>

## 2.4 Täthet och klimatförändringar

När smittsamma mikrober från naturen möter husdjur som lever tätt tillsammans uppstår perfekta förutsättningar för genetisk förändring hos mikrober och deras möjligheter till smittspridning. Infektionssjukdomar är av sin natur mycket dynamiska och därför oförutsägbara. En infektionssjukdom idag kan imorgon ha ersatts av en helt ny och för människan därför helt okänd infektionssjukdom. Epidemier kommer med stor sannolikhet att höra till människans värsta problem i framtiden. Människan har efter den agrara revolutionen genomgått en explosionsartad tillväxt och är numera jordens näst vanligaste däggdjur, endast slagen av brunråttan. Människan har även genom uppfödning lyckats få en liten djungel höna från Sydostasien att bli jordens vanligaste fågel. Med andra ord så har människan skapat ett domesticerat ekosystem bestående av ett stort antal individer som visserligen är kostnadseffektiva, men känsliga för smittsamma sjukdomar. Detta domesticerade ekosystem är inte slutet utan kommunicerar med naturliga ekosystem genom utbyte av bakterier, virus och parasiter.<sup>16</sup>

Befolkningen ökar i explosionsartad takt och idag är det Sydostasien, Nordamerika, kusterna längs östra Sydamerika, Indien och Europa som är tätast befolkade. I Afrika söder om Sahara lever det gott om människor i de kustnära regionerna liksom längs de stora floderna och man beräknar att de 900 miljoner människor som lever i Afrika idag kommer att vara över 2 miljarder år 2050. Det finns även stora regioner som är obebodda men av dessa

---

<sup>15</sup> Diamond J., 2008

<sup>16</sup> Olsen B., 2008

utgör de flesta områden som inte kommer att kunna befolkas av den växande befolkningen såsom ökenlandskap, taigan och arktiska tundror. Därför är sannolikheten att vi kommer att bo inom de områden vi bor idag fast mycket tätare. Befolkningsökningen är motorn till klimatförändringar och utvecklingen av nya infektionssjukdomar. Man kan inte enbart utifrån ett klimatperspektiv göra sig en bild av ett framtida infektionsscenario utan man måste väga in andra faktorer såsom befolkningsökning, ekonomisk fördelning, kulturella aspekter och bosättning. Att förstå och förutse framtiden blir alltmer komplicerad eftersom nya faktorer tillkommer och vi inte säkert vet vad som kommer att vara viktigt imorgon. Sjukdomsöverföring kan ske genom vatten, luft, födointag, sexuella vanor och genom vektorer. Av dagens mikrober är många så förändrade från sitt ursprung och anpassade till människan, modifierade och skapade genom vårt sätt att leva, att de kan sägas utgöra en egen grupp av antropogena patogener. Till denna grupp har även tillkommit antibiotika resistent bakterier, BSE och legionella bakterien.<sup>17</sup>

När det gäller klimatförändringar så är vektorburna infektioner av särskilt intresse. Omvärldsfaktorerna är viktiga för parasitens och även vektorernas överlevnad och utbredning. Eftersom vektorer endast hinner med ett visst antal bett per års cykel så kan ett varmare klimat medföra en ökning. Det finns infektionssjukdomar som kan få en mycket snabb spridning och utökad utbredning bland annat i Europa genom klimatförändringarna. Hit hör malaria som liksom ett flertal andra infektionssjukdomar sprids genom en ganska enkel enzootisk cykel, människa till mygga, mygga till människa. Ett varmt fuktigt klimat där det finns vattenreservoarer är en grogrund för spridning. Ett annat hot är antibiotika resistens eftersom de flesta antibiotika som vi använder oss av idag är syntetiska eller semisyntetiska och därmed saknar naturen nedbrytande system för att ta hand om dessa. Antibiotika ackumuleras därför i naturen och späder på risken för resistensutveckling och till sist når den resistent bakterien eller parasiten oss. Sambanden mellan människan, miljöhoten och infektionssjukdomarna är stora och mångfacetterade.<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> Olsen B., 2008

<sup>18</sup> Olsen B., 2008

## 2.5 Pandemiens förutsägbarhet

Man har förutsett att svininfluensan som nyligen var huvudrubrik på alla löpsedlar kommer att lämna norra halvklotet och förflytta sig till svalare sydligare klimat och där infektera miljontals människor. Där kommer influensa viruset att växa sig starkare för att därefter på nytt återvända till norra halvklotet när temperaturen sjunker och orsaka en ny influensa våg med värre symtombild än den första. Det finns starka bevis som bekräftar de vanliga återkommande influensernas säsongsbundenhet, samt att influensavirus ofta startar i Sydostasien och därefter förflyttar sig från norr till söder. Men influensan återvänder sällan tillbaka norrut. När det gäller svininfluensan så har den trots att vintersäsongen avslutats inte visat tecken på att flytta söderut vilket talar för att man inte kan förutsäga hur ett influensavirus kommer att utvecklas eller spridas.<sup>19</sup>

Det är mer sannolikt att nya influensastammar uppkommer i länder kring ekvatorn där influensa inte är säsongbetonad utan förekommer hela året. Forskare över hela världen är intresserade av vart svininfluensan kommer att dyka upp närmast och om den kommer att blanda sig med andra influensavirus och därefter mutera och skapa en aggressivare variant eller utveckla resistens mot antivirala läkemedel. De flesta forskare hävdar att en eventuell förändring är mer trolig att uppstå inom de norra eller södra tempererade zonerna där influensan är säsongbetonad istället för kring ekvatorn. Även om man är mer förberedd för pandemier idag än tidigare så är forskare frustrerade över sin oförmåga att förutspå influensavirus beteende. Europa har hitintills lyckats hålla smittspridningen i schack eftersom man varit noga med att spåra upp alla misstänkta fall av svininfluensan och behandlat de som insjuknat samt deras närmaste med antivirala läkemedel. Detta är något som många låg inkomst länder inte kommer att klara. Så faran för att en influensa epidemi utbryter är större om ett tätbefolkat land med begränsade resurser drabbas.<sup>20</sup>

Det finns även mycket bra forskningsdata när det gäller de fyra största pandemierna som förekommit sedan 1890-talet. Dessa forskningsdata visar att ingen av dessa pandemier följde samma säsongsmönster. Så den förutsedda nord - syd - nord spridningen är allt annat än säker. Om svininfluensan skulle utvecklas till att efterlikna mardrömsscenarioet med spanska sjukan, 1918, så skulle det kunna medföra att den andra vågen blir mer destruktiv än den första. När det gäller spanska sjukan så tror man att viruset gick igenom en genetisk förändring genom att människans immunförsvar gav upphov till att viruset muterade. Chansen att svininfluensan

---

<sup>19</sup> Cohen J., 2009

<sup>20</sup> Butler D., 2009

kommer att fortsätta cirkulera är 50 - 50. Men enligt virologen P. Palese så saknar svininfluensan ett speciellt protein PB1-F2 som andra pandemier haft, och därför är sannolikheten liten och svininfluensan kan likaväl därför komma att upphöra helt. Ett orosmoment som finns är dock att svininfluensan kan plocka upp gener från andra influensavirus och utvecklas till att bli mer aggressiv.<sup>21</sup>

Den stora hungersnöden som rådde under 1300-talet hade sin upprinnelse i ekonomisk och finansiell instabilitet. Europas ekonomi kännetecknades av befolkningstillväxt, försämrad produktivitet och ett stigande underskott inom den offentliga sektorn samt en stigande ojämlikhet hos befolkningen. På den tiden låg centrat för den internationella finansiella sektorn i Italien. Italienska banker hamnade i kris på grund av för stor utlåning vilket ledde till att en bankkris utbröt. Klimatförändringar spädde på eländet ytterligare, fast på den tiden var problemet inte global uppvärmning utan det motsatta att världen blev allt kallare. Häftiga regnskuror förstörde skörden tre på varandra efterföljande år med start 1315, vilket ledde till det som idag benämns för den stora hungersnöden. 1347 så nådde digerdöden Europa och spred sig snabbt. Man uppskattar att Europas befolkning under denna period minskade med 25 - 40 %. Detta kan sägas utgöra Europas mörkaste tid någonsin i historien eftersom det var en fruktansvärd tid med svält, härjande pest, uppror, krig, förföljelse och politiskt kaos.<sup>22</sup>

Alla dessa ingredienser finns med idag, en global finansiell kris, regeringar med stora underskott, hög nivå av ojämlikhet, krig, klimatförändringar och en väntad pandemi. Med skillnaden att vi idag kan anses stå bättre rustade till följd av medicinska framsteg, även om den ökade globaliseringen kan förstärka problemen genom möjligheten till snabbare smittspridning över gränserna. Den verkliga lärdomen som vi kan dra av historien är att problem förstoras när de kommer samtidigt eller i en någorlunda snabb följd. Det borde inte komma som en överraskning att svininfluensans utbrott har ett samband med storskalig djurhållning med syfte att producera billig mat kostnadseffektivt till konsumenterna. Det är i dagsläget alltför osäkert att uttala sig om hur svininfluensan kommer att utvecklas och det är inte osannolikt att den endast utgör ett nytt falsk larm liksom tidigare förutsedda pandemier men det vore oklokt att inte ta varningarna på allvar. Vad som visar sig vara bra för stora företag är inte nödvändigtvis bra för mänskligheten.<sup>23</sup>

---

<sup>21</sup> Cohen J., 2009

<sup>22</sup> Elliott L., 2009

<sup>23</sup> Elliott L., 2009

I detta kapitel har jag redogjort för historiska förutsättningar för sjukdomsspridning via vektorer. I nästa kapitel kommer jag att redogöra för den vektorburna sjukdomen malaria som i hög grad är en klimatrelaterad sjukdom.



### 3. MALARIA

I detta kapitel kommer jag att redogöra för den vektorburna sjukdomen malaria. Kapitlet innehåller fakta som är viktiga för min senare analys och nödvändiga för att jag skall kunna få en bild av vilka faktorer som kan tänkas påverka en eventuellt förändrad spridning.

Namnet Malaria kommer från det Italienska orden mala aria som betyder dålig luft. Namnet kommer sig av att man trodde att sjukdomen kom från de illaluktande sumpmarkerna. Uppskattningsvis så lever idag hälften av jordens befolkning i områden där risk för att insjukna i malaria finns. Risken är störst för de som lever i låginkomstländer, men även turister från malaria fria områden som reser till malaria täta områden är extra mottagliga för smitta.<sup>24</sup>

Malaria är en i dagsläget mycket utbredd sjukdom inom de subtropiska och tropiska områdena i världen. Trots sin långa historia så utgör malaria fortfarande en av världens största hälsofaror. Varje år insjuknar miljontals människor, och enbart i Afrika så dör över 1 miljon barn av malaria varje år. Sjukdomen är vektorburen och överförs till människan genom en vektor. En vektor är ett värdjur som parasiten drar nytta av för att få hjälp att smitta ett nytt offer.<sup>25</sup>

Malaria parasiter orsakar varje år omkring 2 miljoner liv i regionerna söder om Sahara. Genom möjligheten att identifiera parasiter via DNA så har man funnit att det finns fler olika sorters parasiter än vad man tidigare trodde och kunde upptäcka med hjälp av mikroskop. Parasitlinjer har upptäckts i sådan takt att det inte är omöjligt att antalet kommer att passera 10 000 vid fortsatt upptäckt av nya parasiter jämfört med de 100 olika som är vad man tidigare funnit genom användning av mikroskop. DNA baserade data från olika parasiter gör det möjligt att finna svar på frågor som rör såväl släktskap som evolution.<sup>26</sup>

Malaria, som sprids via myggor har dragit nytta av vissa av mänsklighetens ingrepp i naturen, framförallt konstbevattningen. Malaria har tidigare funnits och spridits i Sverige, men försvann på 1930-talet. Orsaker som bidrog till att malaria spridningen i Sverige försvann var minskade kläckningsmöjligheter på grund av utdikning av våtmarker och torrläggning av myrar. Förbättrade bostäder och förbättrad djurhållning på landsbygden samt bättre tillgänglighet till läkemedel var säkerligen ytterligare bidragande orsaker. I dagsläget så rapporteras cirka 100 fall av malaria per år i Sverige. Samtliga dessa är smittade utomlands

---

<sup>24</sup> Who, 2009

<sup>25</sup> Smittskyddsinstitutet, 2009

<sup>26</sup> Hellgren O., 2006

och då främst i Afrika där cirka 80 % av fallen smittats av den mest aggressiva sorten *Plasmodium falciparum*. Av de resterande 20 % som har smittats i Asien eller Syd- och Mellanamerika utgör cirka 80 % av fallen smitta av *Plasmodium vivax* som är en mildare form av malaria.<sup>27</sup>

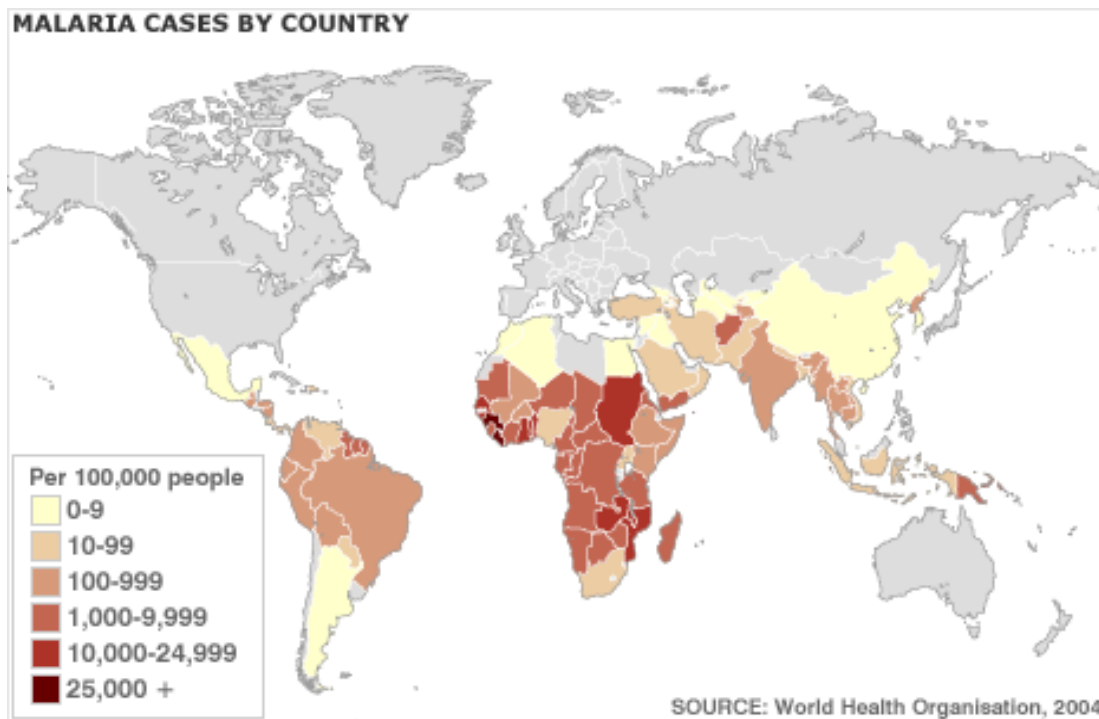


Bild 1 visar riskzoner för malaria idag utifrån antalet rapporterade fall 2004. Källa: BBC News, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/7366301.stm>, 2009-05-14

### 3.1 Malariaparasiten

Malaria orsakas av ett encelligt urdjur som tillhör släktet *Plasmodium*. Det finns fyra olika arter av malariaparasiter som kan spridas till människan. De fyra olika typerna av malariaparasiter som kan överföras från mygga till människa är *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium ovale* och *Plasmodium vivax*. De vanligaste arterna är *Plasmodium falciparum* och *Plasmodium vivax*, där *Plasmodium falciparum* är den mest

<sup>27</sup> Smittskyddsinstitutet, 2009

aggressiva som orsakar flest dödsfall. *Plasmodium falciparum* förekommer främst i tropikerna och är orsaken till de flesta dödsfallen i malaria. Det är även *Plasmodium falciparum* som utvecklat resistens mot ett flertal malaria läkemedel och därför utgör det största problemet när det gäller malaria. *Plasmodium vivax* orsakar en mildare form av malaria, men har å andra sidan större förutsättningar för att överföras även i ett tempererat klimat under goda förutsättningar eftersom den tål lägre omgivningstemperatur och även utvecklas snabbare inuti myggvektorn än övriga arter. Förekomsten av malaria varierar stort inom tropikerna och därför skiljer sig smittrisen kraftigt mellan olika områden.<sup>28</sup> 1987 så hade malariafallen ökat med hela 337 % i Rwanda. Man kunde relatera denna ökning till rekordhöga temperaturer i kombination med riklig nederbörd.<sup>29</sup>

Det finns ytterligare arter av malariaparasiter men dessa kan endast infektera djur. Den dödligaste av dem som kan drabba oss människor är *Plasmodium falciparum*, dels för att den är en aggressivare art men även för att den har utvecklat resistens mot ett flertal läkemedel som används för att bekämpa malaria.<sup>30</sup>

Malariaparasitens livscykel är sexuell hos myggan och asexuell hos människan. När malariamyggan suger blod från en smittad människa, så fylls myggans magsäck med blodkroppar varav en del innehåller gametocyter som inuti myggan omvandlas till könsceller. Inuti myggan så förenar sig en hancell med en honcell och bildar en ookinet, en rörlig cell, som slår sig ner i myggans spottkörtel. I myggans spottkörtel så utvecklas den till en oocyst som bildar sporozoiter.<sup>31</sup>

En mygg hona suger blod med intervaller om cirka 10-14 dagar, vilket är tillräcklig tid för att parasiten ska hinna utvecklas och på nytt vara redo att smitta en ny människa nästa gång mygg honan behöver inta en måltid. Nästa gång mygg honan suger blod så förs sporozoiterna in i kroppen via mygg honans saliv. Sporozoiterna förflyttar sig snabbt till levern där de utvecklas till schizonter varefter de delas upp i merozoiter som sprider sig ut i blodomloppet där de angriper de röda blodkropparna. Inuti blodkroppen så utvecklas merozoiten till en schizont vari det bildas nya merozoiter. Blodkroppen sprängs så småningom sönder varefter de frigivna merozoiterna letar upp nya blodkroppar att angripa och sjukdomsförloppet är därmed i full gång. Utvecklingscykeln är lika lång för alla, vilket innebär att ett stort antal röda blodkroppar sprängs samtidigt vilket ger upphov till de regelbundna febertopparna. Vissa

---

<sup>28</sup> Sherman I. W., 1998

<sup>29</sup> Loevinsohn PhD M. E., 1994

<sup>30</sup> Worldwatch institute, 2003

<sup>31</sup> Marquardt W. C., et Al., 2005

av merozoiterna bildar istället gametocyter som suggs upp nästa gång en mygga suger blod vilket på nytt startar igång den könlige processen.<sup>32</sup>

När det gäller skillnaden mellan human-malaria och fågel malaria så sprids fågel malaria inte bara i tropikerna utan även på nordiska breddgrader. Flyttfåglar kan agera som broar mellan olika områden och därigenom sprids parasiten även till stannfågelpopulationer, dock är denna förändring av spridningsområde sällsynt och troligtvis inträffar det så gott som endast genom evolution, det vill säga under ett längre tidsperspektiv än under en flyttfågels livstid. Man har dock funnit att de parasiter som tillhör arten *Plasmodium*, samma art som i vissa grenar även sprider malaria till människor, ha ändrat spridningsområden oftare än andra malaria arter som *Haemoproteus* och *Leucocytozoon* vilket antas bero på att parasiter av arten *Plasmodium* verkar ha lättare för att infektera fler fågelarter än andra malaria arter.<sup>33</sup>

## 3.2 Malariamyggan

Malaria parasiten som utvecklas i 4 olika stadier behöver ett värdjur för att kunna överföras till människan, en så kallad vektor. Vektorn i detta fall är Malariamyggan som tillhör släktet *Anopheles* som är en art som man också finner i Sverige. Det finns 380 olika arter av myggor varav 60 av dessa tillhör släktet *Anopheles*. *Anopheles* är det enda myggsläktet som kan överföra malaria parasiten.<sup>34</sup>

Det är endast mygghonorna som suger blod. Hanarna lever främst på nektar. Stickmyggor har en sugsnabel som består av flera delar. I spetsen på sugsnabeln finns tandade stickborst som myggan använder för att såga upp ett sår i huden på offret där den kan skjuta in sin sugsnabel. När sugsnabeln som innehåller saliv- och sugkanaler sänks ner i huden så sprutas saliv från myggan in i såret för att förhindra att blodet koagulerar. Saliven har även funktionen att stimulera blodtillströmningen.<sup>35</sup>

Stickmyggans larver lever i stillastående vatten och livnär sig på små planktonorganismer. Ju mer solens strålar värmer upp vattnet ju snabbare utvecklas larven. Larverna efterlämnar doftämnen som gör att mygg honorna kan identifiera tidigare ägglägningsplatser och därigenom kan äggen kläckas så snart ägglägningsplatsen åter fylls

---

<sup>32</sup> Bra Böcker, 1994

<sup>33</sup> Hellgren O., 2006

<sup>34</sup> Worldwatch institute, 2003

<sup>35</sup> Marquardt W. C., et Al., 2005

med vatten även om vatten inte fanns där just vid äggläggningstillfället. Mygglarven har god syn och kan genom slag med bakkroppen snabbt fly undan faror. Stickmyggorna omfattar två underfamiljer, *Anophelinae* och *Culicinae*. Den förstnämnda omfattar släktet *Anopheles*, Malariamyggor. Ett 50-tal av *Anopheles* arterna kan sprida den encelliga parasiten som orsakar Malaria. *Anopheles* honorna övervintrar. I Sverige finner de ofta vinter skydd i källare och ladugårdar. Man kan skilja *Anopheles* honor från honor av andra släkten genom att de sitter med kroppen snett framåtlutad och inte som andra arter med kroppen horisontell eller bakåtlutad.<sup>36</sup>

När den infekterade myggan suger blod så överförs parasiten till den stucknes blodomlopp. Väl inne i blodomloppet så förflyttar sig parasiten direkt till levern där den förökar sig könlöst och efter cirka 1 vecka så invaderar flera miljoner parasiter kroppens röda blodkroppar där de livnär sig på hemoglobinet, kroppens syretransportör. Det är först nu som den infekterade får kännning av infektionen genom hög feber och frossbrytningar.<sup>37</sup> Hur pass stor skada som malariaparasiten orsakar beror dels av parasitens art men även på den infekterades immunitet samt genetiska mottaglighet.<sup>38</sup>

---

<sup>36</sup> Marquardt W. C., et Al., 2005

<sup>37</sup> Worldwatch institute, 2003

<sup>38</sup> Worldwatch institute, 2003

### 3.3 Sickle-cell-genen

Sickle-cell-genen som har orsakats av en genmutation beskrevs första gången för cirka 50 år sedan. Sedan dess har denna sjukdom studerats intensivt och bidragit till en ökad kunskap om hur våra gener fungerar. Namnet sickle-cell kommer sig av att den drabbades röda blodkroppar har en avlång skärform istället för den normala runda formen. Dessa deformerade blodkroppar är mer sårbara än normala blodkroppar och kan orsaka stopp i tunna kapillärer vilket leder till syrebrist i kroppens vävnader med smärta och blodbrist som följd. Den amerikanske kemisten Linus Pauling påvisade 1949 att sjukdomen var sammankopplad med en förändring av hemoglobinet. Hemoglobinet är den molekyl som via de röda blodkropparna transporterar syret i blodet.<sup>39</sup>

Sickle-cell-genen medför att det normala hemoglobin A, Hb A, ersätts av hemoglobin S, Hb S. Andra blod förutsättningar som kan påverka sjukdomen ärvs ibland tillsammans med Hb S såsom exempelvis Hb C som är en annan onormal form av hemoglobin och främst återfinns hos individer från Väst Afrika eller beta thalassemia som är vanligast bland individer som härstammar från Medelhavet. De individer som föds med en Hb A och en Hb S gen utvecklar inte sickle-cell-anemi och lever ofta ett relativt normalt liv eftersom Hb A finns i tillräcklig omfattning för att lindra effekterna av Hb S. Men de som istället föds med en Hb S och antingen Hb C eller beta thalassemia utvecklar sickle-cell-anemi i olika svårighetsgrad vilket är beroende av andra faktorer såsom aminosyror och protein sammansättningar och anpassningar av miljön i och kring kroppens celler. Eftersom sickle-cell-genen medför att så många röda blodkroppar förstörs så lider den drabbade av kronisk blodbrist. Svårighetsgraden kan dock variera stort från en individ till en annan utifrån tidigare omnämnda faktorer. De individer som har sickle-cell-genen drabbas lättare av olika infektioner. De växer och utvecklas heller inte lika väl som friska individer och de lever därför för det mesta ett kortare liv än en individ utan sickle-cell-genen. Även om man återfinner genen hos många olika befolkningsgrupper så är den mest utbredd bland individer med afrikansk härstamning. Sickle-cell-genen ärvs genom ett klassiskt mönster och man kan därför beräkna hur stor sannolikheten är, för att ett par där någon eller båda av parterna är bärare av genen, att deras barn skall ärva den.<sup>40</sup>

I Central Afrika så är barna dödligheten på grund av sickle-cell-anemi så hög att man ett tag trodde att sjukdomen inte förekom överhuvudtaget inom befolkningen, eftersom man inte

---

<sup>39</sup> Morange M., 2001

<sup>40</sup> Bloom M., 1995

fann sjukdomen hos den vuxna andelen av befolkningen. I jämförelse med Indien där många barn med sickle-cell-anemi överlevde och även levde ganska normala liv upp i vuxen ålder. Den här stora variationen i sjukdomsbild beror på att symptomen påverkas av hemoglobinet liksom uppsättning av proteiner och dess aminosyror som delvis kan kompensera för syretillförseln trots den röda blodkroppens form. Sjukdomens svårighetsgrad är till viss del även beroende av huruvida proteiner har förändrat miljön inom och utanför cellen för att bättre kunna interagera med de deformerade blodkropparna. Även om sickle-cell-anemi är en genetisk och ärftlig sjukdomsförändring av de röda blodkropparna beroende av en enkel mutation, så utvecklar den sig olika beroende av flera andra faktorer. Sickle-cell-anemi är därför en multigenetisk sjukdom. Sjukdomens svårighetsgrad varierar på grund av detta även mellan enskilda individer med samma genmutation. Hos den manliga befolkningen kan sjukdomen leda till sterilitet och ibland är detta den enda komplikationen av sjukdomen. Men genförändringen i sig är inte bara av ondo utan det har visat sig att de som bär sickle-cell-genen har en ökad motståndskraft mot malaria vilket inom vissa regioner i världen bidrar till att rädda många liv.<sup>41</sup>

Sickle-cell-genen förekommer främst hos individer med afrikanskt ursprung, men man finner den även hos ett relativt stort antal individer i Indien, Turkiet, Grekland, Syd Italien och Sicilien. Det finns många olika möjligheter till gensammansättningar och därför också många olika grader av sjukdomsbilder. Även om en individ har sickle-cell-genen så behöver denne inte nödvändigtvis lida av blodbrist utan symptomen kan vara så milda att individen lever ett förhållandevis normalt liv. Därmed så utesluter frånvaron av blodbrist och andra sjukdomssymtom inte förekomsten av sickle-cell-genen.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> Morange M., 2001

<sup>42</sup> Wood M. och Philips G., 2003

### 3.4 Läkemedels resistens

Sverige är ett av de få länder där man gett ett kraftfullt politiskt stöd för arbetet mot antibiotikaresistens. Regeringen har utsett en strategigrupp benämnd Strama. Strama ska på uppdrag av regeringen arbeta för minskad antibiotikaresistens genom sektorsövergripande samordning för ansvarsfull användning av antibiotika. Samarbetet gäller bakteriella infektioner hos såväl människor som djur, för att motverka riskerna för en ökad antibiotikaresistens inom vården och i samhället. Professor Otto Cars vid Uppsala Universitet har av regeringen utsetts till Stramas ordförande. Enligt Otto Cars så har trots ett lyckosamt arbete under många år där man faktiskt lyckats minska den onödiga användningen av antibiotika i Sverige, ändå sett en ökad resistens hos vissa bakterier.<sup>43</sup>

Professor Otto Cars som är expert på antibiotikaresistens hävdar att motståndskraftiga bakterier utgör ett av de värsta hoten mot den globala folkhälsan, och för kommande generationer så är detta ett lika allvarligt hot som klimatförändringarna i sig. Redan idag så dödas lika många européer av överksam antibiotika som genom trafiken, men tyvärr är det inte många som förstår vidden av problemet. Vi saknar idag tillräckligt effektiva läkemedel mot vissa sjukdomar och många dör i onödan, vilket gör att det är bråttom att ersätta gamla försvagade mediciner eftersom det fantastiska vapnet vi haft mot svåra sjukdomar är på väg att glida oss ur händerna. Tyvärr är det allt för många som fortfarande tror att antibiotika alltid kommer att finnas till hands, vilket är ett globalt självbedrägeri. I början kom förändringen mot allt fler läkemedelsresistenta sjukdomar men takten har ökat. Överanvändningen av antibiotika är grogrunden till läkemedelsresistensen, men få studier har gjorts som påvisar hotbilden. Den internationella utmaningen är stor. I exempelvis Grekland så får läkarna bonuspengar från företagen som producerar läkemedlen de skriver ut. I en del östeuropeiska länder så säljs antibiotika receptfritt. Det är därför viktigt att EU enas om ett handlingsprogram för att motverka läkemedelsresistensen och Sverige som är ett föregångsland inom området avser att lyfta frågan under sitt ordförandeskap hösten 2009.<sup>44</sup>

Varje år dör människor av infektioner som tidigare var lätta att bota, och detta sker inte bara i fattiga länder utan även i välfärdsländer såsom exempelvis Sverige. Det är inte omöjligt att antibiotika kommer att vara helt verkningslös mot infektioner inom en snar framtid. Professor Otto Cars uppmanar till ett uppvaknande eftersom felaktig användning av antibiotika leder till utveckling av fler läkemedelsresistenta infektioner. 2008 rapporterades

---

<sup>43</sup> Strama, 2009

<sup>44</sup> Hedenbro M., 2009



cirka 4900 fall av de tre resistenta infektionerna MRSA, VRE och ESBL i Sverige, vilket motsvarar en ökning av hela 49 % jämfört med 2007. Den procentuella ökningen håller i sig även i år med en ökning av antalet fall under januari - april 2009, VRE 39 % samt 23 % vardera för MRSA och ESBL enligt Smittskyddsinstitutet. När resistenta bakterier ger upphov till infektion så kan de bli mycket svåra om ens möjliga att behandla.<sup>45</sup>

### 3.5 Förebyggande åtgärder

Insjuknande i malaria kan förebyggas och man kan dela in förebyggande åtgärder i två olika grupper. Första gruppen är åtgärder som man vidtar för att reducera antalet myggor för att därigenom minimera risken för att bli stucken. Ett sätt att minska förekomsten av myggorna som sprider malaria är genom att bespruta de områden där malariamyggan förökar sig. Man kan även dränera våtmarker för att försvåra myggornas förökning. Man kan även skydda sig genom att använda kläder på kvällstid som täcker kroppen i kombination med myggmedel, samt under nattetid med hjälp av myggnät och säng nät. För att näten skall ge ett tillfredställande skydd så måste näten behandlas med kemikalier. I den andra gruppen av åtgärder så ingår regelbundet intag av mediciner i förebyggande syfte. Ett av de stora problemen är att fattigdom motverkar en väl fungerande användning av de förebyggande åtgärderna där de verkligen behövs.<sup>46</sup>

Ett stort hälsoproblem är hur man skall lyckas kontrollera malariaspridningen i fattiga länder som ju också är de som är värst drabbade av malaria. Huvudstrategin har varit att reducera antalet dödsfall genom direkt behandling med antimalaria preparat. Men resistens mot preparaten har gjort denna strategi ohållbar. Den mest effektiva metoden har ändå visat sig vara att använda sig av myggsprayer och behandlade myggnät. Men de länder som är värst drabbade är också de fattigaste och därför försvåras en effektiv användning. Detta har medfört en ökad utveckling av resistens mot de nuvarande bekämpningsmedlen. På grund av detta så utgör istället olika metoder för att minimera antalet malariamyggor den idag mest kostnadseffektiva och praktiska metoden för att minska smittspridningen.<sup>47</sup>

Man har i decennier arbetat för att få fram preparat såsom antimalariamediciner och bekämpningsmedel för att kunna skydda människan från att bli smittad av parasiten via

---

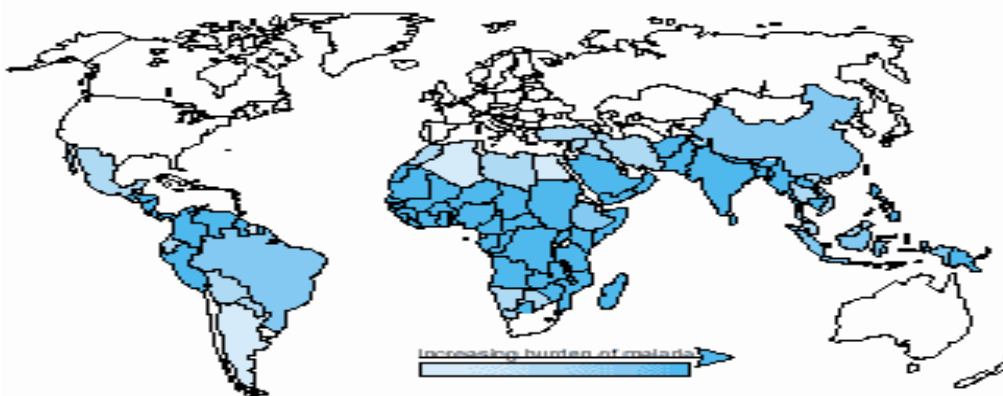
<sup>45</sup> Rörbecker S., 2009

<sup>46</sup> Marquardt W. C., et Al., 2005

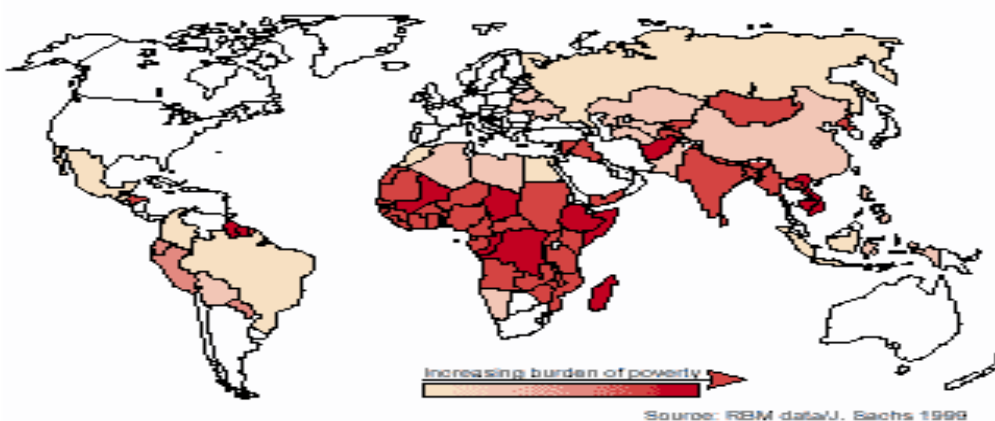
<sup>47</sup> Hemingway J. & Craig A., 2004

myggvektorn. Det nya inom forskningen är att försöka utveckla antikroppar som skall förhindra parasitens utveckling inuti myggvektorn. Parasitens utveckling inuti myggvektorn är en komplicerad process och inkluderar många steg, men är en förutsättning för att parasiten skall kunna överföras till människan. Genom att lyckas förhindra möjligheten för parasiten att utvecklas könligt inuti myggvektorn skulle man därför kunna förhindra spridningen till människan.<sup>48</sup>

**Estimate of world malaria burden**



**Estimate of world poverty**



Source: RBM data/J. Sachs 1999

Bild 2 visar på ett förhållandevis starkt samband mellan utbredningen av malaria och fattigdom men man kan också urskilja att klimatet har en stor betydelse, eftersom vissa delar har helt avsaknad av malaria trots stark och utbredd fattigdom.

Källa: WHO, [www.rbm.who.int/.../015/363/RBMInfosheet\\_10.htm](http://www.rbm.who.int/.../015/363/RBMInfosheet_10.htm), 2009-05-18

I detta kapitel har jag redogjort för malaria och olika påverkansfaktorer som är viktiga att känna till för att senare kunna göra analysen. I nästa kapitel kommer jag att redogöra för klimatförändringar och klimatets effekter på malariaparasiten och malariamyggan.

## 4. KLIMATFÖRÄNDRINGAR

I detta kapitel kommer jag att redogöra för klimatförändringar och klimatets effekter på sjukdomsspridning med fokus på malaria.

Jordens temperaturreglering är mycket känslig och det finns faktorer som förstärker växthuseffekten. Klimatförändringar som medför en höjning av jordens medeltemperatur kommer om vi inte lyckas bryta utvecklingen att i stigande grad påverka människors levnadsförhållanden och därmed också folkhälsan. WHO har därför gått ut med uppmaningar till sina medlemsländer att förbereda sig för att möta klimatförändringarnas potentiella hälsokonsekvenser. En viktig fråga är hur sårbara samhällsgrupper kommer att drabbas.<sup>49</sup> Detta är en viktig aspekt att reda ut för att kunna förbereda sig inför potentiella risker. Utan en klar bild av hur den potentiella hotbilden ser ut så kan man inte förbereda sig effektivt.

En stor del av klimatförändringarna och då främst temperaturökningen kan med stor sannolikhet tillskrivas ökningen av växthusgaser i atmosfären. Människan är till stor del ansvarig för denna ökning. Numera kan man även göra beräkningar av möjliga framtida klimatutvecklingar. Utifrån den vetenskapliga forskningen har man kommit fram till att växthusgaserna i atmosfären ökar. Den globala medeltemperaturen stiger och de varmaste åren historiskt sett sedan 1850 har inträffat under 1995 - 2008. Havsyntans nivå har stigit i accelererad takt enligt studier utförda 1961 - 2003. Att havs ytans nivå stiger globalt sett har främst två orsaker, dels att vattnet expanderar i samband med att havstemperaturen stiger, vilket antas förklara cirka hälften av den totala höjningen. Resterande hälft utgörs av den ökande glaciärvsmältningen. Arktis är utsatt för en stegrande uppvärmning och den dramatiska avsmältningen under åren 2007 - 2008 kan vara ett första exempel på en tröskeeffekt. Tröskeeffekter innebär att om kritiska tröskelvärden överskrids så kan detta medföra oväntade och plötsliga klimatförändringar. Det saknas egentlig kunskap om var de olika tröskelvärdena ligger, men exempel som ofta omtalas är att Amazonas regnskogar skulle komma att omvandlas till savanner, att tinande permafrost skulle öka tillförsel av metangas till atmosfären vilket skulle medföra en kraftig ökning av växthusgaserna i atmosfären med ökade klimatförändringar som följd. Även på Antarktis västra delar har man konstaterat en temperaturstegring. Nya studier påvisar att glaciärers stora känslighet för uppvärmningen pekar på att havsyntan kan komma att höjas mer än vad som angetts i IPCC:s Fourth Assessment Report från 2007. 1 meter inom 100 år är inte otänkbart om än osäkert. Man har

---

<sup>49</sup> Kjellström T., Knutsson I., Ågren G., 2006

även kunnat mäta en inte obetydlig förändring av nederbörd vilken stämmer överens med förväntade resultat av temperaturhöjningen. I varmare klimat kommer mängden vattenånga att öka i atmosfären, vilket kan leda till kraftigare och intensivare nederbörd. Samtidigt så kommer de områden som idag redan har lite nederbörd att sannolikt bli än mer torra. Studier visar en trend att nederbörden minskat över subtropiska områden med man kan se en ökning över mellanbreddgrader. Klimatförändringarna har även fört med sig en ökad förekomst av värmeböljor och torrperioder.<sup>50</sup>

#### 4.1 Klimatförändringar i Sverige

Sverige har ett växlingsrikt klimat med stora förändringar i väderförhållandena från dag till dag liksom från år till år. Det svenska klimatet är tempererat fuktigt. I södra kustområdena varmttempererat och även kalltempererat klimat förekommer inom stora delar av landet. De återkommande lågtrycken medför att Sverige har ett klimat med nederbörd året om. De största mängderna nederbörd faller i de västra områdena. Men Sverige kan även få långa torra perioder i samband med att högtryck styr lågtrycken utanför Sveriges norra respektive södra delar. På Södra Öland finner man semiarida klimatförhållanden där nederbörden och avdunstningen är ungefär densamma.<sup>51</sup>

I Sverige har man uppmätt allt varmare temperaturer de senaste åren. Det är inte bara somrarna som blir varmare utan även vintrarna blir allt mildare. Vintern årsskiftet 2007 - 2008 var en mycket mild vinter, och framförallt i östra Sverige så var den vintern den mildaste vintern sedan man på 1700 - talet började använda meteorologiska mätningar. Dessa data kan dock inte säkerställa ett samband med växthuseffekten även om de å andra sidan inte heller kan sägas säkert bero på regionala temperatursvängningar.<sup>52</sup>

Man har genom mätningar av nederbörden observerat att nederbörden ökat betydligt inom Sverige under 1900-talet och då framförallt sedan 1970-talet. En annan förändring är mildare höstar, vintrar och vårar, vilket är en bidragande orsak till de ökade nederbördsmängderna. Nederbörden har ökat med cirka 15 - 20 % under alla årstider undantaget hösten. Värmeperioder med höga temperaturer förväntas öka i Sverige och även förväntas de högsta temperaturerna att stiga. Antalet tropiska nätter, vilket innebär att temperaturen håller sig över

---

<sup>50</sup> Källén E. och Rummukainen M., 2009

<sup>51</sup> SOU 2007:60

<sup>52</sup> Källén E. och Rummukainen M., 2009

20 grader C kommer att öka i södra och mellan Sverige och det anses inte osannolikt att antalet tropiska nätter efter 2070 kan komma att vara likvärdigt med dagens antal tropiska nätter i Sydeuropa. Man förutser även att vinterklimatet kommer att förändras ytterligare med än mer mildare vintrar och färre antal riktigt kalla vinterdygn som följd. Färre antal riktigt kalla vinterdygn kommer troligtvis att bidra till en ökad förekomst av fästingar och parasiter.<sup>53</sup>

Sverige har tillsammans med övriga nordiska länder och Kanada världens tätaste bostäder vilket kommer att medföra en ökad fuktbelastning av inomhusklimatet vid en ökning av utomhustemperaturen i kombination med ökad nederbörd. Detta kommer att öka riskerna för mikrobiell belastning och kvalster. Antalet extrema väderhändelser har även ökat i Sverige och en fortsatt ökning är trolig. I och med översvämningar så ökar risken för infektionssjukdomar. Det är sannolikt att spridningsmönster för smittsamma sjukdomar kommer att förändras på grund av längre och varmare somrar med ökad nederbörd och mildare vintrar. Risk finns att nya sjukdomar och vektorer kan komma att få fäste i Sverige. Spridningen av bakterier, virus och parasiter genom vatten, livsmedel och vektorer kommer sannolikt att öka i och med ett varmare klimat. Vektorburna infektionssjukdomar medför de största riskerna i samband med klimatförändringar och Sverige riskerar att drabbas av den mycket allvarliga europeiska vektorburna sjukdomen *visceral leishmania-parasiten*. Parasiten sprids av en sandmygga. När det gäller malariaparasiten så tros den inte komma att utgöra ett problem för Sverige även om antalet malariamyggor sannolikt kommer att öka framförallt i de södra och mellersta delarna av landet. Anledningen till att malaria inte förutses bli ett problem i Sverige beror på att all smittspridning upphör i samband med behandling av samtliga infekterade vilket klimat- och sårbarhetsutredningen förutsätter att Sverige kommer att kunna klara. Malaria anses därför utgöra en mycket låg risk vad Sverige beträffar. Medan *visceral leishmania-parasiten* anses utgöra en mycket hög risk för etablering inom Sverige så anses även west Nile feber utgöra hög risk. West Nile feber är även den en myggöverförd sjukdom som återfinns i Europa och kan drabba människor. Myggorna som sprider sjukdomen finns redan liksom malariamyggan etablerad i Sverige men man har ännu inte påvisat någon smittspridning inom landet.<sup>54</sup>

---

<sup>53</sup> SOU 2007:60

<sup>54</sup> SOU 2007:60

## 4.2 Framtidsperspektiv på klimatförändringar

Förändrade koldioxidhalter i atmosfären leder till förändringar i jordytans temperatur. En fördubbling av koldioxidhalten medför en förändring av temperaturen med 2 - 4½ grader Celsius. Men det är inte otänkbart att smältande landisar kan bidra till att temperaturen stiger med 6 grader Celsius. En ökad växthuseffekt medför att halten vattenånga i luften stiger vilket förstärker uppvärmningen. Klimatets liksom samhällets tröghet påverkar den globala uppvärmningen. Det tar tid att ställa om och minska utsläppen. Vid en fortsatt uppvärmning kan ekosystemens förmåga att binda kol försvagas, vilket kan öka den globala uppvärmningen. Forskningen efter IPCC:s Fourth Assessment Report från 2007 lägger ytterligare pusselbitar på plats. Resultaten av denna forskning visar att effekterna av uppvärmningen är kraftigare än vad man hitintills har trott och att de framtida ändringarna därför kan komma att bli större än förväntat. Det finns indikationer om att metan koncentrationen har börjat stiga efter år av konstant värde. Landismassornas känslighet för uppvärmning pekar på att havsytan kommer att stiga mer än vad som beräknats i IPCC:s Fourth Assessment Report från 2007. Detta kunskapsläge medför att brådskan att vidta åtgärder för att minska klimatpåverkan har ökat.<sup>55</sup>

Klimatförändringarna kommer att ge upphov till ett gynnsammare klimat för vegetation i stora delar av världen, med tidigare lövsprickning och senare lövfällning, med andra ord en längre grön period. En viktig påverkansfaktor är dock tillgången av vatten och nederbörd. Detta faktum kommer att påverka klimatförändringarna i en positiv riktning. Studier av interaktionen mellan vegetation och atmosfären visar att upptaget av CO<sub>2</sub> kommer att öka i och med ökad vegetation och därmed medföra en minskning av dagens stigande halter i atmosfären vilket kommer att påverka växthuseffekten positivt.<sup>56</sup>

I detta kapitel har jag redogjort för klimatförändringar och klimatets effekter i stora drag. I nästa kapitel kommer jag att redogöra för hur ett tänkbart scenario utifrån förväntade klimatförändringar kan komma att påverka malariaspridningen och dess konsekvenser.

---

<sup>55</sup> Källén E. och Rummukainen M., 2009

<sup>56</sup> Peñuelas J. et Al, 2009

## 5 ETT FRAMTIDSPERSPEKTIV PÅ MALARIA

De infektionssjukdomar som skördar mest liv är malaria tillsammans med hiv och tuberkulos. Den geografiska utbredningen av malaria ökar med fler och fler drabbade varje år. Afrika söder om Sahara är den del av världen som är hårdast drabbat och malarian är också en av de starkast bidragande faktorerna till den ihållande fattigdomen.<sup>57</sup>

I detta kapitel kommer jag att redogöra för hur ett tänkbart scenario utifrån förväntade klimatförändringar kan komma att påverka malariaspridningen och vilka konsekvenser en ökad spridning kan tänkas få. Där referens saknas så relaterar texten under rubrik 5.1 till kapitel 2, 5.2 till kapitel 3, och slutligen 5.3 till kapitel 4.

### 5.1 Historiska faktorer

I näst intill 7 miljoner år med start från människans tidiga utveckling, så levde alla människor utspridda som jakt- och samlarfolk, i mindre grupper med få individer. Under denna tidsperiod så fanns inga förutsättningar för epidemiska sjukdomar eftersom vi var alltför få och levde alltför utspridda. Orsaken till att epidemiska sjukdomar senare fick fotfäste och började spridas var i och med domesticeringen av vilda djur och växter som medförde förutsättningar för människorna att bli bosatta. I och med domesticeringen så ökade befolkningen dramatiskt och människorna började även bosätta sig allt tätare och samhällen utvecklades. Mikrobernas utveckling härstammar från tamdjuren och ända fram till andra världskriget så dog fler krigsoffer av mikrober än av skador som de tillfogats fienden. I och med mikrobernas framväxt så utvecklade människan så småningom olika typer av försvar för att överleva mikroberna såsom exempelvis immunitet. Men eftersom mikroberna undgår en ständig evolution så är immuniteten oftast tidsbegränsad med risk för återkommande epidemier som följd. Människans långsammaste men kanske mest effektiva försvar mot mikrober är det som sker genom det naturliga urvalet där genfrekvenser ändras från en generation till en annan. När det gäller malaria så är sickle-cell-genen en gen som kan medföra immunitet mot malaria. Infektionssjukdomar är av sin natur mycket dynamiska och oförutsägbara och människan kan sägas leva i en evolutionstävling där det naturliga urvalet spelar en viktig roll.

---

<sup>57</sup> Smittskyddsinstitutet, 2009



Osäkerheten på hur en utveckling kan komma att se ut grundar sig främst på brist av historiska observationer och insamlade data vad gäller sambandet mellan klimatförändringar och malaria. Malarians komplexitet och vikten av andra faktorer såsom socio- ekonomisk utveckling, immunitet och läkemedelsresistens är ytterligare påverkansfaktorer. På grund av de befolkningstäta höglandsområdena i Öst Afrika, bristfälliga data analyser och den betydande risken för malaria epidemier så behövs mer forskning för att kunna ställa säkra framtidsprognoser.<sup>58</sup>

Allt pekar på att arter kommer att förändra sin utbredning till nya regioner i samband med klimatförändringar. Men detta är inget nytt, arter har kommit, försvunnit och ändrat sin utbredning till nya regioner under de senaste 450 miljoner åren. Endast 0,1 % av alla arter som någonsin existerat på jorden finns kvar idag, vilket medför att de flesta arterna har misslyckats med att överleva. Alla parasiter som är klimat känsliga kommer att påverkas av klimatförändringar och man talar om en nordlig utbredning av vektorburna infektionssjukdomar däribland malaria. Men då bortser man från andra faktorer. Klimatet är inte den enda påverkansfaktorn utan även socioekonomiska faktorer spelar en stor roll för parasitens överlevnad och spridningsmöjligheter. Markanvändning, turism, transporter, antibiotika resistens samt resistens mot bekämpningsmedel har en mycket större betydelse för spridningen av infektionssjukdomar än klimatförändringarna.<sup>59</sup>

Det är viktigt att väga in andra faktorer än klimat vad gäller utbredning och spridning av infektionssjukdomar som bland andra malaria, såsom landanvändning, sociala och ekonomiska faktorer, antibiotika resistens och den alarmerande ökningen av HIV, men man får för den skull inte bortse från klimatförändringarnas betydelse. Man kan inte säkert påstå att infektionssjukdomar som exempelvis malaria snarare kommer att förändra sin utbredning och spridning till nyare områden än utöka sitt geografiska område eftersom klimatförändringar har stora möjligheter att påverka dynamiken av infektionssjukdomar.<sup>60</sup>

---

<sup>58</sup> Confalonieri. U.,B. et Al., 2007

<sup>59</sup> Randolph S.E., 2009

<sup>60</sup> Pascual M. & Bouma M.J., 2009

## 5.2 Malariaparasitens förutsättningar

Malaria är idag en mycket vanligt förekommande sjukdom inom de subtropiska och tropiska områdena i världen. Sjukdomen som är vektorburen överförs till människan via ett stick från en infekterad *Anopheles* mygga. *Anopheles* myggan finns dock utbredd i betydligt större delar av världen, och även här hos oss i Sverige. Människans ingrepp i naturen kan i vissa fall bidra till ökade respektive minskade förutsättningar för smittspridning, och orsaker som bidrog till att malariaspridningen i Sverige upphörde på 1930-talet var utdikning av våtmarker, torrläggning av myrar, förbättrade bostäder och djurhållning samt tillgänglighet till läkemedel. Eftersom stickmyggans larver lever i stillastående vattensamlingar, så utgör ett fuktigare klimat en ökad förutsättning för kläckningsmöjligheter. Larverna efterlämnar doftämnen som gör att mygghonorna kan hitta tillbaka till tidigare ägglägningsplatser även om vattnet inte finns där vid äggläggningstillfället. De olika arterna av malariaparasiter har olika förutsättningar att överleva i olika klimat. I dagsläget så utgör *Plasmodium falciparum* det största hälso hotet eftersom den orsakar de flesta dödsfallen, men den är som tur är mycket klimatkänsligare än andra mindre aggressiva arter. Numera kan man genom DNA teknik identifiera betydligt fler olika sorter av malariaparasiter än tidigare och förhoppning finns att denna teknik kan komma att ge svar på frågor rörande malariaparasitens utveckling, släktskap och evolutionsmöjligheter. Evolutionen utgör ett problem eftersom malariaparasiten utvecklat resistens mot ett flertal av de mediciner som idag används för att bekämpa malarian. En bidragande faktor till att resistens utvecklas är en alltför utbredd överanvändning av läkemedel. Förebyggande åtgärder är förutom medicinering och användning av myggmedel, olika metoder att reducera antalet myggor genom att exempelvis dränera våtmarker och bespruta områden där malariamyggan förökar sig.

Det finns fakta som starkt talar för att utbredningen av infektionsbärande vektorer har förändrats i och med klimatförändringarna men detta är kontroversiellt eftersom det även finns data som stödjer en ökad smittspridning av malaria trots frånvaro av klimatförändringar såsom i exempelvis Öst Afrika. Man har där konstaterat att den ökade smittspridningen istället beror på faktorer såsom *falciparum* parasitens ökade resistens och minskade insatser när det gäller att minska förekomsten av vektorer. Men även detta ifrågasätts från vissa håll eftersom man anser att forskningen stödjer sig på oriktiga klimat data. När man har analyserat temperatur kurvorna som finns sedan slutet av 1970-talet så har man funnit att dessa påvisar

en signifikant temperatur ökning. Det finns flera studier som påvisar ett samband mellan variationer i temperatur och spridningen av malaria.<sup>61</sup>

Nederbörd kan vara en påverkansfaktor när det gäller myggpopulationen. Det finns bevis som talar för att minskad nederbörd leder till minskad smittspridning genom reducerat antal vektorer. El Niño effektens påverkan på malariaspridningen är ett väldokumenterat fenomen i Sydasiens och Sydamerikas. Det finns klara bevis som talar för att havsytans temperatur kan påverka smittspridningen av vektorburna sjukdomar. Detta gör att man kan förutse perioder av ökad risk för malaria epidemier detta är användbar information för att bättre kunna anpassa insatser för att minska smittspridningen.<sup>62</sup>

### 5.3 Klimatförändringars tänkbara påverkan

Det finns många som förutser att en förhöjd temperatur kan komma att medföra att utbredningsområdet för klimat beroende infektionssjukdomar förändras. Malaria riskerar att sprida sig till nya områden och nya befolkningsgrupper som har större mottaglighet för att smittas på grund av mindre eller rent av avsaknad av resistens mot malaria. Jordens temperaturreglering är mycket känslig och det finns flera faktorer som kan förstärka växthuseffekten. Klimatförändringar som medför en höjning av jordens medeltemperatur kommer att påverka människans levnadsförhållanden och därmed också folkhälsan. I varmare klimat kommer mängden vattenånga att öka i atmosfären vilket kan komma att bidra till kraftigare och intensivare nederbörd. Vad gäller Sveriges klimat så har man uppmätt mildare höstar, vintrar och vårar med ökade nederbördsmängder som följd. Värmeperioder med höga temperaturer förväntas öka i Sverige och därmed också antalet tropiska nätter. Färre antal riktigt kalla vinterdygn kommer sannolikt att bidra till ökad förekomst av parasiter. Antalet extrema väderhändelser såsom exempelvis översvämningar har ökat i Sverige. Översvämningar ökar risken för infektionssjukdomar. Risk finns att nya infektionssjukdomar kommer att få fäste i Sverige eftersom vektorburna infektionssjukdomar medför de största riskerna i samband med klimatförändringar.

I Madagaskar så utgör temperaturen i början av malariasäsongen en viktig faktor som påverkar malariaspridningen, och man kan se variationer mellan olika år beroende av

---

<sup>61</sup> Confalonieri, U., B. et Al., 2007

<sup>62</sup> Confalonieri, U., B. et Al., 2007

temperaturen. I Kenyas höglansområden så har man sett en ökad spridning av malaria tre månader efter en period med regn och höga temperaturer. Även i Etiopien så spelar temperaturen en viktig roll för antalet malaria fall. Vid en analys av data från olika höglansområden i Öst Afrika så har man sett att kortsiktiga klimatvariationer är en större påverkansfaktor än långsiktiga när det gäller malaria epidemier.<sup>63</sup>

Men även dessa studier har ifrågasatts och det finns inget som tyder på att klimatförändringar i Syd Afrika har påverkat frekvensen av malariaspridningen. Skeptiker tar upp andra faktorer som viktiga när det gäller frekvensen av malaria spridningen såsom förändringar vad gäller rapportering, övervakning, sjukdomsförebyggande åtgärder, befolknings förändringar samt förändrad markanvändning. Så även om det finns klara och starka samband mellan klimatförändringarnas påverkan på malariaspridningen på såväl lokal som global nivå så råder trots detta stor osäkerhet när det gäller hur framtida klimatförändringar kan komma att påverka spridningen av malaria.<sup>64</sup> Även om osäkerhet råder på grund av att malaria är en så komplex sjukdom så förutses malariaspridningen i Afrika förändras i och med klimatförändringarna. Vissa delar av Afrika kommer att få en geografiskt sett ökad gynnsam miljö för *Plasmodium falciparum* vilket kommer att medföra en geografisk ökning av riskområden. Men det finns även vissa områden som kommer att få en reduktion när det gäller den geografiska spridningen. Prognoser visar att vissa regioner även kommer att få en längre och mer ihållande malariasäsong på grund av gynnsammare klimat. Detta är när det gäller bördan av malaria minst lika viktigt att ta hänsyn till som en ökad geografisk utbredning.<sup>65</sup>

När det gäller länder utanför Afrika så finns det allt för få prognoser vad gäller relationen mellan klimatförändringar och en ökad spridning av malaria men de länder som kommer att påverkas av klimatförändringarna när det gäller malaria är enligt IPCC är Australien, där man förutser en potentiell geografisk ökning av spridningen söderut på grund av mer gynnsamma klimatförhållanden för *Anopheles* myggan. Men man att risken för epidemier är låg på grund av Australiens stora förutsättningar att vidta åtgärder för att stoppa spridningen. Bolivia kommer att få en ökad spridning av malaria och ökningen av infektionssjukdomar förutses komma att utgöra det största hotet för befolkningens hälsa i Bolivia. I Indien så förutser man att malariaspridningen kommer att flytta till högre breddgrader och höglansområden och även en mer ihållande malariasäsong förutses vad

---

<sup>63</sup> Confalonieri, U., B. et Al., 2007

<sup>64</sup> Confalonieri, U., B. et Al., 2007

<sup>65</sup> Confalonieri, U., B. et Al., 2007

gäller *Plasmodium falciparum* och *Plasmodium Vivax*. Man förutser en ökad risk för att bli smittad av malaria i centrala delar av Asien medan Centralamerika och områden kring Amazonas kommer att få en minskad risk beroende av minskad nederbörd. En ökad spridning av malaria kommer även att ske i Portugal på grund av ett gynnsammare klimat som kommer att förlänga malariasäsongen. Det finns en potentiell ökning av vektorburna infektioner i Spanien.<sup>66</sup> Malariaparasiten förutsätts flytta till högre breddgrader. Det är dock inte omöjligt att en ökad uppvärmning kan komma att medföra en reducerad utbredning av malariaparasiten i områden där den nu förekommer på grund av att livsmiljön för parasiten förändras och att parasiten upphör inom vissa områden på grund av brist på nödvändig fuktighet och vattenansamlingar.<sup>67</sup>

Förändringar av årstidernas längd och klimat påverkar ekosystemen liksom den biologiska mångfalden. Arternas utbredningsgränser kommer sannolikt att förändras. Klimatet är ofta den begränsade faktorn eftersom årstiderna kan vara för korta eller för kalla för att en viss art skall kunna överleva och föröka sig. Man har sett att ett flertal europeiska arter i och med klimatförändringarna ändrat sina utbredningsområden däribland insektsarter som utbredd sig längre norrut. Förändringar i ekosystem kan uppkomma abrupt vilket kan medföra att helt nya art sammansättningar kan etablera sig inom nya områden. Vektorburna infektionssjukdomar medför de största riskerna i samband med klimatförändringar.<sup>68</sup>

K.D. Lafferty argumenterar för att den geografiska utbredningen snarare kommer att förändras än utökas på grund av klimatförändringarna. Han hävdar att redan idag så är jordens medeltemperatur betydligt högre än tidigare och ändå så finns det föga bevis för att klimatförändringarna har varit till förmån för infektionssjukdomarnas ökade spridning samt att nya klimatmodeller snarare pekar mot att smittspridningens geografiska utbredning kommer att skifta till andra områden istället för mot en ökad utbredning.<sup>69</sup>

Det är angeläget och brådskande att förbättra vår förståelse av kopplingar mellan klimat och sjukdomar, liksom att förbereda oss för en varmare framtid men det finns allvarliga begränsningar såsom bristen på fullständiga historiska data som inkluderar empiriska data vad gäller vektorer och parasiter i relation till varierande miljöfaktorer.<sup>70</sup>

---

<sup>66</sup> Confalonieri, U., B. et Al., 2007

<sup>67</sup> Parry M. L. intergovernmental Panel on Climate Change working group II, 2007

<sup>68</sup> SOU 2007:60

<sup>69</sup> Lafferty K.D., 2009

<sup>70</sup> Pascual M. & Bouma M.J., 2009

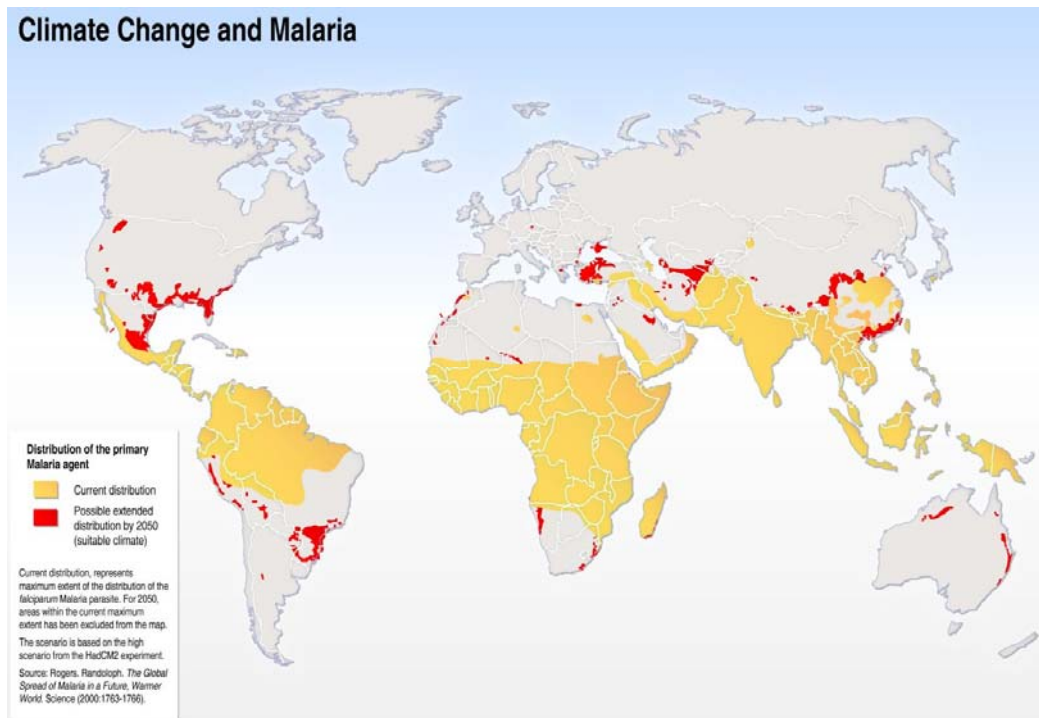


Bild 3, visar ett tänkbart scenario för utbredningen av Plasmodium falciparum parasiten år 2050.

Källa: Rogers & Randolph, Science 2000, 2009-05-15

[http://maps.grida.no/go/graphic/climate\\_change\\_and\\_malaria\\_scenario\\_for\\_2050,](http://maps.grida.no/go/graphic/climate_change_and_malaria_scenario_for_2050)

I detta kapitel har jag att redogjort för hur förväntade klimatförändringar kan komma att påverka malariaspridningen och vilka konsekvenser en ökad spridning kan tänkas få utifrån olika forskares teorier. I nästa kapitel kommer jag att göra en sammanfattning innehållande en avslutande analys och diskussion.

## 6. SLUTDISKUSSION

I detta kapitel kommer jag att göra en sammanfattning och en avslutande analys av det material som jag gått igenom och till vissa delar tagit upp i denna uppsats. Analysen syftar till att finna tänkbara mönster för tänkbar utveckling av malariaspridningen utifrån olika teorier som finns samt sett i relation till historiska aspekter på sjukdomsspridning.

Det finns fler arter av malariaparasiter än de jag omnämnt i denna uppsats men dessa kan endast infektera djur och utgör därmed ingen fara för mänskligheten i dagsläget. Men mikrober har bevisligen anpassat sig tidigare under historiens lopp och därmed finns alltid en framtida risk för att de gör det igen.

En förhöjd temperatur kommer med stor sannolikt att medföra att utbredningsområdet för klimatberoende infektionssjukdomar kommer att förändras om man ska utgå från forskarmajoritetens teorier. Malaria riskerar därmed i och med klimatförändringarna att spridas till nya områden med nya befolkningsgrupper som på grund av mindre eller rent av avsaknad av resistens mot malaria kommer att ha en större mottaglighet för att smittas av sjukdomen, med ett ökat antal dödsfall som konsekvens.

Tidigare geografiska hinder för spridning av mikrober finns inte längre kvar tack vare globaliseringen. Idag kan man flyga i princip till jordens alla delar, och därmed kan sjukdomen vara bara en flygresa bort. Malariamyggor liksom andra smittspridande djur och insekter har bevisligen liftat med flygplan från ett land till ett annat. I de flesta fall så utgör malariaparasiten inget hot för människor i det mottagande landet på grund av felaktiga klimatförhållanden eftersom malariaparasiten är klimatkänslig, men förändringar i klimat såväl som parasitens påvisade anpassningsförmåga kan komma att förändra det förhållandet. Charles Darwins teori om evolution och arternas anpassningsförmåga till nya miljöer genom det naturliga urvalet är bekräftad, så detta är inte otänkbart då evolutionen ständigt bidrar till nya och mer anpassade arter. Redan idag så är *Plasmodium vivax* som visserligen orsakar en mildare form av malaria, men har å andra sidan större förutsättningar för att överföras även i tempererade klimat då den tål lägre omgivningstemperatur och även utvecklas snabbare inuti myggvektorn, en möjlig framtida riskfaktor. Flera scenarion kan om man ser till de historiska aspekterna av mikrobernas ständiga anpassning vara tänkbara. Dels kan *Plasmodium vivax* i värsta scenario utvecklas till att bli en aggressivare och motståndskraftigare art såsom *Plasmodium falciparum* som idag är den mest aggressiva formen av malaria och orsakar flest

dödsfall. Andra idag ofarligare arter av malaria kan mutera och bli aggressivare. *Plasmodium falciparum* kan komma att bli mindre temperatur känslig och därmed utgöra en ökad risk för fler på grund av ökad utbredning.

Sannolikheten för malariaparasiten att etablera sig inom nya områden är ganska stor under förutsättningar att klimatet är det rätta eftersom malariaparasitens vektor *Anopheles* myggan redan finns etablerad runt om i världen, en anpassning till ny vektor är därmed inte nödvändig utan endast klimataspekterna har betydelse.

Många arter är utdöda tack vare att de inte haft förmåga att överleva nya förhållanden men många arter har också förgreningar som utvecklats annorlunda och istället bidragit till nya och mer anpassade arter. Även om det finns data som talar för att klimatförändringar inte bidragit till ökad spridning av vektorburna sjukdomar så finns det ändå data som påvisar att arter genom evolution kan anpassa sig till nya miljöer och förutsättningar om det behövs för dess överlevnad. Mikrober av olika slag lever i en ständig kamp att överleva våra nya försök att befria oss från dem genom nya antibiotikum och bekämpningsmedel, men än har vi bevisligen inte lyckats överlista dem och vinna kriget mot mikroberna även om vi nästan lyckats utrota vissa sjukdomar. Men ser man det ur ett historiskt perspektiv så har sjukdomarna ändå lyckats komma tillbaka i förnyad form och även om vi trots att vi vunnit och fått bukt med en sjukdom så har den i vissa fall visat sig bara ligga latent någonstans för att decennier senare på nytt dyka upp från ingenstans och orsaka epidemier.

När det gäller Sverige så kommer sannolikt klimatförändringarna att medföra en ökad vegetation med en tidigare lövsprickning och längre grönperiod på grund av varmare väder och ökad nederbörd. Ökade temperaturer, växtlighet och fuktighet med god tillgång till nederbörd och vatten kan utgöra en grogrund för parasiter och vektorer.

Utvecklingen av vaccin mot malaria är kostsamt och en trolig orsak att ett vaccin inte redan finns kan vara att det inte anses finnas tillräckligt stor direkt ekonomisk vinning för företag att utveckla ett vaccin eftersom de som i dagsläget främst skulle dra fördel av ett vaccin är fattiga länder och därmed skulle vaccinet inte bli kostnadseffektivt i tillräckligt stor omfattning. I de fall att malariaparasitens utbredning förändras och länder i Europa och Nordamerika blir drabbade så kommer troligtvis ökade resurser att läggas på att utveckla ett vaccin då en direkt vinning kan utlovas åt det eller de företag som lyckas.

Jag har under arbetets gång upptäckt att det finns två läger. Det ena tror på att klimatförändringarna kommer att medföra en ökad spridning. Det andra avfärdar faran som ogrundad på grund av bristfälliga mätningar och historiska data när det gäller sambandet mellan malaria och klimatförändringar.



När det gäller att besvara frågeställningen så visst finns det ändå en hel del som vi kan lära oss av historiska data vad gäller spridning av sjukdomar även om det kanske saknas tillräckligt med information vad gäller kopplingen mellan just klimatförändringar och vektorburna sjukdomar såsom malaria. Det som bekymrar mig mest är nog ändå den lätthet med vilken viktiga aktörer på den politiska arenan negligerar riskerna av malaria i exempelvis Sverige och Australien för att nämna två. Man förutsätter att välfärdsländer har tillräckliga resurser att klara av att utrota malaria parasiten och dess vektorer om detta skulle bli nödvändigt. Men samtidigt så har man kunnat läsa i dagspressen både i år när det gäller svininfluensan och tidigare år när fågelinfluensan utgjorde hotbilden att det skulle ta Sverige minst 6 månader att framställa ett vaccin som var tillräckligt effektivt vid en eventuell pandemi och att det inte skulle finnas tillräckliga producentresurser att producera vaccin till hela befolkningen. Så nya frågeställningar som kommer upp, men inte kommer att besvaras i denna uppsats är hur snabbt kan Sverige agera vid en eventuell epidemi och i vilken omfattning och hur länge? Kommer vi verkligen att klara av att reducera antalet vektorer omdet skulle röra sig om en vektorburen sjukdom? Vi klarar ju inte av mygginvasionerna i Mellansverige idag, och kommer vi då att ha resurser det vill säga tillräckligt många producenter, lokaler, personal och råvaror att framställa medicin och bekämpningsmedel. En annan mycket viktig faktor att ta på allvar är den ökade läkemedelsresistensen.

Ur ett hållbarhetsperspektiv så är det bättre att satsa på att vara förberedd, eftersom vi inte med säkerhet kan förutsäga framtiden. Försöka mota riskerna innan de uppstår istället för att vänta och se vad som händer. Det är inte hållbart att förringa riskerna som om de inte fanns, även om de kan tyckas minimala och avlägsna. Det är också av yttersta vikt att vi samverkar internationellt för att motverka överanvändningen av antibiotika och därigenom bromsa och så småningom helt stoppa utvecklingen av resistenta bakterier och mikrober för att inte förlora i kampen mot mikroberna.

Det finns idag alltför få undersökningar och tillförlitliga data för att dra slutsatser vad gäller relationen klimatförändring och förändrad malariaspridning. En längre historisk tillbakablick har utredat vilka faktorer som har bidragit till utvecklingen av sjukdomar och sjukdomsspridning tidigare i historien. Dessa fakta har sedan relaterats till nuvarande spridning av malaria och förväntade klimatförändringar i de fall vi inte lyckas vända trenden och minska växthuseffekten och därmed den globala uppvärmningen. Under min studie så har jag kommit fram till slutsatsen att det finns olika läger som stödjer olika fakta vad gäller

relationen mellan malaria och klimatförändringar och huruvida klimatförändringarna kommer att bidra till en ökning, minskning eller oförändrad spridning. Tendens lutar mot att politiskt stöd riktas främst mot fakta som talar för en minskad malariabörda. Jag har också dragit slutsatsen att vi kan dra lärdom av historiska aspekter av sjukdomsspridning såsom att mikrobernas utveckling härstammar från tamdjuren och att infektionssjukdomar är mycket föränderliga och därmed oförutsägbara. Men det finns även andra faktorer som påverkar spridningen av malaria såsom människans olika ingrepp i naturen och socioekonomiska faktorer. Andra riskfaktorer som kan bidra till en ökad smittspridning frånsett klimatet och fattigdom är resistens mot läkemedel och bekämpningsmedel.

## KÄLLFÖRTECKNING

BBC News, (2009) <http://news.bbc.co.uk/2/hi/health/7366301.stm>, 2009-05-14.

Bloom M., (1995), *Understanding sickle cell disease*, University Press of Mississippi, United States of America.

Bra Böcker AB, (1994), *Bra Böckers stora Läkarlexikon Band 6*, Bra Böcker AB, Höganäs, 156-158.

Butler D., (2009), Swine flu attention turns to the tropics, *Nature* 459, 490-491.

Cohen J., (2009), Past pandemics provide mixed clues to H1N1's next moves, *Science*, 324, (5930), 996-997.

Confalonieri, U., B. et Al., (2007), *Human health, Climate Change 2007 Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge UK, 391-431.

Diamond J., (2008), *Vete vapen & virus - en kort sammanfattning av mänsklighetens historia under de senaste 13 000 åren*, Norstedts, Falun.

Elliott L., (2009), Mexico's symptoms signal a wider malaise, *The Guardian Weekly*, 2009-05-08.

Foster P. och Matsumura S., (2005), Did early humans go north or south, *Science* 308, (5724), 965-966.

- Hedenbro M., (2009), Resistentia bakterier likställs med klimathotet, *Sydsvenskan*, 2009-05-09.
- Hellgren O., (2006), *Avian malaria and related blood parasites molecular diversity, ecology and evolution*, Lund University, Sandby.
- Hemingway J. & Craig A., (2004), New ways to control malaria, *Science*, 303, (5666), 1984-1985.
- Kjellström T., Knutsson I., Ågren G., (2006), *Klimatförändringar och folkhälsa*, Statens folkhälsoinstitut, Kalmar.
- Källén E. och Rummukainen M., (2009), *Ny klimatvetenskap 2006 - 2009*, Kommissionen för hållbar utveckling, Regeringskansliet.
- Lafferty K.D., (2009), The ecology of climate change and infectious disease, *Ecology*, 90, (4), 888-900.
- Loevinsohn PhD M. E., (1994), Climatic warming and increased malaria incident in Rwanda, *The Lancet*, 343, (8899), 714-718.
- Marquardt W. C., et Al., (2005), *Biology of disease vectors second edition*, Elsevier, China.
- Morange M., (2001), *The misunderstood gene*, Harvard University Press, United States of America.
- Olsen B., (2008), Den intelligenta termiten, *Infektionsläkaren*, 2 - 2008, (12), 11 - 17.
- Pascual M. & Bouma M.J., (2009), Do rising temperatures matter, *Ecology*, 90, (4), 906-912.
- Parry M. L. intergovernmental Panel on Climate Change working group II, (2007), *Climate change 2007: impacts, adaption and vulnerability*, Cambridge university press, Cambridge.
- Peñuelas J., Rutishauser T., Filella L., (2009), Phenology feedbacks on climate change, *Science*, 324, (5929), 887-888.
- Randolph S.E., (2009), Perspectives on climate change impacts on infectious diseases, *Ecology*, 90, (4), 927-931.
- Rogers & Randolph, *Science*, 2000,  
[http://maps.grida.no/go/graphic/climate change and malaria scenario for 2050](http://maps.grida.no/go/graphic/climate%20change%20and%20malaria%20scenario%20for%202050), 2009-05-15.
- Roll Back Malaria, World Health Organization,  
[www.rbm.who.int/.../015/363/RBMInfosheet\\_10.htm](http://www.rbm.who.int/.../015/363/RBMInfosheet_10.htm), 2009-05-18.
- Rörbecker S., (2009), Fler infektioner kan bli dödliga, sjukvård, Antibiotikaresistens oroar experter, *Uppsala Nya Tidning*, 2009-05-28.

- Sherman I. W., (1998), *Malaria parasite biology, pathogenesis, and protection 3<sup>rd</sup> edition*, ASM Press, United States of America.
- Smittskyddsinstitutet,(2009), <http://www.smittskyddsinstitutet.se>, 2009-03-24.
- SOU 2007:60, (2007) *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter*, Edita Sverige AB, Stockholm..
- Strama, (2009), <http://www.strama.se>, 2009-05-28
- Who, (2009), <http://www.who.int>, 2009-03-25.
- Wood M. och Philips G., (2003), *Hematology / Oncology Secrets 3<sup>rd</sup> edition*, Elsevier Health Science, United States of America.
- Worldwatch institute, (2003), *State of the world 20th edition*, Earthscan, London.