

Seminarieuppsatser nr 182

# Stigande havsnivåer och dess effekt på låglänta länder

***Åsa Cornander***

---

2010

Institutionen för geo- och ekosystemvetenskaper

Enheten för naturgeografi och ekosystemanalys

Lunds Universitet

Sölvegatan 12

223 62 Lund





# Stigande havsnivåer och dess effekt på låglänta länder

Åsa Cornander

2010

Kandidatuppsats i Naturgeografi och Ekosystemanalys

Handledare: Anders Lindroth

Enheten för naturgeografi och ekosystemanalys

Lunds Universitet



## **Förord**

Denna uppsats är ett examensarbete på 15 högskolepoäng i ämnet Naturgeografi. Uppsatsen är en litteraturstudie som behandlar klimatvariationers påverkan på havsnivån. Syftet med uppsatsen är att undersöka hur klimatförändringarna påverkat havsnivån, hur havsnivån varierat genom tiderna samt studera de känsligt belägna bosättningarna Nederländerna, Tuvalu och Kiribati. Min handledare Anders Lindroth har varit med och gett goda råd och synpunkter på arbetet.



## **Abstract**

The rising sea level is becoming more evident around the world as less as well as more developed countries are starting to fully comprehend the consequences. It is also generally accepted that the sea level rise is accelerated by human-induced global warming. Glaciers and ice sheets are melting more and more, which together with temperature induced thermal expansion of the seas which leads to a global rise in sea level.

Sea levels rose by about eight centimetres in the period between 1961 and 2003, which can be explained by the factors of thermal expansion, melting of glaciers and melting of continental ice in Greenland and Antarctica. There are many people around the world who are strongly affected by rising sea levels, particularly densely populated low-lying coastal areas and islands where resources and land areas are limited and scarce.

This paper aims to examine how climate variations affect sea level rise and how sea levels have varied historically and how it is expected to vary in the future. To get a better understanding on how low-lying coastal areas are affected, three countries which are located near the coast-line have been selected as case studies. Kiribati and Tuvalu are two island nations located in the Pacific Ocean with the highest points only a few meters above sea level. In the near future, large areas of these islands are expected to be located under water due to sea level rise. Also the Netherlands was chosen as an example in order to provide a picture of how the rising sea levels also affect countries in our neighbourhood.

The study is conducted based on a literature review of available research in the subject area. Three different emission scenarios, as developed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) have been selected; scenarios A1F1, B1 and B2. When applied in climate models for future predictions, all scenarios indicate a global increase in sea level whereof A1F1 shows the highest and B1 the lowest.

All three countries will be severely affected by this increase, which will result in huge economic costs and in some cases even in the need for mass emigration.

**Key word:** Geography · Physical geography · Sea level rise · Climate change





## Sammanfattning

De senaste 100 åren har den globala medeltemperaturen ökat i genomsnitt 0,74 grader, vilket medför stora effekter för såväl människor som djur och natur. En av de största konsekvenserna till den globala uppvärmningen är att den stigande havsnivån blir allt mer påtaglig världen över. Glaciärer och inlandsisar har börjat smälta allt mer, där avsmältningen medför en global ökning i havsnivån. Havsnivån steg med cirka åtta centimeter perioden mellan 1961 och 2003, vilket kan förklaras av uppvärmningen av havet, en såkallad termisk expansion, avsmältningen av glaciärer och avsmältning av inlandsisarna på Grönland och Antarktis. Det är många människor runt om i världen som påverkas kraftigt av den stigande havsnivån, framförallt tätbefolkade låglänta kustområden och öar där resurserna är begränsade. Ökningen kommer leda till kusterosion, översvämningar i våtmarker och kustnära slätter, saltvattenintrång i vattendrag samt förlust i habitat för djur och växter.

Denna uppsats syftar till att undersöka hur klimatvariationer påverkar havsnivån samt hur denna varierat i historisk tid och hur den förväntas variera i framtiden. För att komma närmare in på hur de låglänta kustområdena påverkas har fokus varit på tre länder som är belägna nära kusten. Kiribati och Tuvalu är två önationer som ligger i Stilla havet med en högsta punkt som sträcker sig bara några meter över havet. Inom en snar framtid väntas stora delar av öarna läggas under vatten på grund av den stigande havsnivån. Även Nederländerna valdes att studera för att ge en bild av hur den stigande havsnivån påverkar länder även i vår närhet.

Slutsatsen av denna studie är att det krävs många insatser för att hjälpa de många miljoner människor som är utsatta för detta klimathot. Det krävs stora insatser att skydda de låglänta länder, vilket blir svårare för utvecklingsländerna. Det behövs mer forskning kring ämnet och fler organisationer och bidrag som kan hindra människorna att behöva emigrera.

**Nyckelord:** Geografi · Naturgeografi · Klimatförändring · Stigande havsnivå



# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>SYFTE, METOD OCH AVGRÄNSNING</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>BAKGRUND</b> .....	<b>2</b>
3.1	FAKTORER SOM PÅVERKAR HAVSNIVÅ.....	2
3.1.1	<i>Termisk expansion</i> .....	2
3.1.2	<i>Avsmältning av glaciärer och inlandsis</i> .....	3
3.2	EFFEKTEN AV EN ÖKAD HAVSNIVÅ .....	3
3.2.1	<i>Kustöversvämningar</i> .....	4
3.2.2	<i>Kusterosion av sandstränder</i> .....	4
3.2.3	<i>Förlust av våtmarker</i> .....	5
3.2.4	<i>Saltvattenintrång i kustnära vattendrag</i> .....	5
3.3	HOT MOT KÄNSLIGT BELÄGNA BOSÄTTNINGAR .....	6
3.3.1	<i>Nederländerna</i> .....	6
3.3.2	<i>Kiribati</i> .....	6
3.3.3	<i>Tuvalu</i> .....	7
<b>4</b>	<b>IPCC:S UTSLÄPPSCENARIER</b> .....	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>RESULTAT</b> .....	<b>10</b>
5.1	HAVSNIVÅFÖRÄNDRINGEN FÖR FLERA TUSEN ÅR SEDAN.....	10
5.2	HAVSNIVÅFÖRÄNDRINGEN UNDER 1900-TALET OCH NUTID .....	11
5.2.1	<i>Havsnivåförändring för Tuvalu</i> .....	13
5.3	HAVSNIVÅFÖRÄNDRINGEN I FRAMTIDEN .....	14
5.3.1	<i>Havsnivåförändring för Nederländerna</i> .....	15
5.3.2	<i>Havsnivåförändring för Kiribati</i> .....	16
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>SLUTSATS</b> .....	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>REFERENSER</b> .....	<b>21</b>



# 1 Inledning

Majoriteten av forskarvärlden är eniga om att dagens globala klimat är kraftigt påverkat som en följd av människans utsläpp av växthusgaser. De senaste 100 åren har den globala medeltemperaturen ökat i genomsnitt 0,74 grader (*IPCC*, 2007). Genom mänskliga aktiviteter såsom förbränning av fossilt bränsle har koldioxid ökat kraftigt sedan mitten på 1800-talet. Som följd av den globala uppvärmningen har glaciärerna och inlandsisarna börjat smälta allt mer, där avsmältningen medför en global ökning i havsnivån. Havsnivån steg med cirka åtta centimeter perioden mellan 1961 och 2003, vilket kan förklaras av uppvärmningen av havet, en såkallad termisk expansion, och avsmältningen av glaciärer och inlandsis. Därefter syns en tydlig acceleration under perioden 1993 och 2003 som är nästan dubbel så snabbt i jämförelse med de senaste 40 åren. Den främsta orsaken till den ökande hastigheten är expansionen av haven som blir varmare (*IPCC*, 2007). Effekterna av en stigande havsnivå kan förstöra både ekosystem och människors bosättningar och många landtytor i världen kan komma att försvinna. Konsekvenserna av detta kan bli förödande för många människor som tvingas flytta från sina hem och i vissa fall även bosätta sig i andra länder. Problemet är stort och den stigande havsnivån accelererar vilket gör att stora befolkningsomflyttningar väntas ske inom en snar framtid (*IPCC*, 2007).

# 2 Syfte, metod och avgränsning

Denna uppsats syftar till att undersöka hur klimatvariationer påverkar havsnivån samt hur denna varierat i historisk tid och hur den förväntas variera i framtiden. Vidare är syftet att undersöka hur stigande havsnivåer kommer att påverka låglänta länder. Uppsatsen genomförs som en litteraturstudie av forskningsresultat på området samt IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) rapporter där utvalda scenarier har valts; scenarier A1F1, B1 och B2. Hänsyn tas till de mest betydelsefulla faktorerna till havsnivåstigning; Termisk expansion och avsmältning av inlandsis och glaciärer. Specialfallen som studeras avgränsas till tre exempel; två ögrupper i Stilla havet (Kiribati och Tuvalu) samt europeiska Nederländerna. Orsaken till att Tuvalu och Kiribati valdes är att många människor redan har tvingats flytta och det förväntas i ännu större omfattning i framtiden. Nederländerna valdes för att ge en bild av hur den stigande havsnivån påverkar länder även i vår närhet.

## 3 Bakgrund

Havet spelar en viktig roll för variationer och förändringar i världens klimat. Energiinnehållet i havet är cirka tusen gånger större än i atmosfären. Sedan 1960 har nettovärmeupptaget i havet varit omkring 20 gånger större än upptaget i atmosfären. Det finns många samhällen i världen och många känsliga ekosystem som är belägna nära kuster och därför drabbas påtagligt av en förändring av havsnivån (*Bindoff et al, 2007*).

### 3.1 Faktorer som påverkar havsnivån

Den globala havsnivåökningen är av stor betydelse då den kan komma att påverka många människor som lever i kustområden och på öar. Det är flera processer som bidrar till att havsnivån förändras. De två stora processerna som främst påverkar förändringen av den globala havsnivån är termisk expansion samt avsmältning av glaciärer och inlandsis (*ACIA, 2004*).

#### 3.1.1 *Termisk expansion*

Den termiska expansionen är en effekt av ett komplext samband mellan temperatur såväl som tryck ändringar. När temperaturen i havet stiger expanderar vattnet vilket leder till att havsnivån ökar. Den termiska expansionen är inte konstant utan är beroende av mängden värme i havet. Det innebär att havens varmare områden, till exempel det övre skiktet, expanderar mer än kallare områden vid samma förändring i värmemängd. Vatten expanderar å andra sidan mer vid högre tryck, det vill säga vid havets botten (*Bindoff et al, 2007*).

Den globala uppvärmningen påverkar även atmosfäriska trycket vilket i sin tur påverkar den stigande havsnivån. Även med väldigt små ändringar i atmosfäriskt tryck orsakar en omvänd förändring i havsnivån, det vill säga med minskat atmosfäriskt tryck stiger havsnivån (*Sherif & Singh, 1999*).

Havsnivån stiger därför inte lika mycket överallt utan beror av lokala förutsättningar såsom vattnets temperatur, förändringar i salthalt, vind och havsströmmar samt hur vädersystemens mönster varierar. Det finns därför stora regionala variationer i jämförelse med medelnivåförändringen globalt sett (*IPCC, 2001*).

Termisk expansion har genom observationer av havets temperatur och resultat från modeller konstaterats vara en av de viktigaste faktorerna till historiska förändringar i havsnivån. Den termiska expansionen förväntas även under de kommande 100 åren bidra med den största delen av havsnivåhöjningen (*IPCC, 2001*).

### 3.1.2 Avsmältning av glaciärer och inlandsis

Glaciärer finns på alla världens kontinenter. Det största glaciärerna kallas för inlandsisar och breder ut sig på Grönland och Antarktis. Glaciärerna bildas genom en lång process, och förekommer oftast i dalgångar (*Polarisen, 2010a*). En del av den snö som faller ner över dalgångarna under vintern smälter inte bort under sommaren utan ligger kvar och packas. Den packade snön byggs efter flera somrar på och bildar allt tjockare lager. Efter några år kommer detta packas till is och bilda en glaciär (*Polarisen, 2010b*).

Avsmältningen av glaciärer och inlandsisar leder till att den totala mängden vatten i havet ökar, vilket bidrar till förändrade havsnivåer (*Walsh et al, 2005; Sherif & Singh, 1999*). Det finns större mängd lagrat vatten i inlandsisarna på Grönland och Antarktis än vad det finns i glaciärerna (*Bernes, 2003*). Faktum är att de innehåller så mycket vatten att om all inlandsis på Grönland och Antarktis skulle smälta skulle havsnivån stiga med cirka 64 meter (*Lemke et al, 2007*). I områdena med inlandsisar är temperaturen fortfarande så låg att avsmältningen är väldigt liten och klimatförändringarna har ingen betydande påverkan på inlandsisar ur ett kortsiktigt perspektiv (*Bernes, 2003*). Forskarna anser att de mindre glaciärerna ger en snabbare förändring medan inlandsisarna har större påverkan på lång sikt (*Polarisen, 2010a*). Därför kan man räkna med att större förändringar tar tusentals år. Dock fortsätter inlandsisarna att krympa och har under 1900-talet bidragit med ett par centimeter till havsnivåhöjningen (*Bernes, 2003*).

Inlandsisarna minskar i volym när is transporterats ut i havet. Så snart ismassorna från centrala delarna av Grönland och sydpolskontinenten rör sig mot kusten och sjösätts i form av isberg påverkas havsnivån. Dock sker ingen höjning av vattenståndet vid senare smältning av isbergen (*Bernes, 2003*).

Solstrålning reflekteras när de når en yta. Den procentandel strålning som reflekteras tillbaka från ytan kallas albedo och beskriver den reflektionsförmåga en viss yta har. En täckt yta med nysnö har ett albedo på cirka 95 procent eftersom nästan all strålning reflekteras. När isen smälter fångas mer solstrålning upp på grund av att albedo minskar. Detta leder till snabbare uppvärmning och orsakar en så kallad positiv feedback (*Ahrens, 2009*).

## 3.2 Effekten av en ökad havsnivå

En av de största konsekvenserna av den globala uppvärmningen är stigande havsnivåer, vilket påverkar samhällen och ekosystem i kustnära miljöer (*Walsh et al, 2005*). Ökade havsnivåer kommer att leda till kusterosion, översvämningar i

våtmarker och kustnära slätter, saltvattenintrång i vattendrag och mark samt en förlust i habitat för djur och växter (CSIRO, 2010a). Även kustnära fiske kan störas (Miller & Spoolman, 2009). I Stilla havet och Indiska oceanen kommer låglänta öar, där en stor del av världens befolkning lever, att påverkas av höjningen (Walsh et al, 2005). Många av de länder som påverkas har inte resurser att förbereda sig och saknar höglänt mark dit kustbefolkningen kan flytta. Dessa länder riskera även att förlora sötvattentillgångar då den stigande havsnivån medför att saltvatten tränger in i vattentäkter (CSIRO, 2010a).

### 3.2.1 *Kustöversvämningar*

Kustområden är väldigt eftertraktade för bosättning, infrastruktur och jordbruk. Det bor över en miljard människor i kustområden närmre än 30 kilometer från havet. I samband med svåra stormar längs en del kuster kan havsnivån stiga med flera meter över den normala nivån (Bernes, 2003). En global stigning i havsnivån bidrar till översvämningar som kommer att drabba flera miljoner människor. De områden som är särskilt utsatta är de tätbefolkade och låglänta samhällen som har svårt att anpassa sig till snabba förändringar. Dessutom är många av dessa utvecklingsländer och har därför större anpassningssvårigheter än vad industriländerna har. För dessa miljontals människor kan hälsotillståndet förvärras då översvämningarna kan öka spridningen av sjukdomar. Den ökade kustöversvämningen kommer även att förstöra viktig infrastruktur, jordbruk och anläggningar som står för en stor del av de låglänta samhällenas försörjning (IPCC, 2007).

### 3.2.2 *Kusterosion av sandstränder*

De flesta kusterosionerna inträffar vid svåra stormar och när kraftiga vindar genererar stora vågor och trycker vatten mot land. Antalet starka vindar och kraftig nederbörd ökar med den globala uppvärmningen och effekten av starka stormar stärks. Likaså kan den stigande havsnivån påverka kusterosion kraftigt. I världen syns tydliga problem kring kusterosioner då många stränder har förstörts (Strahler & Strahler, 2006). Om havsnivån kommer att fortsätta öka kan det ge förödande konsekvenser för de cirka 100 miljoner människorna som bor nära stränderna. När havsnivån stiger kommer vattenlinjen att tränga sig in över land till olika stor omfattning beroende på kustens lutning och höjd över havet. Höjningen av havsnivån kommer dessutom att öka erosionshastigheten (Zhang et al, 2004). De lokala resurserna, såsom fiske och turism, påverkas negativt av erosion. Det är även naturområden och bebyggelse som påverkas av kusterosionen (IPCC, 2007).



### 3.2.3 *Förlust av våtmarker*

Världens kustnära våtmarker står för en hög biologisk mångfald och är väldigt känslig för förändring. Våtmarker spelar en viktig roll i ekosystemets kedja då många fåglar och djur är beroende av kustnära våtmarker. Det blir svårt för markerna att anpassa sig till en snabbt stigande havsnivå vilket gör att den biologiska mångfalden tar skada (*Houghton, 2005*). Våtmarkerna bidrar med viktiga funktioner så som översvämningsskydd, uppväxtområde för fiske samt naturvård. På grund av detta kommer det att bli en miljömässig förlust samt en stor ekonomisk kostnad för mänskligheten om våtmarker försvinner. Den stigande havsnivån kommer därför att förvärra situationen för de redan utsatta våtmarkerna (*Nicholls et al, 1999*).

### 3.2.4 *Saltvattenintrång i kustnära vattendrag*

Många länder i världen har grundvatten som enda källan till färskvatten. Saltvattenintrång i kustnära vattendrag, som en följd av havsnivåökning, kan därför få katastrofala konsekvenser för färskvattentillgångarna. Grundvattenresurser kan delas upp i fyra typer:

1. Den första typen är begränsade grundvattenmagasin med ett övre ogenomträngligt lager. Denna typ kan endast få vattentillförsel där akvifärens utkanter bryter igen markytan och är därför beroende av regn i dessa områden.
2. Andra typen innefattar obegränsade akvifärer i våta områden. Dessa är tillskillnad från den förstnämnda mycket förnybara då nederbörden i dessa områden överstiger avdunstningen.
3. Hos obegränsade akvifärer som befinner sig i torra områden finns en varierande balans mellan årlig nederbörd och avdunstning. Dessa tenderar att som ett resultat av den globala uppvärmningen bli ännu torrare.
4. De kustnära vattendragen tillhör den fjärde typen vilka, beroende på deras läge, generellt sett är mest i farozonen för havsvattenintrång.

Saltvatten har högre densitet än sötvatten vilket gör att när havsnivån ökar kommer det att innebära ytterligare högre tryckskillnad vid gränsen av akvifären. Grundvattennivån kommer då att minska vilket leder till mer tillförsel av saltvatten i vattendragen. Därför är det väldigt lätt att intrång av saltvatten till djupa kustnära

vattendrag inträffar vid stigande havsnivå (*Sherif & Singh, 1999*). Salthalten ökar i både ytvatten och grundvatten genom saltvattenintrång på grund av en stigande havsnivå (*US EPA, 2009*).

### 3.3 Hot mot känsligt belägna bosättningar

Varje år förväntas flera miljoner människor drabbas av översvämning på grund av den ökade havsnivån där de mest utsatta är tätbefolkade och lågtliggande områdena. Många av dessa områden utsätts redan för naturfenomen så som tropiska stormar och landsänkning (*Naturvårdsverket, 2008*). Förmågan att flytta befolkningen försvåras eftersom många av länderna är tätbefolkade utvecklingslängder, vilket gör att de har svårt att anpassa sig ekonomiskt (*IPCC, 2007*).

#### 3.3.1 *Nederländerna*

Nederländerna är det land i Europa som är mest tätbefolkat med 477 invånare/km<sup>2</sup> (*Amsterdaminfo, 2007*). Det är väldigt låglänt och har en lägsta punkt på 6,7 meter under Nederländernas officiella havsnivå. Hälften av landets totala yta ligger på en höjd mindre än en meter över havet och det finns även stora delar som ligger under havsytan. Det har inträffat en rad olika historiska katastrofer i Nederländerna, såsom stormar och översvämningar, där många människor miste livet. De värsta händelserna inträffade år 1287, 1421 och 1953. För att förhindra att Nederländerna översvämmas är landet utrustat med enorma system av vallar och pumpstationer (*Amsterdaminfo, 2007*).

Förutom att en ökad nederbörd medför stora översvämningrisker kan den stigande havsnivån orsaka stormfloder. Dessa uppstår när vattenmassor trycks upp av kraftiga vindar mot kusten. Med ytterligare ökad havsnivå, kommer antalet stormfloder sannolikt att öka, och därmed risken för otillräckliga kustskydd. Även saltvattenintrång kan bli ett problem på grund av den stigande havsnivån och landsänkningen. Detta kan leda till förödande sociala så väl som ekonomiska konsekvenserna med förlorade jordbruksmarker, bostads- och industriområden som följd (*Botzen et al, 2009*).

#### 3.3.2 *Kiribati*

Republiken Kiribati består av 32 lågt belägna atoller och en kalkstensö, belägna i mitten av Stilla havet (*Kiribati Government, 1999*). Atoller är runda korallrev som innesluter en lagun utan land på insidan. Delar av revet har byggts upp av vågor och vind, vilket bildar låga ö- kedjor som ansluter till revet. Atollerna är vanligtvis uppbyggda på en berggrund av vulkanisk bergart som ligger under havsytan

(Strahler & Strahler, 2006). Den högsta höjden överstiger sällan 4 meter över havet. Eftersom Kiribati-atollerna är små och låglänta med begränsad tillgång på resurser blir atollerna extremt sårbara (Kiribati Government, 1999).



Figur 1: Visar Kiribatis låglänta kust (PacificWater, 2007a)

Kiribati får sitt färskvatten från regnvatten, genom import eller genom avsaltning. Färskvattenkällorna är väldigt grunda och kan variera mellan 1-25 meter, vilket gör dem känsliga för variation i nederbörd och överutnyttjande. För en del av öarna är vattenförsörjningen helt beroende av mängden nederbörd, där det installerats regninsamling och lagringssystem. Det största hotet mot de låglänta öarna är den stigande havsnivån och delar och hela öar riskerar att läggas under vatten. Översvämningarna riskerar att medföra hot mot infrastruktur och jordbruket samt saltvattenintrång i färskvatten (National Integrated Water Resource, 2007a). Dessa negativa effekter av klimatförändringarna och den stigande havsnivån kommer att göra det omöjligt för landet och befolkningen att anpassa sig till de förändringar som bedöms komma i framtiden. Befolkningen kommer därför att tvingas att evakueras från atollerna. Kiribati kommer att påverkas av kusterosion, avlagring, översvämningar och saltvattenintrång (Kiribati Government, 1999).

### 3.3.3 Tuvalu

I centrala Stilla havet ligger önationen Tuvalu som består av de tre korallöarna och sex atollerna Funafuti, Nukufetau, Nukulaelae, Nanumea, Niutao, Nanumanga, Nui, Vaitupu och Niulakita. Landet har en total landyta av bara 26 km<sup>2</sup> och med en höjd över havet i de flesta områden på bara tre meter. Den högsta punkten på ön Niulakita är 4.6 meter över havet (Aung et al, 2009). Öarna påverkas lätt av processer som kusterosion, kustöversvämning och saltvattenintrång. De marina

livsmiljöerna har förändrats till följd av den stigande havsnivån och den förändrande ytvattentemperaturen stressar havets biologiska mångfald. Funafuti Conservation Area är ett projekt som etablerades för att öka antalet känsliga arter i korallreven. Dessa arter har redan drabbats av naturliga och mänskliga stressfaktorer där effekter av klimatförändringarna kan ge ytterliggare skada. Det syns en tydlig påverkan av kusterosion på alla öarna i Tuvalu (*Tuvalu's National Adaptation, 2007*).



Figur 2: Visar en av Tuvalu atollerna (*PacificWater, 2007b*).

Stora delar av öarna har tillgång till brunnar, men vattnet är av dålig kvalitet. En del har bara ett hål som grävts ner till grundvattnet där det inte finns något skydd mot föroreningar. I de större byarna är dock de flesta brunnarna skyddade av korallstenmurar och utrustade med handpumpar. Tuvalu har en porös och ofruktbar mark som gör det svårt att driva ett bördigt jordbruk. Saltvattenintrång på grund av stigande havsnivå stressar därför det redan oproduktiva jordbruket, därför är det stor del av befolkningen livnär sig på fiske (*National Integrated Water Resource, 2007b*).

Tuvalu påverkas av naturkatastrofer såsom cykloner och torka, vilka förvärras av förändringar och den stigande havsnivån. I februari 2006 drabbades en av Tuvalus öar Funafuti av den värsta översvämningen någonsin där stor del av befolkningen fick evakueras till följd av saltvattenintrång i vattendrag. Problemen kommer att förvärras av klimatförändringarna och tropiska cykloner kan komma att bli betydligt kraftigare. De globala klimatförändringarna som resulterar i stigande

havsnivåer och extrema händelser kommer att öka sårbarheten i Tuvalu's samhällen. Det finns en stor brist på ekonomiska resurser för att bevara de naturresurser som försörjer nationen (*Tuvalu's National Adaptation*, 2007).

## 4 IPCC:s utsläppsscenarioer

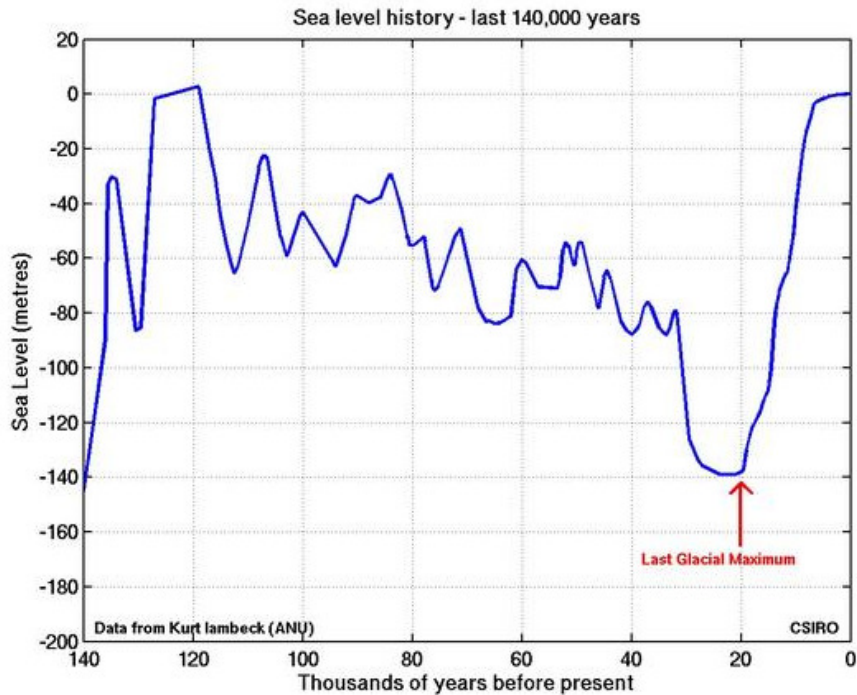
IPCC har tagit fram olika sannolika scenarier för hur framtiden kommer att fortlöpa vad gäller utsläpp av växthusgaser. De olika utsläppsscenarioerna ger ingångsdata till klimatmodeller som används för att simulera hur det framtida klimatet kommer att utvecklas och därigenom påverka havsnivåerna. Scenarierna blir ett lämpligt verktyg att analysera hur olika faktorer kan påverka framtida utsläppsresultat samt en bedömning av tillhörande osäkerhet. Det finns sex olika utsläppsscenarioer där jag har valt ut tre av dem; Den högsta, lägsta och mitten värdet (A1F1, B1 och B2). Scenarierna bestäms av drivkrafterna ekonomisk utveckling, befolkningstillväxt och teknisk utveckling. Scenario A1F1 illustrerar en intensiv användning av fossilt bränsle. Scenario B1 beskrivs som en sammanlöpande värld där globala befolkningstillväxten har en topp kring 2050 till följd av en minskning. Förändringen i den ekonomiska strukturen och servicen är snabb. Det finns även införande i ren och resurseffektiv teknik. Scenario B2 beskrivs som en värld där fokus ligger på lokala lösningar för ekonomisk, social och miljömässigt hållbarhet där befolkningstillväxten ständigt ökar med en normal ekonomisk utveckling. Det finns även mer kraft på miljövard och social rättvisa som är fokuserat på de lokala och regionala nivåerna (*IPCC*, 2007; *Nakic 'enovic', et al* 2000).

## 5 Resultat

### 5.1 Havsnivåförändringen för flera tusen år sedan

För cirka 2,5 miljoner år sedan startade kvartärtiden och denna period delas in i två epoker, pleistocen och holocen. Det största delen av kvartärtiden utgörs av pelostocen och den mellanistiden motsvaras av holocen som inleddes för drygt 11 000 år sedan. Under en istid, även kallat glacialer, har även då klimatet varierat (SGU, 2010). Under geologisk tid har havsnivån varierat och regelbundet trängt in eller dragit sig tillbaka över kustslätter. Hav och landytors lägesförändring är ett tecken på vertikala rörelser i marken, förändringar i havets volym eller i många fall en kombination av båda. Utbytet av massa mellan inlandsisar och hav har varit en bidragande faktor till förändringen i havsnivå under kvartärtiden. Havsnivån är låg under istider och relativt hög under mellanistider, även kallat interglacialer. Förändringar på regional och lokal nivå orsakas av landhöjningar och sättningar i kustområden eller på grund av regionala och lokala klimatförändringar. Under årliga eller kortare tidsintervall är det meteorologi och tidvattendrivna förändringar som spelar en viktig roll. Havsnivån kan variera mellan olika platser trots att de ligger relativt nära varandra (Lambeck & Chappell, 2001).

Havsnivåvariationerna under de senaste 140 000 år sedan illustreras i figur 3. Under interglacialcykeln varierade havsnivån med över 100 meter till följd av förändringar i sommarsolstrålningen i norra halvklotet. För cirka 125 000 år sedan var havsnivån 4 till 6 meter över nuvarande nivåer. Modellsimuleringar över klimat och isar visar att det var cirka 3°C varmare på Grönland än idag. Havsnivån sjönk till mer än 120 meter under nuvarande havsnivå under senaste istiden då vatten lagrades i inlandsisen i Nordamerika, Grönland, norra Europa och Antarktis. För omkring 20 000 år sedan började isen smälta och havsnivån steg snabbt med ett genomsnitt på 10 mm/år som ökade till 40 mm/år fram till cirka 6000 år sedan (CSIRO, 2010b).



Figur 3: Illustrerar havsnivåvariationer från 140 000 år sedan fram till idag (CSIRO, 2010b).

## 5.2 Havsnivåförändringen under 1900-talet och nutid

Under 1900-talet ökade havsnivån snabbt, vilket kunde noteras på många platser i världen, vilket visade stora avvikelser på förändring i havsnivån från slutet av kvartärtiden. De salta våtmarkerna på Island visar att havsnivån började stiga snabbt mellan 1800 och 1840 vilket kan ha varit ett resultat av regional uppvärmning av havet. En kombination av historiska data och sentida observationer av havsnivån visar att den relativa havsnivån har stigit med 13,5 cm från 1841 till 2000 (CSIRO, 2010c). Den globala genomsnittliga förändringen av havsnivån från 1870 till 2004 har uppskattats med hjälp av historiska tidvattendata och satellit-höjddata till nästan 20 cm med en genomsnittlig ökning på cirka 1,7 mm/år under 1900-talet (CSIRO, 2010c). Dessa resultat har även bekräftats av modellsimuleringar där orsaken delvis konstaterats vara mänsklig påverkan (Gehrels, 2010).

Havsnivåförändringen under perioderna 1961-2003 och 1993-2003 har uppskattats för termisk expansion, glaciärer samt inlandsisen på Grönland och Antarktis. Dessa uppskattade värden jämförs med observerade värden på havsnivåhöjningen, se tabell 1 (Bindoff et al, 2007).

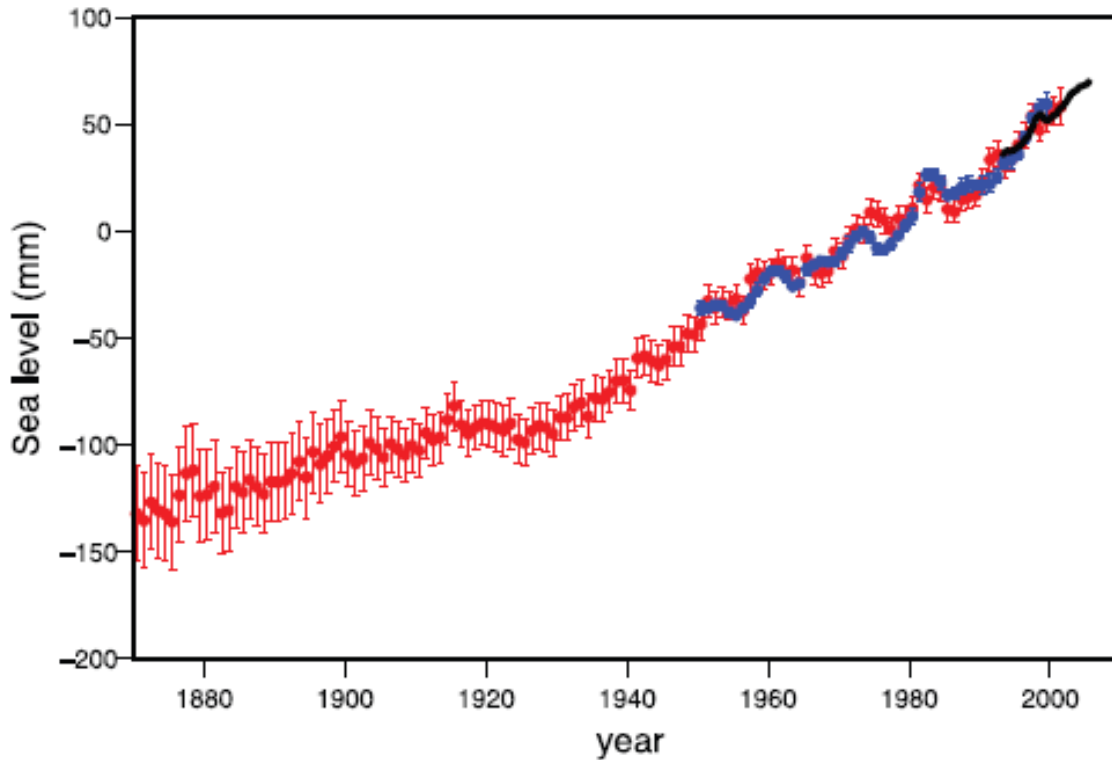
Termisk expansion uppskattas motsvara 38 % av den totala havsnivåhöjningen, medan glaciärer motsvarar 45 %, Grönlandsisen 4,5 % och Antarktisen 13 % mellan åren 1961-2003. Motsvarande siffror för perioden 1993-2003 är 57 % för termisk expansion, 28 % för glaciärer, 7,5 % för Grönland och 7,5 % för Antarktis. Forskarna anser dock att dessa uppskattade värden inte är helt tillförlitliga eftersom det är så stora skillnader mellan de båda sub-perioderna. Möjlig orsak till differensen kan vara mänsklig påverkan såsom exempelvis grundvattenuttag (*Bindoff et al, 2007*).

Tabell 1: Uppskattade värden jämförs med observerade värden på havsnivåhöjningen för sub-perioderna 1961-2003 och 1993-2003 (*Bindoff et al, 2007*).

Havsnivåökning (mm/år)		
Källa	År 1961-2003	1993-2003
Termisk expansion	0.42 ± 0.12	1.6 ± 0.5
Glaciärer	0.50 ± 0.18	0.77 ± 0.22
Inlandsis på Grönland	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Inlandsis på Antarktis	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35
Totala	1.1 ± 0.5	2.8 ± 0.7
Observerade	1,8 ± 0,5	3,1 ± 0,7

Det årliga genomsnittet för den globala havsnivån, illustrerad i figur 4, visar en tydlig ökning i havsnivån för den givna perioden. Under 1961-2003 uppskattades havsnivå öka med  $1,8 \pm 0,5$  mm/år som baserades på kustnära mätningar. Under resterande 1900-talet, baserat på satellit data, uppskattades havsnivåökningen vara  $1,7 \pm 0,5$  mm/år (*Bindoff et al, 2007*).

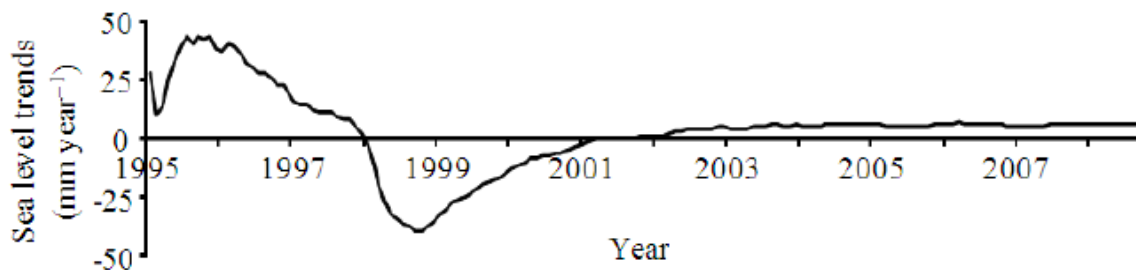




Figur 4: Det årliga genomsnittet för den globala havsnivån (mm). Den röda kurvan illustrerar rekonstruerade havsnivåer sedan 1870, den blåa kurvan visar på kustnära mätningar sedan 1950 och den svarta kurvan är baserad på höjdmätning från satellit (Bindoff et al, 2007).

### 5.2.1 Havsnivåförändring för Tuvalu

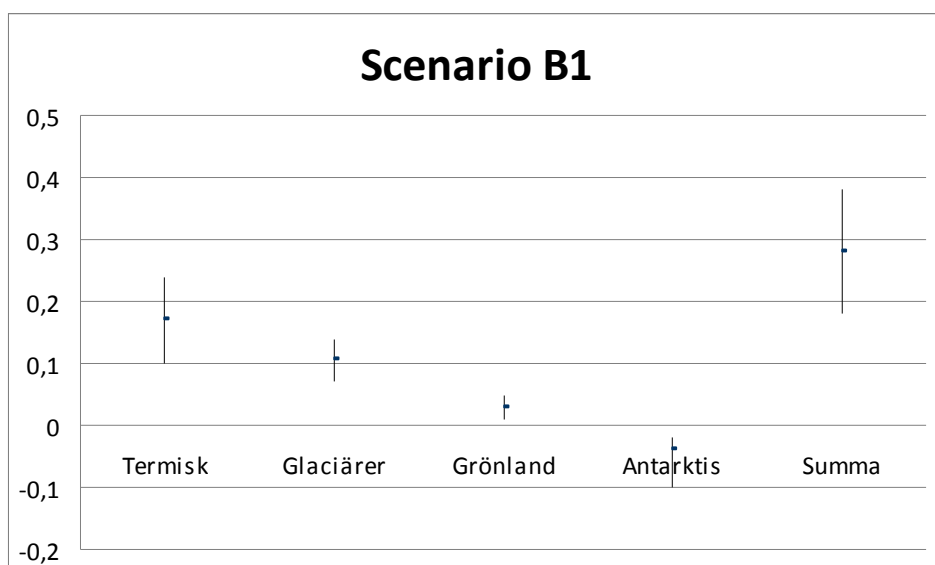
Tuvalus havsnivåförändring under perioden 1995-2009 illustreras i figur 5. De första åren är kurvan väldigt ostabil vilket kan bero på osäkerhet i mätningarna. Strax efter 2001 syns en tydlig stabilisering av havsnivåökningen, som hamnar kring 5,9 mm/år. Totalt har havsnivån stigit med 91,4 mm på 15 år (Aung et al, 2009).



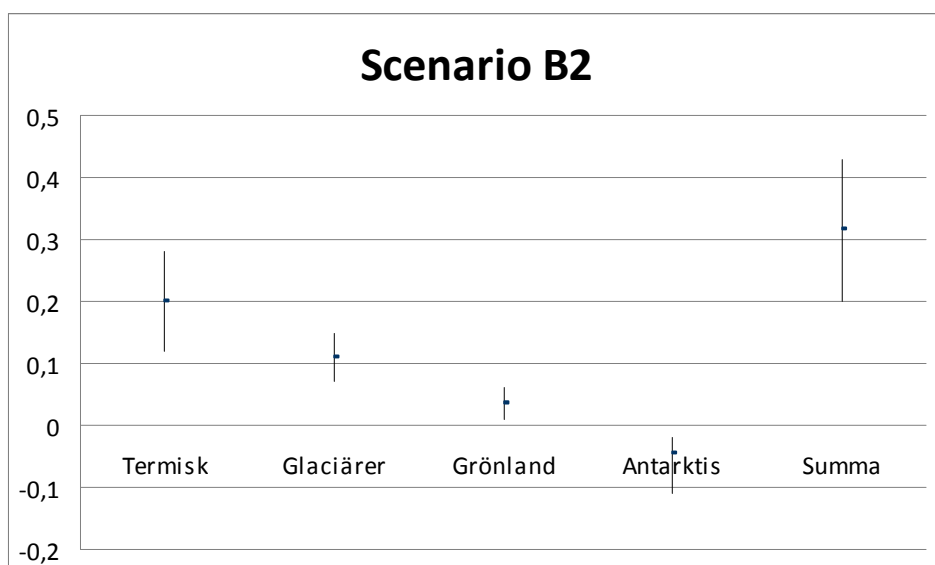
Figur 5: Havsnivåförändring i Tuvalu de senaste 15 åren (Aung et al, 2009).

### 5.3 Havsnivåförändringen i framtiden

I diagrammen redovisas beräknade havsnivåer enligt de tre utvalda scenarierna B1, B2, A1F1. Ur staplarna kan utläsas lägsta respektive högsta värdet på den beräknade stigningen av havsnivån (under 2090-2099 i förhållande till 1980-1999), med avseende på termisk expansion, avsmältning av glaciärer och inlandsisar på Grönland och Antarktis för de olika scenarierna. Se figur 6-8. Värden är baserade på data från (Meehl *et al*, 2007).



Figur 6: Beräknade havsnivåer(m) enligt scenario B1, där staplarna visar lägsta respektive högsta värdet. (Under 2090-2099 i förhållande till 1980-1999)  
Diagrammet är baserat på data från Meehl *et al*, 2007



Figur 7: Beräknade havsnivåer (m) enligt scenario B2, där staplarna visar lägsta respektive högsta värdet. (Under 2090-2099 i förhållande till 1980-1999)  
Diagrammet är baserat på data från Meehl *et al*, 2007

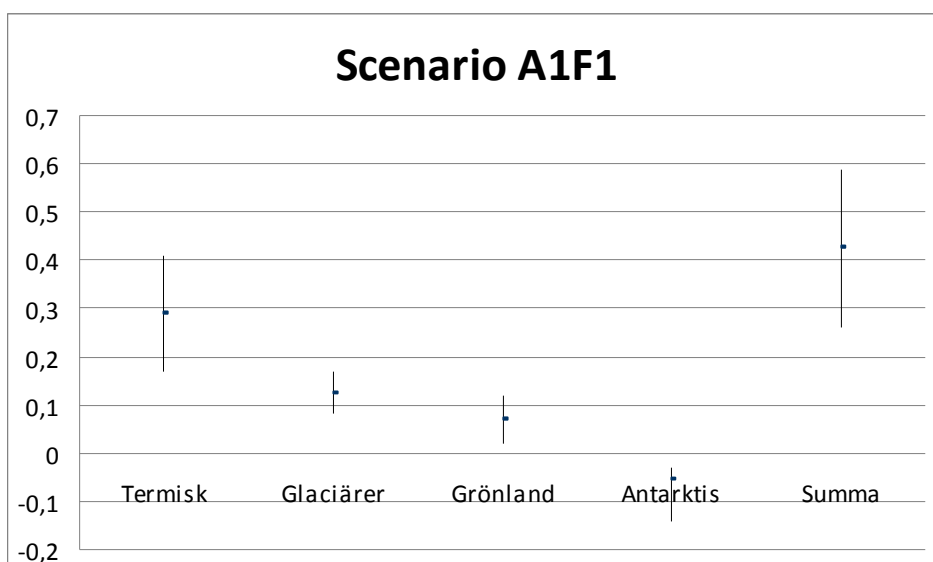


Figure 8: Beräknade havsnivåer (m) enligt scenario A1F1, där staplarna visar lägsta respektive högsta värdet. (Under 2090-2099 i förhållande till 1980-1999) Diagrammet är baserat på data från *Meehl et al, 2007*

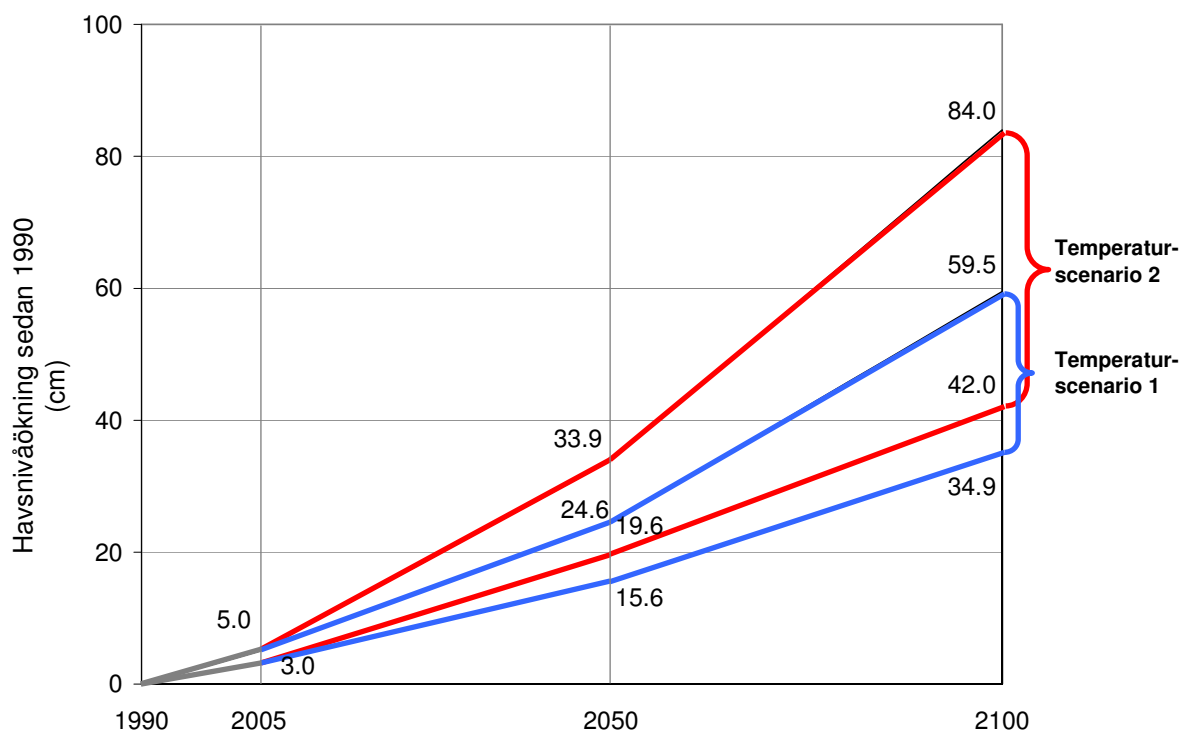
Ur figurerna 6-8 kan utläsas att scenario A1F1 ger de högsta tänkbara havsnivåökningarna, scenario B1 det lägsta och scenario B2 strax över B1. I samtliga scenarier kommer Antarktis bidra med en negativ havsnivåändring.

### 5.3.1 Havsnivåförändring för Nederländerna

Koninklijk meteorologiska institut i Nederländerna (*KNMI, 2006*) har analyserat olika havsnivåstigningsscenarier för Nederländerna, det vill säga östra Nordatlanten, baserat på global temperaturökning, termisk expansion, avsmältning av glaciärer och avsmältning av inlandsisar på Grönland och Antarktis.

Havsnivåökning liksom temperaturökning är modellerat med 1990 som basår. För Temperaturscenario 1 antas en global temperaturökning på 1°C till år 2050 och ytterligare 1°C till år 2100 medan det i Temperaturscenario 2 antas att temperaturen kommer att stiga med 2°C och 4°C respektive till år 2050 och 2100. Stigningen är dessutom, för varje scenario, angivet för ett sannolikt minimum och maximum för havsnivåstigningen.

Som framgår av figur 9 förväntas havsnivån under Temperaturscenario 1 jämfört med 1990 stiga med mellan 15,6 och 24,6 cm till år 2050 och sedan ytterligare 19,3 - 34,9 cm under de 50 åren fram till 2100. Under Temperatur-scenario 2 förväntas havsnivån ha stigit så mycket som 19,6-33,9 cm år 2050 och 42-84 cm till år 2100.



Figur 9: Havsnivåökningen (cm) från 2005-2100, basår 1990, för de två scenarier; Temperatur scenario 1 och 2. Diagrammet är baserat på data från KNMI, 2006.

### 5.3.2 Havsnivåförändring för Kiribati

Tidigare studier, baserade på tidvattenmätningar för 1970, visar på en ökning i havsnivån med 3-4 mm/år (*National adaption program of action, 2007*). Kiribatis framtida havsnivåer är baserade på SIMCLIM-modeller, vilka bygger på att data kopplas till modeller för att kunna efterlikna den förväntade innebörden av klimatvariationer och förändringar (*UNFCCC, 2010*). Värdena visar på en markant ökning från 2020-2100. Som framgår i tabell 2 kan havsnivån komma att öka med 39 cm fram till år 2100 (*National adaption program of action, 2007*).

Tabell 2: Projicerad havsnivåökning från 2025-2100, baserade på SIMCLIM-modeller. Data från National adaption program of action, 2007

Havsnivåökning			
År	2025	2050	2100
Medelhavsnivåökning (cm)	6	14	39

## 6 Diskussion

Den stigande havsnivån är ett globalt problem som blir allt mer akut och som i framtiden kan komma att förändra många miljoner människors liv. Kustområdena har länge varit attraktiva för människan och de spelar en stor roll för många länders ekonomi. Sedan industrialismen början har den globala temperaturen stigit allt mer, vilket till stor del är ett resultat av mänsklig påverkan. Det har av flera oberoende forskare modellerats scenarier för hur havsnivån kommer att förändras i framtiden varav många indikerar på en fortsatt global havsnivåökning.

Jordens klimat har genom årtusenden varierat naturligt av återkommande istider och mellanistider som en följd av naturliga processer såsom bland annat vulkanutbrott och solaktivitet. För 120 000 år sedan var havsnivån fyra till fem meter över den nuvarande nivån. Havsnivån har därefter fluktuerat och varit så låg som 120 meter under nuvarande nivå. Sedan den extrema havsnivån för 120 000 år sedan har den emellertid aldrig igen varit så hög som den är i dagsläget. För cirka 20 000 år sedan syns dock en tydlig acceleration till följd av att isarna började smälta. Den ökning har fortsatt att stiga fram till idag, vilket framgår av figur 3, men kan inte kopplas till mänsklig aktivitet.

Den accelererade havsnivåökningen de senaste 100 åren kan dock med stor sannolikhet förklaras av människans påverkan på klimatet. Sedan industrialismen tog fart syns en tydlig trend med ytterligare accelererad havsnivåökning, se figur 4.

Medelhavsnivån har mellan åren 1961 och 2003 ökat med 1,8 mm per år. Havsnivåökningen var större under sub-perioden 1993-2003 än 1961-2003 vilket kan bero på ett resultat av den mänskliga påverkan på klimatet genom förbrukning av fossila bränslen.

Samtliga utvalda scenarier visar på ökade havsnivåer i framtiden. Scenario A1F1 ger den högsta totala ökningen, mellan 0,26 och 0,59 meter, från 2090-2099 i förhållande till 1980-1999. Dock är det osäkert hur säkra värdena är eftersom det är framtagna modeller av en tänkbar ökning. Eftersom detta scenario gör ett antagande om fortsatt intensiv användning av fossila bränslen, anser jag att det är viktigt att fortsätta de stora insatser som redan idag görs mot klimatförändringarna, såsom exempelvis teknikutveckling och internationella samarbeten och överenskommelser. Scenarierna B1 och B2 visar exempelvis på en mer miljömässig hållbarhet där man satsar på renare teknik och kraftigare miljövärd vilket förespråkas på myndighets- liksom företagsnivå i många delar av världen. Det är därför viktigt att sträva efter en framtid som efterliknar scenarierna B1 och B2.

De tänkbara scenarierna som Koninklijk meteorologiska institut i Nederländerna tagit fram visar att vid Temperaturscenario 1 kommer havsnivån att stiga med mellan 15,6 och 24,6 cm fram till 2050 och ytterligare 19,3-34,9 cm fram till 2100. Temperaturscenario 2 visar dock att havsnivån kan komma att öka med så mycket som 19,6-33,9 cm till år 2050 och 42-84 cm till år 2100 om inte den temperaturökningen kan avstannas. Eftersom detta bara är framtagna värden ur ett tänkbart scenario kan man inte med säkerhet veta hur mycket det kommer att stiga. Nederländerna med en lägsta punkt är 6,7 meter under havsnivån kommer att påverkas kraftigt av en havsnivåstigning oavsett om Temperaturscenario 1 eller 2 kommer att inträffa. Nederländerna har redan i dagsläget väl utvecklade vallsystem som skyddar landet från havet. Den högsta tänkbara stigningen hade dock kunnat innebära att dessa system inte räcker till och kan därför tvingas förstärkas vilket kommer att bli en stor ekonomisk kostnad för landet. Landet har emellertid goda ekonomiska förutsättningar att såväl förbereda sig för som återhämta sig efter eventuella katastrofer orsakade av framtida högre havsnivåer i jämförelse med öländerna Tuvalu och Kiribati.

Havsnivåökningen för Kiribati anses komma att öka med 3-4 mm per år vilket, med tanke på att Kiribatis högsta punkt på cirka 4 meter, med högsta sannolikhet kommer leda till att stora delar av atollerna kommer att ödeläggas eller helt försvinner. Medelhavsnivån fram till 2100 beräknas öka med 39 cm. Dessa markanta förändringar i havsnivån kommer att leda till stora ekonomiska såväl som sociala konsekvenser för det redan fattiga landet. År 2025 beräknas havsnivån ha stigit med 6 cm och som följd av detta kan många människor tvingas flytta bosättningar så väl som jordbruksområden. Kiribati har inte de förutsättningar som krävs för att skydda sitt land mot klimatförändringarna eller mot de hälsoeffekter som kan medfölja. Den ökade risken för saltvattenintrång och översvämningarna till följd av havsnivåstigningen kan förstöra tillgången på färskt vatten och bidra till spridning av sjukdomar och epidemier så som diarré vilka lätt kan spridas i det varma klimatet.

Med en landyta på 26 km<sup>2</sup> och en högsta punkt på bara 4,6 meter över havet förväntas Tuvalu påverkas kraftigt av den framtida havsnivåstigningen. Havsnivån har under de senaste 15 åren ökat med 9,14 cm. Om framtida havsnivåökningar kommer efterlikna scenarierna B1 och B2 kommer stora delar av Tuvalu liksom Kiribati sannolikt att läggas under vatten.

Vädersituationer så som stormar kan bli förödande med en stigande havsnivå och översvämningar kommer att öka allt mer. Tillgången på färskt vatten kan försämrans

i form av saltvattenintrång och sjukdomar kan lättare spridas. Kiribati och Tuvalu har inte möjlighet att flytta från kusten upp på högre höjder då de redan är tätbefolkade och landets yta är begränsad och relativt liten. Därför kommer framtida havsnivåökningar leda till allt fler klimatflyktingar vilket kan skapa konflikter och en ökad ekonomisk kostnad i världen. Det krävs stora insatser från omvärlden för att hjälpa de utsatta länderna att bevara sina hem, sin befolkning och de naturvärden som är i farozonen att bli förstörda för all framtid.

## 7 **Slutsats**

Att havsnivån kommer att öka är nu ett faktum och det kan komma att drabba många människor inom en snar framtid. De framtida havsnivåökningarna kommer leda till allt fler klimatflyktingar vilket kan skapa konflikter och en ökad ekonomisk kostnad i världen.

Om havsnivåökningen kommer att fortsätta stiga med 5,9 mm/år i Tuvalu kan landet inom cirka 20 år till stor del läggas under vatten. Även Kiribati kommer att drabbas inom en snar framtid av den stigande havsnivån. Till år 2100 beräknas nästintill hela ön försvinna. För Nederländerna kommer havsnivån kraftigt att belasta de enorma vallsystem som landet är utrustat med.

För att förbereda länderna för den stigande havsnivån krävs mer resurser och insatser inom miljöarbetet för att bromsa klimatförändringarna. Det krävs även insatser som kan förhindra att de utsatta länderna förlorar sina hem för all framtid.



## 8 Referenser

Amsterdaminfo, (2007) "Nederländerna"

URL:<http://www.amsterdam.info/se/nederlanderna/>

hämtad 2010-05-24

Ahrens, D.C. 2009, *Meteorology Today – An introduction to weather, climate, and the environment*. Ninth Edition, Cengage Learning, Belmont.

Aung, T., Singh, A., & Prasad, U. (2009) "Sea level threat in Tuvalu". *American Journal of Applied Sciences* 6: 1169-1174

Bernes, C. (2003) *En varmare Värld – Växthuseffekten och klimatets förändringar*. AB Danagårds Grafiska, Ödeshög. ISBN 91-620-1228-2

Bindoff, N.L., J. Willebrand, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, C. Le Quéré, S. Levitus, Y. Nojiri, C.K. Shum, L.D. Talley and A. Unnikrishnan, (2007): Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Botzen, W.J.W., Van den Bergh, J.C.J.M., & Bouwer, L.M. (2009). "Climate change and increased risk for the insurance sector: a global perspective and an assessment for the Netherlands. *Nat Hazards*. Vol 52:577-598

CSIRO (2010a) "Sea level is rising"

URL:<http://www.cmar.csiro.au/sealevel/index.html>

hämtad 2010-05-15

CSIRO (2010b) "Historical sea level change"

URL:[http://www.cmar.csiro.au/sealevel/sl\\_hist\\_intro.html](http://www.cmar.csiro.au/sealevel/sl_hist_intro.html)

hämtad 2010-05-15

CSIRO (2010c) "Historical sea level change"

URL:[http://www.cmar.csiro.au/sealevel/sl\\_hist\\_last\\_15.html](http://www.cmar.csiro.au/sealevel/sl_hist_last_15.html)

hämtad 2010-05-15

Gehrels, R. (2010) "Sea-level changes since the Last Glacial Maximum: an appraisal of the IPCC Fourth Assessment Report". *Journal of Quaternary Science*, Vol 25:26–38

Houghtonm J., (2005) "Global Warming". *Institute of Physics Publishing*. May 2005. pp 1343-1403

ACIA, Arctic Climate Impact Assessment, Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. ACIA Overview report, key Finding 2, 2004

URL: <http://amap.no/acia/>

hämtad 2010-04-23

IPCC, 2001 "Observed Changes in Sea Level". Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis

URL:[http://www.grida.no/publications/other/ipcc\\_tar/?src=/climate/ipcc\\_tar/wg1/013.htm](http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/?src=/climate/ipcc_tar/wg1/013.htm)

hämtad 2010-05-23

IPCC. (2007) Sammanfattning för beslutsfattare. Rapport 5704. April 2007.

URL:<http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/swedish/ar4-spm-wg2.pdf>

hämtad 2010-05-22

Kiribati Government, (1999) "Initial Communication under the United Nations Framework convention on climate change"

URL: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/kirnc1.pdf>

hämtad 2010-04-23

KNMI, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Bart van den Hurk, Albert Klein Tank, Geert Lenderink, Aad van Ulden, Geert Jan van Oldenborgh, Caroline Katsman, Henk van den Brink, Franziska Keller, Janette Bessembinder, Gerrit Burgers, Gerbrand Komen, Wilco Hazeleger and Sybren Drijfhout. (2006). "KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands" KNMI Scientific Report WR 2006-01.

Lambeck, K., & Chappell, J. (2001). "Sea Level Change Through the Last Glacial Cycle". *Science*. Vol 292

Lemke, P., J. Ren, R.B. Alley, I. Allison, J. Carrasco, G. Flato, Y. Fujii, G. Kaser, P. Mote, R.H. Thomas and T. Zhang, (2007): Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver and Z.-C. Zhao, 2007: Global Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Miller, T.G., & Spoolman, E.S. (2009) *Living in the environment*. International student edition. Sixteenth edition

Nakic´enovic´, N., , Alcamo, J., Davis, D., de Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Yong Jung, T., Kram, T., Lebre La Rovere, E., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Riahi, K., Roehrl, A., Rogner, H.H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N. (2000), *Special Report on Emission Scenarios, Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

National adaption program of action (NAPA) (Environment and conservation division: Ministry of environment, land and agricultural development government of Kiribati), [Online], January 2007

ULR: <http://unfccc.int/resource/docs/napa/kir01.pdf>

hämtad 2010-05-23

National Integrated Water Resource Management Diagnostic Report – Kiribati. (Draft SOPAC Miscellaneous Report 638), [Online], November 2007a

URL:[http://www.pacificwater.org/userfiles/file/GEF%20IWRM%20Final%20Docs/SOPAC%20IWRM%20Diagnostic%20Report%20Kiribati%2019\\_10\\_07.pdf](http://www.pacificwater.org/userfiles/file/GEF%20IWRM%20Final%20Docs/SOPAC%20IWRM%20Diagnostic%20Report%20Kiribati%2019_10_07.pdf)

hämtad 2010-05-22

National Integrated Water Resource Management Diagnostic Report – Tuvalu. (Draft SOPAC Miscellaneous Report 647), [Online], Novemver 2007b

URL:[http://www.pacificwater.org/userfiles/file/GEF%20IWRM%20Final%20Docs/SOPAC%20Diagnostic%20Report%20Tuvalu%202022\\_10\\_07.pdf](http://www.pacificwater.org/userfiles/file/GEF%20IWRM%20Final%20Docs/SOPAC%20Diagnostic%20Report%20Tuvalu%202022_10_07.pdf)  
hämtad 2010-05-22

Naturvårdsverket (2008) "Så förändras klimatet".  
URL:<http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Sa-forandras-klimatet/>  
hämtat 2010-05-20

Nicholls, J.R., Hoozemans, M.J.F., & Marchand, M. (1999) "Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses".  
*Global Environmental Change*. June 1999. pp 69-87

PacificWater, (2007a) "Kiribati"  
URL:<http://www.pacificwater.org/pages.cfm/country-information/kiribati.html>  
hämtad 2010-05-24

PacificWater, (2007b) "Tuvalu".  
URL: <http://www.pacificwater.org/pages.cfm/country-information/tuvalu.html>  
hämtad 2010-05-24

Polarisen (2010a) "Glaciärer och klimat".  
URL: <http://polarisen.se/glaciarer/glaciaerer-och-klimat>  
hämtad 2010-05-20

Polarisen (2010b) "Glaciärer - bara vanligt vatten".  
URL: <http://www.polarisen.se/glaciarer/glaciaerer>  
hämtad 2010-06-07

SGU "Istidernas betydelse"  
URL:<http://www.sgu.se/sgu/sv/geologi/jordtacket/istiderna.html>  
hämtad 2010-05-25

Sherif, M.M., & Singh, P.V. (1999) "Effect of climate change on sea water intrusion in coastal aquifers". *Hydrological Processes*. 13:1277-1287

Strahler, A., & Strahler, A. (2006) *Introducing Physical Geography*. John Wiley & Sons, Inc. Fourth edition.

Tuvalu's National Adaptation Programme of Action (Under the auspices of the United Nations Framework Convention on Climate Change), [Online], May 2007,

URL: <http://www.sprep.org/att/IRC/eCOPIES/Countries/Tuvalu/7.pdf>  
hämtad 2010-05-24

UNFCCC, (2010) ” SimCLIM”.

URL:[http://unfccc.int/adaptation/nairobi\\_work\\_programme/knowledge\\_resources\\_and\\_publications/items/5482.php](http://unfccc.int/adaptation/nairobi_work_programme/knowledge_resources_and_publications/items/5482.php)  
hämtad 2010-05-26

US EPA (U.S Environmental Protection Agency), (2009) “Coastal Zones and Sea Level Rise”. URL: <http://www.epa.gov/climatechange/effects/coastal/index.html>  
hämtad 2010-04-27

Walsh, J.E., Anisimov, O., Hagen,J.O.M, Jakobsson, T., Oerlemans, J., Prowse,T.D., Romanovsky, D., Savelieva, N., Serreze, M., Shiklomanov, A., Shiklomanov, I., Solomon, S., 2005. Cryosphere and Hydrology – ACIA Chapter 6. In: Arctic Climate Impacts Assessment: Technical report to the Arctic Council of Ministers. Cambridge University Press. 183-242

Zhang, K., Douglas, C.B., & Leatherman, P.S. (2004) “Global Warming and coastal erosion”. *Climatic Change* 64: 41–58

Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND. Serien startade 1985. Uppsatserna är även tillgängliga på <http://www.geobib.lu.se/>

The reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden.

Report series started 1985. Also available at <http://www.geobib.lu.se/>

111. Tränk, L., (2005): Kadmium i skånska vattendrag – en metodstudie i föroreningsmodellering.
112. Nilsson, E., Svensson, A.-K., (2005): Agro-Ecological Assessment of Phonxay District, Luang Phrabang Province, Lao PDR. A Minor Field Study.
113. Svensson, S., (2005): Snowcover dynamics and plant phenology extraction using digital camera images and its relation to CO<sub>2</sub> fluxes at Stordalen mire, Northern Sweden.
114. Barth, P. von., (2005): Småvatten då och nu. En förändringsstudie av småvatten och deras kväveretentionsförmåga.
115. Areskoug, M., (2005): Planering av dagsutflykter på Island med nätverkanalys
116. Lund, M., (2005): Winter dynamics of the greenhouse gas exchange in a natural bog.
117. Persson, E., (2005): Effect of leaf optical properties on remote sensing of leaf area index in deciduous forest.
118. Mjöfors, K., (2005): How does elevated atmospheric CO<sub>2</sub> concentration affect vegetation productivity?
119. Tollebäck, E., (2005): Modellering av kväveavskiljningen under fyra år i en anlagd våtmark på Lilla Böslid, Halland
120. Isacson, C., (2005): Empiriska samband mellan fältdata och satellitdata – för olika bokskogområden i södra Sverige.
121. Bergström, D., Malmros, C., (2005): Finding potential sites for small-scale Hydro Power in Uganda: a step to assist the rural electrification by the use of GIS
122. Magnusson, A., (2005): Kartering av skogsskador hos bok och ek

i södra Sverige med hjälp av satellitdata.

123. Levallius, J., (2005): Green roofs on municipal buildings in Lund – Modeling potential environmental benefits.
124. Florén, K., Olsson, M., (2006): Glacifluviala avlagrings- och erosionsformer I sydöstra Skåne – en sedimentologisk och geomorfologisk undersökning.
125. Liljewalch-Fogelmark, K., (2006): Tågbuller i Skåne – befolkningens exponering.
126. Irminger Street, T., (2006): The effects of landscape configuration on species richness and diversity in semi-natural grasslands on Öland – a preliminary study.
127. Karlberg, H., (2006): Vegetationsinventering med rumsligt högupplösande satellitdata – en studie av QuickBird-data för kartläggning av gräsmark och konnektivitet i landskapet.
128. Malmgren, A., (2006): Stormskador. En fjärranalytisk studie av stormen Gudruns skogsskador och dess orsaker.
129. Olofsson, J., (2006): Effects of human land-use on the global carbon cycle during the last 6000 years.
130. Johansson, T., (2006): Uppskattning av nettoprimärproduktionen (NPP) i stormfällan efter stormen Gudrun med hjälp av satellitdata.
131. Eckeskog, M., (2006): Spatial distribution of hydraulic conductivity in the Rio Sucio drainage basin, Nicaragua.
132. Lagerstedt, J., (2006): The effects of managed ruminants grazing on the global carbon cycle and greenhouse gas forcing.
133. Persson, P., (2007): Investigating the Impact of Ground Reflectance on Satellite Estimates of Forest Leaf Area Index
134. Valoczi, P. (2007): Koldioxidbalans och koldioxidinnehållsimulering av barrskog I Kristianstads län, samt klimatförändringens inverkan på skogen.
135. Johansson, H. (2007): Dalby Söderskog - en studie av trädarternas sammansättning 1921 jämfört med 2005
137. Kalén, V. (2007): Analysing temporal and spatial variations in DOC concentrations in Scanian lakes and streams, using GIS and Remote Sensing
138. Maichel, V. (2007): Kvalitetsbedömning av kväveretentionen i

nyanlagda våtmarker i Skåne

- 139 Agardh, M. (2007): Koldioxidbudget för Högestad – utsläpp/upptag och åtgärdsförslag
- 140 Peterz, S. (2007): Do landscape properties influence the migration of Ospreys?
- 141 Hendrikson, K. (2007): Småvatten och groddjur i Täby kommun
- 142 Carlsson, A. (2008): Antropogen påverkan i Sahel – påverkar människans aktivitet NDVI uppmätt med satellit.
- 143 Paulsson, R. (2008): Analysing climate effect of agriculture and forestry in southern Sweden at Högestad & Christinehof Estate
- 144 Ahlstrom, A. (2008): Accessibility, Poverty and Land Cover in Hambantota District, Sri Lanka. Incorporating local knowledge into a GIS based accessibility model.
- 145 Svensson T. (2008): Increasing ground temperatures at Abisko in Subarctic Sweden 1956-2006
- 146 af Wåhlberg, O. (2008): Tillämpning av GIS inom planering och naturvård - En metodstudie i Malmö kommun.
- 147 Eriksson, E. och Mattisson, K. (2008): Metod för vindkraftslokalisering med hjälp av GIS och oskarp logik.
- 148 Thorstensson, Helen (2008): Effekterna av ett varmare klimat på fenologin hos växter och djur i Europa sedan 1950.
- 149 Raguz, Veronika (2008): Karst and Waters in it – A Literature Study on Karst in General and on Problems and Possibilities of Water Management in Karst in Particular.
- 150 Karlsson, Peggy (2008): Klimatförändringarnas inverkan på de svenska vägarna.
- 151 Lyshede, Bjarne Munk (2008): Rapeseed Biodiesel and Climate Change Mitigation in the EU.
- 152 Sandell, Johan (2008): Detecting land cover change in Hambantota district, Sri Lanka, using remote sensing & GIS.
- 153 Elgh Dalgren, Sanna (2008): vattennivåförändringar i Väneren och



dess inverkan på samhällsbyggnaden i utsatta städer

- 154 Karlgård, Julia (2008): Degrading peat bogs in northern Europe: changing vegetation in an altering climate and its potential impact on greenhouse gas fluxes.
- 155 Dubber, Wilhelm and Hedbom, Mari (2008) Soil erosion in northern Loa PDR – An evaluation of the RUSLE erosion model
- 156 Cederlund, Emma (2009): Metodgranskning av Klimatkommunernas lathund för inventering av växthusgasutsläpp från en kommun
- 157 Öberg, Hanna (2009): GIS-användning i katastrofdrabbade utvecklingsländer
- 158 Marion Früchtel & Miriam Hurkuck (2009): Reproduction of methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions
- 159 Florian Sallaba (2009): Potential of a Post-Classification Change Detection Analysis to Identify Land Use and Land Cover Changes. A Case Study in Northern Greece
- 160 Sara Odelius (2009): Analys av stadsluftens kvalitet med hjälp av geografiska informationssystem.
- 161 Carl Bergman (2009): En undersökning av samband mellan förändringar i fenologi och temperatur 1982-2005 med hjälp av GIMMS datasetet och klimatdata från SMHI.
- 162 Per Ola Olsson (2009): Digitala höjdmodeller och höjdsystem. Insamling av höjddata med fokus på flygburen laserskanning.
- 163 Johanna Engström (2009): Landskapets påverkan på vinden -sett ur ett vindkraftperspektiv.
- 164 Andrea Johansson (2009): Olika våtmarkstypers påverkan på CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O och CO<sub>2</sub> utsläpp, och upptag av N<sub>2</sub>.
- 165 Linn Elmlund (2009): The Threat of Climate Change to Coral Reefs
- 166 Hanna Forssman (2009): Avsmältningen av isen på Arktis -

mätmetoder, orsaker och effekter.

- 167 Julia Olsson (2009): Alpina trädgränsens förändring i Jämtlands- och Dalarnas län över 100 år.
- 168 Helen Thorstensson (2009): Relating soil properties to biomass consumption and land management in semiarid Sudan – A Minor Field Study in North Kordofan
- 169 Nina Cerić och Sanna Elgh Dalgren (2009): Kustöversvämningar och GIS  
  
- en studie om Skånska kustnära kommuners arbete samt interpolations-metodens betydelse av höjddata vid översvämningssimulering.
- 170 Mats Carlsson (2009): Aerosolers påverkan på klimatet.
- 171 Elise Palm (2009): Övervakning av gåsbete av vass – en metodutveckling
- 172 Sophie Rychlik (2009): Relating interannual variability of atmospheric CH<sub>4</sub> growth rate to large-scale CH<sub>4</sub> emissions from northern wetlands
- 173 Per-Olof Seiron and Hanna Friman (2009): The Effects of Climate Induced Sea Level Rise on the Coastal Areas in the Hambantota District, Sri Lanka - A geographical study of Hambantota and an identification of vulnerable ecosystems and land use along the coast.
- 174 Norbert Pirk (2009): Methane Emission Peaks from Permafrost Environments: Using Ultra-Wideband Spectroscopy, Sub-Surface Pressure Sensing and Finite Element Solving as Means of their Exploration
- 175 Hongxiao Jin (2010): Drivers of Global Wildfires — Statistical analyses
- 176 Emma Cederlund (2010): Dalby Söderskog – Den historiska utvecklingen

- 177 Lina Glad (2010): En förändringsstudie av Ivösjöns strandlinje
- 178 Erika Filppa (2010): Utsläpp till luft från ballastproduktionen år 2008
- 179 Karolina Jacobsson (2010):Havsisens avsmältning i Arktis och dess effekter
- 180 Mattias Spångmyr (2010): Global effects of albedo change due to urbanization
- 181 Emmelie Johansson & Towe Andersson (2010): Ekologiskt jordbruk - ett sätt att minska övergödningen och bevara den biologiska mångfalden?
- 182 Åsa Cornander (2010): Stigande havsnivåer och dess effekt på låglänta länder