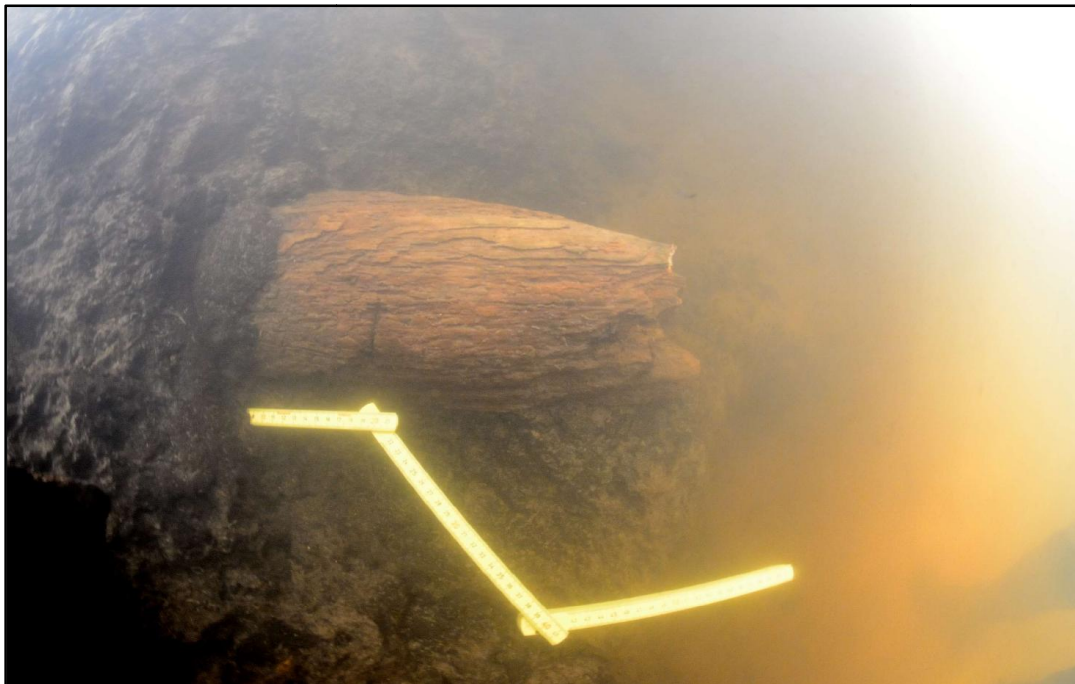




Lärdomar från Östersjöns havsnivåförändringar för framtida samhällsplanering. En studie av Verkeåns historiska utformning

Arvid Hjelmér

2014



Miljövetenskap

Examensarbete för kandidatexamen 15hp

Lunds universitet

Lärdomar från Östersjöns havsnivåförändringar för framtida samhällsplanering

En studie av Verkeåns historiska utformning

Arvid Hjelmér

2014

Examensarbete för kandidatexamen 15hp, Lunds universitet

Intern handledare: Anton Hansson och Dan Hammarlund, Geologiska
institutionen, Lunds universitet

Abstract

At Haväng in eastern Scania, South Sweden, an underwater landscape occurs on the seabed. The landscape consists of deep-rooted pines standing in organic deposits. Due to sea level changes, the area was exposed during two phases (11,700 to 10,700 and 10,000 to 8,500 years ago) so that pines could live there, to subsequently drown and end up submerged. This study aims to show how the Baltic Sea formation took form. Knowing the historical variations and what has influenced sea level changes in the Baltic Sea, it is possible to draw conclusions about the future of the coastlands. This study shows that there are remains from the old pines even further up in the current Verkeån, 400 meters into the valley, included a pine in gyttjasediment dated to 8,180-8,050 cal BP. This corresponds to the beginning of the Littorina Sea, when the sea just like today was tightly connected to the world ocean. During that period the sea level increased to a maximum of 5-8 meters above present level. Sediment samples adjacent to the pine, show that the sediment has been under water during the entire depositional period. The latest climate report by the IPCC shows that sea levels will increase by up to 1 meter by the year 2100. This is something local municipalities are trying to adapt into their planning of the future. The county administrative board of Scania is taking action through recommending municipalities not to allow construction less than 3 meter above sea level. To protect valuable areas municipalities try to dam and sustain the affected coastal areas by filling up with new material where erosion occurs. A more dynamic societal planning should be implemented in areas that could be affected by sea level changes in the future.

Innehåll

Abstract

| | |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 1. Inledning | 1 |
| 1.1. Miljövetenskaplig relevans | 1 |
| 1.2. Syfte och mål | 2 |
| 2. Områdesbeskrivning | 2 |
| 3. Metod | 3 |
| 3.1. Litteraturstudie | 3 |
| 3.2. Stratigrafisk beskrivning | 3 |
| 3.3. Glödförlustanalys av borrhärnan | 3 |
| 3.4. Våtsiktning för makrofossil på utvalda nivåer | 4 |
| 3.5. C14-datering av tallstammen | 4 |
| 3.6. Pollenanalys för en grov datering av avlagringen | 4 |
| 4. Resultat | 5 |
| 4.1. Litteraturstudie | 5 |
| 4.1.1 Östersjöns historia | 5 |
| 4.1.2. Handlingsplaner för Skånes kommuner | 7 |
| 4.2. Egen Undersökning | 8 |
| 4.2.1. Stratigrafisk beskrivning, glödförlustanalys och C14 | 8 |
| 4.2.2. Makrofossilanalys | 8 |
| 4.2.3. Pollenanalys för en grov datering av avlagringen | 10 |
| 5. Diskussion | 11 |
| 5.1. Litteraturstudie | 11 |
| 5.2. Egen undersökning | 12 |
| 5.3. Miljövetenskaplig relevans | 13 |
| 6. Slutsatser | 15 |
| 7. Tack | 15 |
| Referenser | 16 |

Omslagsbild: Tallstam i gyttjesediment i Verkeån (Foto: Arne Sjöström)

1. Inledning

Ett kustnära boende har alltid varit eftersträvansvärt för människor. Närhet till vatten underlättar för bland annat fiske och transport. Att bo nära kusten medför dock risker, då de havsnära miljöerna påverkas starkt av väder och vind samt variationer i havets nivå. Idag är det allmänt känt att havsnivån inte är statisk utan har förändrats mycket över tid. Kunskap om havsnivåförändringar började växa fram under slutet av 1800-talet (De Roest, 2013). Hypotesen om en varierande havsnivå stärktes när stora områden på havsbotten påträffades med trädstubbar och rester av utdöda djur (Spinney, 2012). Det finns flera exempel på gamla landskap som satts under vatten vid vattennivåhöjning. Ett av de första som återfanns var Doggerland som tros vara ett område som fungerade som landbrygga mellan kontinenten och Brittiska öarna under tidig mesolitikum (jägerstenålder, 12 000–6 000 år sedan) (De Roest, 2013). I Sverige har ett liknande område varit känt sedan början av 1900-talet. Det förekommer ett undervattenslandskap som är beläget utanför Haväng i östra Skåne där rotfasta tallar och organogena avlagringar förekommer ner till cirka 20 meters djup (Nilsson, 2014). Området utanför kusten har varit torrlagt under två perioder efter Weichseliens tillbakadragande, dels 11 700–10 700 och dels för 10 000–8 500 år sedan. När sedan havet steg till över dagens havsnivå begravdes miljön under vattnet (transgression). Tallarna på havsbotten förekommer i vad som idag är en förlängning av Verkeåns dalgång, där organogena avlagringar vittnar om ett meandrande flodsystem. Tallarna är välbevarade tack vare att de övertäckts av ett lager gyttja samt de syrefria förhållanden som råder på havsbotten. Platsen är därutöver riklig på arkeologiska fynd från mesolitikum, bland annat har en fiskfälla påträffats. Den har daterades till en ålder av 9 000 år, vilket gör det till världens äldst påträffade fiskeredskap (Nilsson, 2014). Bildandet av det dränkta landskapet samt dåtida havsnivåförändringar studeras idag av geologer och arkeologer vid Lunds universitet inom projektet *Havslandskap till ytan- Positionering av stenålderns submarina kulturmiljöer* vars ambition är att klargöra bildningsmiljön samt hur människan har nyttjat landskapet vid Haväng. För att få ett grepp över områdets utveckling ska rester av flora och fauna undersökas i sedimenten.

En del i detta projektarbete består av att undersöka analoga platser till gyttjeavlagringarna ute i havet, längre upp i Verkeåns nuvarande dalgång. Därigenom ska bildningsmiljön för området en bit upp i dalen undersökas. Undersökningsområdet ligger idag på en låg nivå över havsytan vilket medför att det under lång tid har påverkats av havets nivåförändringar. Intresset för den granskade platsen uppkom när arkeologer under ett fältdyk hittade den undersökta tallen begravd i organogena sediment vilket skapade frågor kring om den var samtida med tallarna ute i Hanöbukten.

1.1. Miljövetenskaplig relevans

Dagens forskning visar att en framtida värld kommer att bli varmare, vilket får till följd att den globala havsnivån kommer att stiga. Havsnivåhöjningen beror främst på en större tillförsel av vatten vid ökad isavsmältning från glaciärer (glacio-eustasi), men även på att havsvattnets volym utvidgas vid högre temperatur (termisk expansion) (Länsstyrelsen i Skåne län, 2008). Enligt Oelreich et al. (2012) finns det några metoder att använda sig av vid beräkning av framtida havsnivåförändringar. Två av metoderna presenteras här. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) använder sig av en metod som baseras på utförliga datormodeller. En annan metod baseras på jämförelser med förhistoriska havsnivåer samt utbredning av istäcken. Genom att använda sig av denna typ av data ökar förståelsen för hur kopplingen mellan temperatur och havsnivåer sett ut historiskt, vilket ger en bild av hur variationen i framtiden kan tänkas se ut (Siddall & Milne al. 2011; Oelreich et al. 2012).

Ett varmare klimat kommer att bidra med stora förändringar där havsnivåhöjningar blir ett särskilt stort problem för stora delar av världens befolkning. Modellerna i den nya klimatrapporten (IPCC,

2013) baseras på fyra tänkbara utsläppsscenarier, så kallades RCP (Representative Concentration Pathways). I en av modellerna finns ett scenario som innebär att utsläppen når sin höjdpunkt de kommande decennium (år 2020) för att sedan avta och vara noll i slutet av seklet, scenario RCP2,6. Det finns två scenarier där utsläppsnivåerna ökar till en viss nivå för att därefter stabiliseras. Det är alternativ RCP4,5 som stabiliseras på 2040 års nivå och RCP6,0 som stabiliseras på 2060 års nivå. Därutöver finns ett scenario med mycket höga växthusgasutsläpp, scenario RCP8,5. Enligt IPCC:s (2013) kommer den globala genomsnittliga havsnivåhöjningen fram till år 2081–2100 (i förhållande till 1986–2005 års nivåer) sannolikt att vara 26 till 55 cm för scenario RCP2,6, 32 till 63 cm för RCP4,5, 33 till 63 cm för RCP6,0 och 45 till 82 cm för RCP8,5. I slutet av seklet beräknas havsnivåökningen för scenario RCP8,5 vara mellan 52 och 98 cm. Att anpassa samhället till dessa förändringar är därför något som det finns ett stort behov av. Därför har Sveriges 21 länsstyrelser i uppdrag av regeringen att ta fram regionala handlingsplaner för klimatanpassningsarbetet (Länsstyrelsen i Skåne län, 2014).

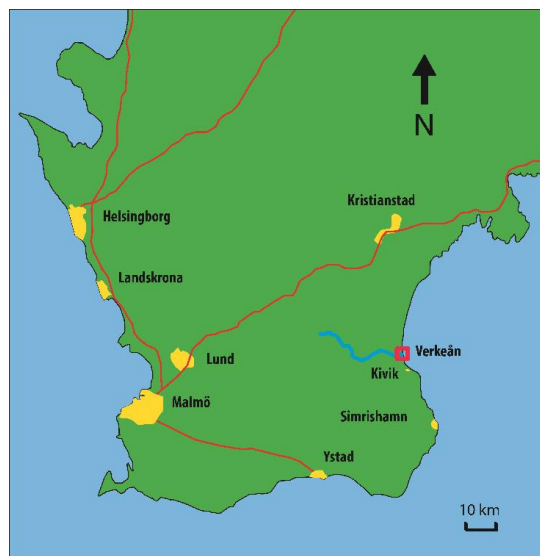
1.2. Syfte och mål

Syftet med detta arbete är att sätta den förväntade framtida havsnivåförändringen i ett långsiktigt perspektiv genom att kartlägga historiska havsnivåförändringar i och kring Verkeån, som mynnar ut vid Haväng. Detta görs med utgångspunkt från en upptagen sedimentborrkärna från åns kant. Målet är att genom ett antal analyser kunna återskapa den miljö som sedimenten avsattes i. Platsen för proverna ligger nära dagens kustlinje vilket kan ge en indikation på eventuella havsnivåförändringar i området och bidra med kunskap kring den historiska havsnivåförändringen, samt i förlängningen hur en framtida höjning skulle kunna påverka Skånes kuster. Detta arbete kommer därutöver att behandla havsnivåförändring ur ett samhällsplaneringsperspektiv där huvudfokus ligger på den skånska problematiken kring ett stigande hav.

2. Områdesbeskrivning

Haväng och Verkeåns utlopp är beläget 4 kilometer norr om Kivik på Skånes östkust i anslutning till Hanöbukten (Figur 1). Längsmed strandlinjen förekommer postglacial sand med varierande topografi, som på sina håll kan uppmätas till cirka 20 meter över havet. Verkeån löper genom denna strandvall ut på stranden innan den når havet. Åmynningen varierar ständigt i läge genom erosion av det omkringliggande sandmaterialet. I Verkeåns dalgång påträffas isälvsediment och yngre avlagringar i form av gyttejor (Persson, 2000). Berggrunden i området består främst av lerskiffer från Kambrium-Ordovicium. I området påträffas även glacial lera, som avsatts i en issjö, vilken funnits på platsen under perioden för isavsmältningen då den Baltiska issjön var uppdamd. Överlag är området starkt påverkat av erosion, främst genom fluvial erosion i sen- och postglacial tid (Länsstyrelsen i Skåne län, 2013).

För projektet provtogs en sedimentsekvens med en ryssborr bestående av två överlappande borrhävar, cirka 400 meter upp längs Verkeån från kusten för vidare



Figur 1: Karta över Skåne med Verkeån utplacerad. Undersökningsområdet är markerat i den röda kvadraten.

analys. Läget för provtagningsplatsen var 55°43'20,4" N, 14°11'32,9" E. Sekvensen togs i den nuvarande åkanten precis bredvid en tallstam liknande de som påträffas i undervattenslandskapet utanför kusten som projektet *Havslandskap till ytan- Positionering av stenålderns submarina kulturmiljöer* analyserar. Delar av tallstammen provtogs för vidare ålderbestämning genom ¹⁴C-analys. Platsen ligger idag cirka 1 meter över havsytan och åkanten i sig var rik på lösare gyttjesediment som tros vara av liknande ålder som avlagringarna i havet. Platsen för provtagningen är belägen väster om de strandvallar som finns nedåt strandlinjen.

3. Metod

3.1. Litteraturstudie

För litteraturstudien har artiklar angående det globala och regionala klimatet, samt dess inverkan på havsnivåns fluktuationer studerats. Det är framförallt Östersjön under perioden holocen (senaste och pågående geologiska epoken som påbörjades för cirka 11 600 år sedan) som utgjort huvudfokus för studien, vilket det finns rikligt med forskning kring. För att sätta informationen om det historiska klimatet i relation till dagens situation har aktuella handlingsplaner för Skåne läns klimatanpassning undersökts samt den aktuella rapporten om den vetenskapliga grunden för klimatförändringarna från FN:s klimatpanel (IPCC) där olika framtidsscenarier för havsnivån presenteras.

3.2. Stratigrafisk beskrivning

Syftet med att beskriva sedimentsekvensen från Verkeån är att undersöka stratigrafisk variation för att skapa en bild över ån och områdets utveckling samt möjliga vattenståndsförändringar som kan ha avspeglats i sedimenten. För att beskriva utvecklingen för de tagna proverna gjordes först en översiktlig stratigrafisk indelning efter sedimenttyp. Genom att undersöka stratigrafin kan geologiska händelser och bildningsmiljöer placeras in i ett större sammanhang (Andréasson, 2006).

3.3. Glödförlustanalys av borrhärnan

Glödförlust är en metod för att undersöka hur förhållandena på platsen har varit genom att fastställa halten organiskt material i sedimenten. Mängden organiskt material avspeglar avsättningsförhållandena och därmed visar glödförlusten på områdets produktivitet. Faktorer som spelar in kan också vara tillgång på syre då mycket organiskt material tyder på en anaerob miljö och lite material på en aerob miljö. De vägda proverna torkades först i 105 °C över natten. Därefter vägdes proverna innan de brändes i en ugn i fyra timmar på 550 °C. Sedan svalnade de av i en exsickator före den slutliga vägningen. Glödförlusten är den viktprocent som avgår mellan torkning och förbränning (Chambers et al. 2010-2011). För analysen togs prover på var 5:e cm genom hela lagerföljden. Antal prover totalt från sedimentsekvensen räknades till 39 stycken.

3.4. Våtsiktning för makrofossil på utvalda nivåer

För växtmakrofossilanalysen användes våtsiktning av sedimenten för att få en överblick över vilka djur och växter som påträffas i borrhovets avsättningsmiljö. Växt- och djurrester bevaras då de blir inbäddade i sediment. Därmed är det en bra källa då historisk flora och fauna ska identifieras. Makrorester återspeglar den lokala miljön på avsättningsplasten. Rester som återfinns är relativt stora vilket försvårar en långväga transport (Andréasson, 2006). Från borrhönan (0-193 cm djup) togs ett 5 cm långt och 1,5 cm brett prov var 20:e cm. I de tagna proverna eftersöktes makrofossil med ett stereoljuskroskop från Wild Heerbrugg. Våtsiktningen genomfördes med en sikt där maskstorleken var 500 µm. Makroproverna bedömdes grovt efter hur riklig mängd material som återfanns samt om möjligt artbestämning av de påträffade fynden.

För att identifiera det som påträffades under makrofossilanalysen användes litteratur i form av Mossberg & Stenberg (2003), Katz & Katz (1946), Cappers et al. (2012) samt Gärdenfors (2004). För att hantera och kvantifiera det återfunna materialet delades det först in i två grupper, fynd av växt-djurdelar. Kategorin växtdelar indikerar på förekomst av rester efter rötter, bark, frödelar och mossor. Gruppen djurdelar består av rester och fragment från djur. Därefter räknades antalet fragment som återfanns som kunde kategoriseras efter ovanstående indelning. För att göra siffrorna mer hanterbara delades antalet återfunna fragment in efter en tredelad skala, fåtal, riklig och mycket rikligt mängd. I ett prov med fåtal fynd påträffades under 15 fragment. Hamnade provet i kategorin rikligt återfanns 15-25 växt- eller djurdelar. Om ett prov klassas som mycket rikligt förekommer det mer än 25 fragment i provet.

Björk, al, starr, källört, strätta, gäddnate och tall identifierades med hjälp av fröer som påträffats. Stor snytessnäcka identifierades dels med skal, men företrädesvis baserat på de opercula som återfanns. Skalbaggas bestämdes efter de täckvingar som påträffades. Mossan identifierades med hjälp av växtdelar som förekom i provet. Gräs igenkändas på blad och ett växtknä som återfanns. Hassel bestämdes genom identifikation av ett träfragment.

3.5. C14-datering av tallstammen

^{14}C är en radioaktiv kolisotop. Genom att känna till hur snabbt isotopen sönderfaller (halveringstid 5 730 år) kan organiskt material dateras. Standardmetoden kallas AMS vilket är en förkortning av acceleratormasspektrometri. Metoden går ut på att provet slås sönder i olika kolisotoper i en accelerator för att sedan särskiljas efter isotoptyp. Kvoten mellan ^{12}C och ^{14}C är nära konstant i levande organismer och i atmosfären. När något levande dör sönderfaller ^{14}C och kvoten ändras. Med hjälp av halveringstid kan därefter ålder räknas ut genom att observera mängden av de olika isotoperna (Andréasson, 2006).

3.6. Pollenanalys för en grov datering av avlagringen

Pollenanalys är en metod som används för att beskriva utvecklingen av ett områdes vegetation, då växter producerar stora mängder av pollen som sprids i omgivningen. Påträffat pollen återspeglar miljön i ett större område då det med enkelhet transporteras långa sträckor, till exempel med vind. Därigenom kan metoden även vara en klimatindikator beroende på att arter har vissa premisser för sin överlevnad. Med analysen kan släkten och arter av olika växter identifieras. Genom att sätta samman

hur stor procentuell andel av pollen från olika arter som påträffas i provet kan en pollenstratigrafi produceras. En ungefärlig ålder på sedimenten kan då fastställas genom att jämföra med andra resultat över hur pollenfördelningen såg ut vid en viss historisk tidpunkt (Andréasson, 2006). Prover på cirka 1 cm³ togs från borrhärnan vid fyra punkter, på ett djup av 5, 97, 150 och 190 cm. Proverna preparerades med standardmetoder efter Berglund & Ralska-Jasiewiczowa (1986) före analys.

4. Resultat

4.1. Litteraturstudie

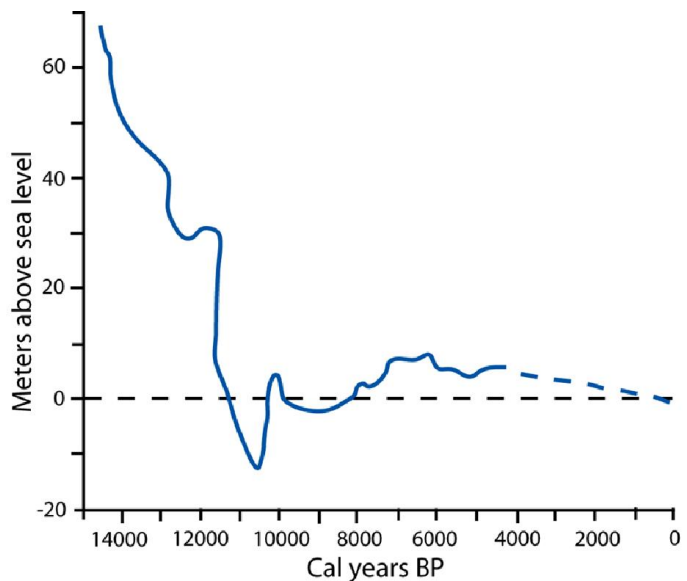
4.1.1 Östersjöns historia

I en artikel av Mayewski et al. (2004) har ett ambitiöst arbete utförts för att sammanställa tillgänglig data över klimatets variation under Holocen. Studien belyser delvis förhållandena för den norra hemisfären där proxy-data från glaciärer inhämtats vars fluktuationer kan kopplas till klimatvariationer. Mayewski et al. (2004) konstaterar att klimatet under holocen har varierat mycket. Efter Weichselisens tillbakadragande kan sex perioder av snabb klimatförändring urskiljas. Mayewski et al. (2004) kopplar flera av perioderna med snabbare klimatförändringar till variationer i solens aktivitet. Växlingar i aktivitet fick långtgående effekter för olika system på jorden, till exempel den hydrologiska cykeln, vindar och i förlängningen tillväxt/avsmältning av isar. En annan studie av Wanner et al. (2008) fokuserar på klimatet globalt de senaste 6 000 åren. De håller i stort med Mayewski et al. (2004) om vilka faktorer som påverkar klimatet. Däremot tvivlar Wanner et al. (2008) på vilken omfattning förändringar i solaktiviteten har, men de anger de orbitala variationerna, fluktuationer i solaktivitet (dock i en mindre betydande roll), vulkanism och växthusgaser som orsaker till större klimatförändringar under Holocen.

Sedan Weichselisens tillbakadragande från Skandinavien har Östersjön likt klimatet i stort genomgått många olika faser. Isen började dra sig tillbaka från södra Sverige för cirka 15 000 – 17 000 cal yr BP (kalibrerade år Before Present, före år 1950). Östersjön har tidvis varit i förbindelse med Världshavet och tidvis varit en uppdämd sjö, vilket är en av anledningarna till att olika faser med varierande vattennivå uppträder under Östersjöns historia. De huvudsakliga orsakerna till Östersjöns olika faser beror på den mängd vatten som smält från isen samtidigt som Skandinavien stigit genom isostasi efter isens tillbakadragande (Björck 2008). Det första stadiet i nuvarande Östersjöns historia kallas den Baltiska issjön som hade ett utlopp genom Öresund. På grund av isostasin i området steg landet ungefär lika snabbt som vattennivån höjdes av smältvatten från isen. Detta medförde att stora mängder smältvatten dämades upp inne i Östersjö-bassängen. För 13 000 år sedan hade den smältande isen dragit sig undan till dagens Mellansverige (Andrén, 2003a). Där skapades ett andra utlopp vilket medförde att vattennivån inne i Östersjö-bassängen sänktes med cirka 10 meter. Under denna vattennivåsänkning skapades en landbrygga mellan nuvarande Sverige och kontinenten, vilket underlättade migration av flora och fauna till Skandinavien. Därefter påbörjades en kallperiod, Yngre Dryas (med början cirka 12 800 cal yr BP), vilken varade i runt 1 000 år. När det blev kallare expanderade isen söderut igen och kom att blockera området där det tidigare utloppet existerade. Detta medförde att vattennivån höjdes i Östersjö-bassängen, till en nivå då Öresund återigen kom att fungera som ett utlopp. När kallperioden övergick i en varmare period drog iskanten sig norrut igen vilket medförde att utloppet i Mellansverige återigen öppnades. Vattennivån i Östersjön sänktes med lika mycket som landområdet hade höjts, cirka 25 meter. Återigen etablerades en landbrygga mot kontinenten i söder (Björck, 2008). Denna nya fas kallas Yoldiahavet och varade i cirka 900 år, då delar av Östersjön påverkas av saltvatteninträngning från

väster (Björck, 1995). Den låga vattennivån blottade mer landyta. Det finns många exempel på forskning från länder runt Östersjön som undersöker de tidigare landområdena som idag ligger under havsytan. Bland annat har situationen i Litauen undersökts av Žulkus & Girininkas (2012) och ett område i den Finska viken, dagens nordvästra Ryssland och nordöstra Estland studeras av Rosentau et al. (2013). I de båda studierna undersöktes kustområden med ett undervattenslandskap, bestående av rotfasta stubbar, samt lämningar efter mänsklig aktivitet. Platser som skapats under samma period då det växte tallar i dagens Hanöbukten (Figur 2, för cirka 11 700 - 10 700 cal yr BP). När väl isen dragit sig undan tilltog landhöjningen i hastighet i Mellansverige. I södra Sverige hade höjningen pågått under längre tid vilket medförde att den där avtagit i hastighet. Höjningen i Mellansverige kom att leda till att utloppet där blev grundare och inte kunde transportera ut lika mycket vatten som tidigare till världshavet. Därför påbörjades en höjning av vattenytan i Östersjön mot slutet av Yoldiaperioden (Andrén, 2003b).

Vattennivåhöjningen fortsatte in i Östersjöns nästkommande fas, kallad Ancylussjön. Höjningen av vattenytan kan ha varit så snabb som 5-10 cm om året i södra Östersjö-sänkan och uppgick till totalt omkring 20 meter. Höjningen fortgick till för cirka 10 300 år sedan (Figur 2) (Andrén, 2003c). Ett resultat snabba höjning var att tallarna under Yoldiaperioden i av denna som växt nuvarande Hanöbukten dränktes på bara några hundra år (Nilsson, 2014). Ancylussjön dämades upp så mycket att vattennivån i Östersjön stod högre än den globala havsnivån. Med en ökande landhöjning i Mellansverige skapades ett sydligt utflöde genom Danafloden, dagens Stora Bält (Bennike et al. 2004). Det som är känt är att Ancylussjön låg i nivå med världshavet för cirka 10 000 cal yr BP (Björck, 2008).



Figur 2: Bilden visar hur havsnivån har varierat i Blekinge de senaste cirka 14 000 åren. Figuren är redigerad från Berglund & Björck (1994).

Efter den glaciala periodens slut steg temperaturen på jorden. Detta medförde att de inlandsisar som täckte Europa och Nordamerika smälte. Den stora mängd vatten som frigjordes bidrog till att havsnivån globalt höjdes (Björck, 1995). För cirka 10 000 år sedan upprättades en kontakt mellan Östersjön och världshavet, saltvatten började strömma in. De har påträffats spår efter marina blötdjur från Stora Bält för cirka 8 100 år sedan (Bennike et al. 2004) i en dansk studie. I en svensk studie av Berglund et al. (2005) där kustområden i Blekinge undersöktes påträffades bland annat marint ålgräs (*Zostera marina*) vilket tyder på marin påverkan. Provet har daterats till en ålder av mellan 9 800 och 9 400 cal yr BP, vilket kan definieras som ett initialt skede av Littorinahavet (Berglund et al. 2005). Den stora saltinträngningen som gav upphov till Littorinahavet startade cirka 8 500 cal yr BP då Öresund öppnades upp till följd av att den globala havsnivån höjts ytterligare (Berglund et al. 2005). Världshavet fortsatte att stiga, vilket bidrog till en vattennivåhöjning i Östersjön, den så kallade Littorinatransgressionen som nådde sitt maximum för cirka 6 500 cal yr BP då vattenytan låg 5-8 meter över dagens nivå (Figur 2). Under denna tid fluktuerade havsytan mycket och det finns ett flertal olika transgressioner dokumenterade, vilka skapade perioder med varierande salinitet, beroende på hur mycket vatten som strömmade in från Världshavet (Andrén 2004; Berglund et al. 2005).

4.1.2. Handlingsplaner för Skånes kommuner

För att klimatanpassa samhället använder sig kommuner av olika åtgärder. Vilka åtgärder som implementeras och hur synen på havsnivåförändringar ser ut kan undersökas genom att studera dokument utgivna av länsstyrelsen i Skåne. Dokumentet som användes i denna studie är inte implementerad utan är en remissversion som gick ut under våren 2014. Anledningen till att jag inte använder mig av ett redan implementerat dokument är att jag vill se hur länsstyrelsen tagit i beaktande den nya information som givits av IPCC i den aktuella klimatrapporten som gavs ut under hösten 2013.

Länsstyrelsen har i uppdrag av regeringen att ta fram regionala handlingsplaner för klimatanpassning. Den framtagna rapporten är en del i detta arbete. Inledningsvis definieras fyra högprioriterade områden som befaras ha störst negativa konsekvenser för samhället i framtiden. Det handlar om översvämning, erosion, avlopp och markavvattning samt dricksvattenförsörjning (Länsstyrelsen i Skåne län, 2014). Fokus i detta arbete kommer att ligga på de två förstnämnda.

I Skåne anser Länsstyrelsen att arbetet med klimatanpassningen är på rätt väg eftersom alla skånska kommuner tar upp frågor kring ett föränderligt klimat i den fysiska planeringen vilket speglas i de översiktsplaner och detaljplaner som finns att tillgå. Att utforma en översikts- och detaljplan med klimatanpassning i åtanke är något som kommuner är skyldiga att upprätta enligt Plan- och bygglagen. De finns kommuner som kommit längre med detta arbete vilket visar sig genom att de upprättat klimat- och sårbarhetsanalyser, klimatanpassningsplaner samt översvämningsskarteringar. Ett stort problem som identifierats är de befintliga bostadshus som ligger på mark som enligt klimatmodeller riskerar att hamna under vattenytan de kommande decennierna. Som lägstanivå har Länsstyrelsen valt att rekommendera att ingen ny bebyggelse ska placeras på en nivå under 3 meter över dagens havsnivå. Enligt länsstyrelsens analyser handlar det om 23 000 bostadshus som idag ligger under de uppsatta rekommendationerna. De nya riktlinjerna från länsstyrelsen gäller även de outnyttjade byggrätter som förekommer i detaljplanerna som ligger under 3 meter över havsytan (Länsstyrelsen i Skåne län, 2014).

För att skydda sig från havsnivåhöjningar och andra härtill kopplade effekter, till exempel stranderosion, arbetar kommunerna med olika skyddsstrukturer för att hantera problematiken. När det gäller erosion finns ett antal olika skydd som används, men som orsakar andra typer av problem. Till exempel strandfodring, återfyllnad av material till erosionsdrabbade områden, nämns som ett hållbart alternativ av många kommuner. Andra skyddsstrukturer som diskuteras i kommunerna är att bygga vallar runt den skyddsvärda områdena. En alternativ lösning som få kommuner intresserar sig för är att låta kusten retirera och därigenom skapa en ny kustlinje på en högre höjd vilket harmonierar med rekommendationen om att ej låta nybyggnation ske under 3 meter över nuvarande kustlinje (Länsstyrelsen i Skåne län, 2014).

4.2. Egen Undersökning

4.2.1. Stratigrafisk beskrivning, glödförlustanalys och C14

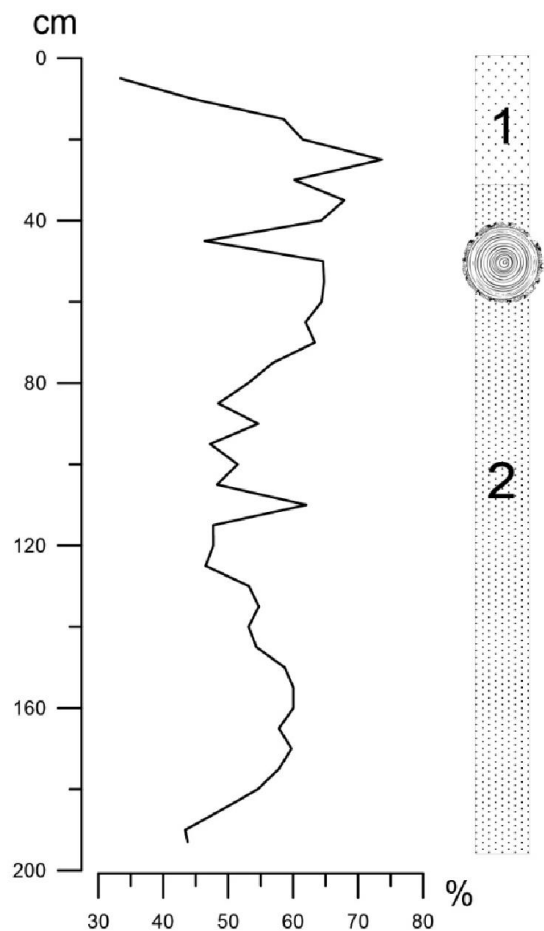
Vid provtillfället (10 mars 2014) togs provet på ett djup av 40 cm under Verkeåns vattenyta. Materialet i sedimentsekvensen räknas således från bottenytan och nedåt. Från provets topp till 34 cm djup förekommer en överlagrande grovdetritusgyttja (anges med 1 i Figur 3). Under grovdetritusgyttjan förekommer en underliggande findetritusgyttja (anges med 2 i Figur 3). Övergången mellan de båda lagren sker vid cirka 34 cm djup (± 5 cm). Resultatet visar att avsättningsmiljön på provpunkten under den aktuella perioden ständigt varit under vatten. Det övre lagret med grovdetritusgyttja visar att sedimentet avsatts på en plats där vattendjupet varit under 3 meter. Det undre sedimentet bestående av findetritusgyttja påvisar en lugn avsättningsmiljö där vattennivån varit mer än 3 meter (Andréasson, 2006). Vid okulärbesiktning av lagerföljden noterades större delar och partier som skiljde sig från det övriga provet. Noterbart är att vid 67 cm djup påträffades en mindre bit tallved. På djupet mellan 73-95 cm framträdde ett parti med riklig mängd vita skalrester, förmodligen tillhörande arten stor snytessnäcka (*Bithynia tentaculata*) vilken även påträffades på 144 och 165 cm djup. På 145 cm djup återfanns en mörk vedbit som bestämdes till al. Vid 138 cm djup anträffades ett parti med högre mineralhalt än det övriga provet.

Glödförlusten uppvisar en svagt ökande trend mot toppen, det vill säga att den organiska halten i proverna minskar med djup. Normalvärdet för den organiska koncentrationen för proverna ligger runt 55 %.

Tallen provtogs från ett djup av 40-60 centimeter i anslutning till sedimentsekvensen. ^{14}C -åldern bestämdes till $7\,315 \pm 45$ BP. ^{14}C -åldern kalibrerades med Oxcal (Bronk Ramsey, 2009) online efter intcal13 kurvan (Reimer et al. 2013) vilket gav en kalibrerad ålder på $8\,050-8\,180$ cal BP, med 68,2 % säkerhet.

4.2.2. Makrofossilanalys

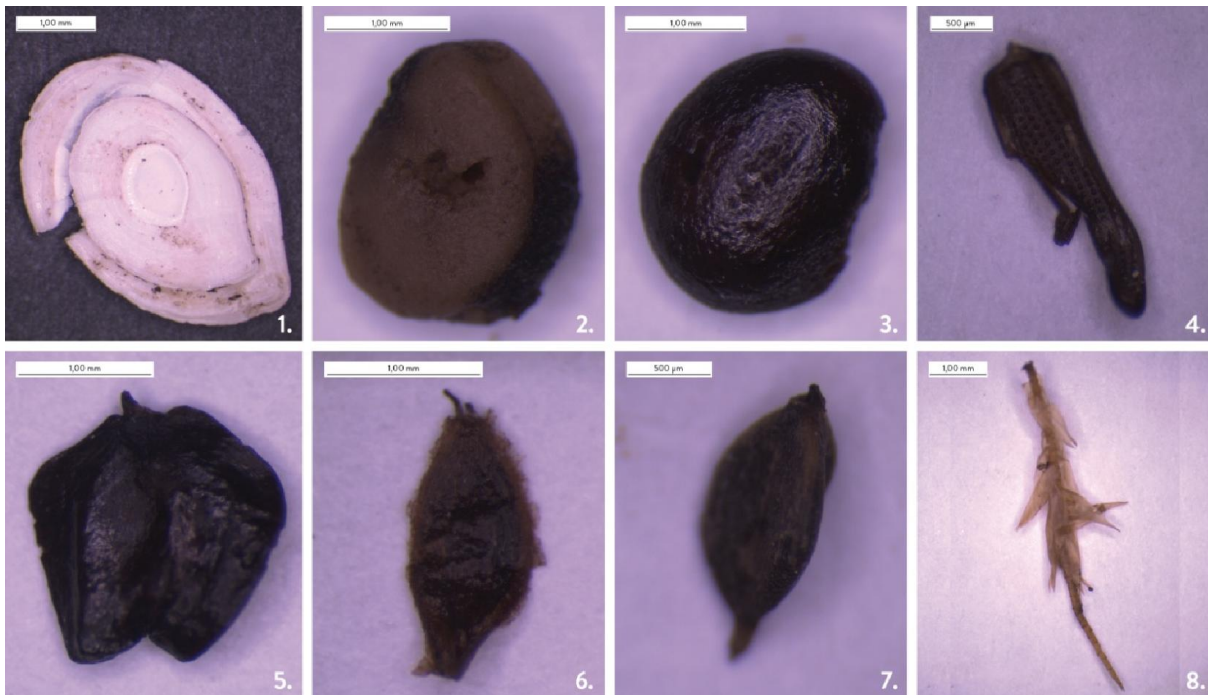
Resultatet från makrofossilanalysen redovisas i tabell 1. Tabellen klargör för på vilket djup som vilken art påträffades under analysen. För att exemplifiera förekommer det ett urval av identifierade växtdelar i Figur 4.



Figur 3: Till vänster visas resultatet av glödförlusten. Till höger redovisas en stratigrafisk beskrivning över borrhönan enhet. Området markerat med 1 består av en algrisk grovdetritusgyttja (0-34 centimeters djup) medan område 2 utgörs av en algrisk findetritusgyttja (34-193 centimeters djup). Vid 40-60 centimeters djup återfinns tallstammen.

Tabell 1: Visar på vilka djup som arterna återfanns, under makrofossilanalysen. Växt- och djurdelar anges i en tredelad skala där en punkt betyder fåtal, två punkter riklig och tre punkter mycket förekomst av respektive fragment.

| Latinskt namn | 0-5 | 20-25 | 40-45 | 60-65 | 80-85 | 100-105 | 120-125 | 140-145 | 160-165 | 180-185 | 190-193 |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Al | ■ | ■ | ■ | | | ■ | | ■ | | | ■ |
| Strätta | | | | | | | | ■ | | | |
| Björk | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Stor Snytesnäcka | | | | | ■ | ■ | | ■ | | | |
| Starr | | ■ | ■ | ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | ■ |
| Skalbagge | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | ■ |
| Hassel | | | | | | | | | | ■ | |
| Källört | | | | | | | | | ■ | | |
| Tall | | | | | ■ | | | | | ■ | |
| Gräs | | | ■ | | | | | | ■ | | |
| Gäddnate | | | | | | | | ■ | | | |
| Mossa | | | | | | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Växtdelar | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■■■ | ■■ |
| Djurdelar | ■ | ■ | ■■ | ■ | ■■ | ■■ | ■■ | ■■ | ■ | ■ | ■ |



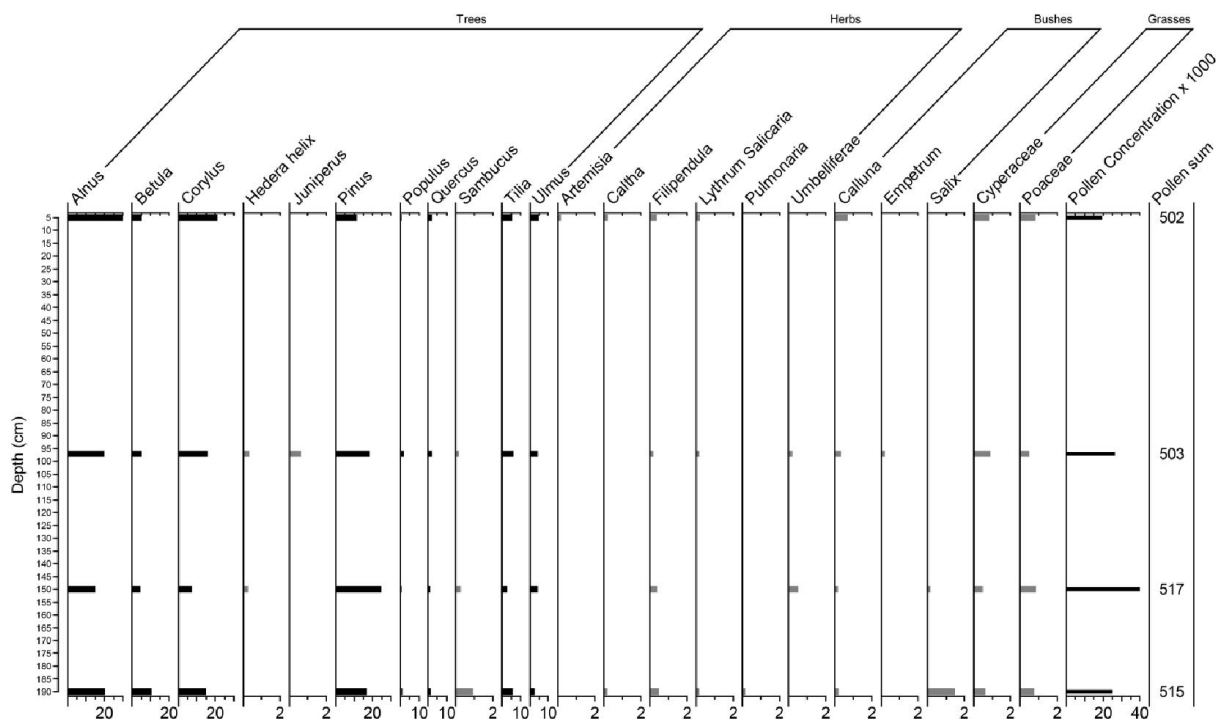
Figur 4: (1) Operculum från stor snytessnäcka (*Bithynia tentaculata*); (2) Frö från gäddnate (*Potamogeton natans*); (3) Frö från källört (*Montia fontana*); (4) Insektsdel förmodligen täckvingar från skalbagge (*Coleoptera*); (5) Frö från al (*Alnus*); (6) Frö från björk (*Betula*); (7) Frö från släktet starr (*Carex*); (8) Del av mossa.

4.2.3. Pollenanalys för en grov datering av avlagringen

Resultatet av pollenanalysen visar att förhållandena på platsen har varit tämligen konstanta genom sedimentsekvensen. I proverna från de fyra olika nivåerna i sedimenten återfinns pollen från ett flertal träd, buskar, örter och gräs och presenteras i Figur 5. Det är sex träd, al, hassel, tall, björk, lind, alm, som dominerar i proverna och dessa står genom sekvensen totalt för mellan 65-75 % av pollensumman. Prover togs från fyra djup, 5, 97, 150 och 190 cm. I det översta provet (5 cm) påträffades pollen av al 30 %, hassel 20 %, tall 10 %, björk 5 %, lind 5 % och alm 5 %. Pollen från malört återfanns endast i provet från 5 cm. Provet från 97 cm djup innehåller 20 % al, 15 % hassel, 15 % tall, 5 % björk, 5 % lind samt 5 % alm. Pollen från andra arter som endast återfanns i provet från 97 cm var kråkbär och en.

I provet från 150 cm djup återfinns pollen från tall i rikligare mängd och utgör 25 %, de övriga träden som dominerar är al med 15 %, hassel med 10 %, björk med 5 %, alm med 5 % samt lind med 5 %. Provet från 190 cm djup innehåller 20 % al, 15 % hassel, 15 % tall, 10 % björk, 5 % lind samt 2 % alm. Pollen från andra arter som endast återfinns i provet från 190 cm var röllika och ljungört.

Utöver de dominerande arterna påträffades pollen i små mängder från ek, poppel, gräs, älggräs, halvgräs och ljung i alla provpunkter.



Figur 5: Figuren visar pollenkoncentrationerna på fyra olika djup. De svarta staplarna visar de påträffade koncentrationerna för varje art, medan de grå visas med 10 gångers förstoring. Indelningen sker efter träd, örter, buskar och gräs.

Andra pollenslag som observeras under analysen var kabbleka på djup 5 och 190 cm. Pollen från murgröna återfanns på djup 97 och 150. Fackelblomster påträffades på 5, 97 och 190 cm djup. Vide fanns på 150 och 190 cm djup. Pollen från flädersläktet hittades i de tre lägsta proven. På djupet 97 och 150 cm fanns pollen som klassades till familjen flockblommiga växter

5. Diskussion

5.1. Litteraturstudie

Oelreich et al. (2012) och Siddall & Milne (2011) förespråkar att använda sig av en metod som baseras på en jämförelse med förhistoriska havsnivåer samt utbredning av istäcken när det gäller att förutspå framtida havsnivåförändringar. Vad säger Östersjöns historia om framtida förändringar? Inledningsvis kan konstateras att dagens Östersjö påverkas i stor uträkning av kontakten med världshavet. Detta ger Östersjön speciella förhållanden som till exempel brackvatten, då grunda sund begränsar inströmningen av saltvatten från världshavet. Om världshavet stiger är det därför tänkbart att havsnivån i Östersjön också stiger, vilket förmodligen saliniteten också skulle göra. Detta skapar nya premisser för flora och fauna i Östersjön, framförallt i de södra delarna. Exempel på detta har förekommit under perioden för Littorinahavet. Perioder med högst vattennivå sammanfaller med perioder av högre salinitet (sea surface salinity), som exempelvis för 7 000-6 000 år sedan när vattenytan stod cirka 5-8 meter över dagens nivå (Berglund et al, 2005). Inträngningen av saltare vatten har också observerats i Gotlands-bassängen i samband med

Littorinatransgressionen (Emeis et al. 2003). I en studie av Willumsen et al. (2013) i vilken salthalten

i Fårödjupet utanför Gotland analyserades över tid presenterades resultat från perioden 7 250 till 5 250 år sedan vara 15 psu (practical salinity units) mot dagens 7-8 psu (BalticSeaNow, 2014).

5.2. Egen undersökning

Sedimentsekvensen från Verkeån bidrar med en tänkbar bild över områdets utveckling. I sekvensen överlagras ett lager algrisk findetritusgyttja av ett skikt med algrisk grovdetritusgyttja. Detta visar att platsen legat har under vatten under hela tiden för sedimentbildningen. Den höga alghalten som är genomgående för sedimentsekvensen visar en avsättning under näringsrika förhållanden (Andréasson, 2006). Ån, det vill säga avsättningsplatsen, har varierat något under perioden. En förklaring kan vara att åns dragning inte är statisk utan förflyttar sig något under årtusendena, vilket de relikta meanderbågarna i Hanöbukten och dalgången vittnar om. Djupförhållandet i ån kan också ha skiftat. Övergången mellan grovdetritus och findetritus är ett tecken på att djupförhållandena har förändrats. Glödförlustanalysen tyder på att vattenpelaren över tiden för gyttjeavsättningen minskat. I dagens situation befinner sig den aktuella sedimentsekvensen i åkanten, medan den vid avsättningen kan ha befunnit sig i åns djupare mittfåra. Det finns en möjlighet att tallen växte i åkanten. När åns läge försköts i sidled underminerades tallen och välte ner i ån där sedan delar av den överlagrades av gyttja på platsen.

Genom ^{14}C -datering kunde tallen från sedimentet ålderbestämmas. Tallen antas ha hamnat på platsen av naturliga orsaker. Därmed kan åldern på det omgivande sedimentet åldersbestämmas, eftersom det måste ha avsatts under samma period som tallen levde. Vilken nivå som är jämgammal med tallens ålder kan diskuteras. Idag återfinns tallstammen på ett djup av 40-60 cm. Vilken nivå som åldern på provet speglar beror på hur tallen har hamnat där. När tallen hamnat på platsen kan den ha trängt ner i sedimentet, detta skulle medföra att tallens ålder motsvarar en nivå som är högre upp i sedimentet. Vid ett antagande om att tallens ålder speglar sedimentet vid 60 cm djup finns därmed möjligheten att sedimentets ålder blir för hög. Andra möjliga scenarier för hur tallen hamnat på platsen kan också spela in vid dateringen. Tallen kan ha transporterats till platsen, då finns möjligheten att den har uppehållits under transporten. Om tallen av någon anledning inte direkt hamnat i sedimentet förekommer en risk att tallens ålder inte återspeglar sedimentets ålder. Resonemanget kring tallen inträngning i sedimentet bör också tas i beaktande i det sistnämnda scenariot. För att ha marginaler för olika scenarier för placeringen av tallen samt hur avsättningen ägt rum betraktas djupet av 50 cm som sedimentets "korrekta" ålder.

Tallen från sedimentsekvensen, 40-60 cm djup visar en ^{14}C -ålder på 7315 ± 45 BP, vilket gav en kalibrerad ålder på 8 050-8 180 cal BP, med 68,2 % säkerhet. Känt är att Littorinahavets tidiga fas inleddes med en transgression. Från att havsnivån varit någon meter under dagens nivå steg den till omkring 5-8 meter över dagens läge på några hundra år (Berglund et al. 1994). Det är tänkbart att tallens död (cirka 8 050-8 180 cal BP) berodde på den höjning av havsnivån som ägde rum vid Littorinahavets inledande transgression (Berglund et al. 2005).

Flora- och faunabestånden har i detta arbete analyserats utifrån en makrofossilanalys samt en pollenanalys. Det kan berätta något om hur den omkringliggande miljön såg ut. Det var en miljö som dominerades av al, hassel, tall, björk, lind och alm. Att de ovannämnda träden dominerar beror delvis på att de sprider sina pollen med vinden. Detta är en ekologisk nisch som förutsätter att stora mängder pollen produceras och sprids. Andra arter som återfinns är insektpollinerade vilket kan medföra att de inte påträffas i samma mängd i sedimenten (Smith & Smith, 2012). Detta skapar en bild av att de vindpollinerade växterna dominerar när den egentliga vegetationen kanske såg något annorlunda ut. En annan faktor som kan bidra till att pollendiagrammet inte återspeglar den faktiska miljön är det faktum att sedimentsekvensen är hämtad från en å, där vatten rör sig. Därmed kan vatten föra med sig pollen och andra växtdelar från hela åns tillrinningsområde för att sedermera avsättas på platsen.

Pollenanalysen visar att området i stort sett varit homogent under perioden då sedimentsekvensen

avsattes. Förekomsten av lind genom hela sekvensen visar att den lägsta punkten i sedimentet inte är äldre än cirka 9 500 cal BP, då tidigare studier visat att det först var då som pollen från lind blir vanligt förekommande i Skåne (Gaillard, 1984). Detta skulle medföra en genomsnittlig sedimentationstillväxt på cirka 0,1 cm per år, vilket kan antas rimligt (Hansson, 2014).

Bilden av området framträder och visar på en miljö som påverkas starkt av närheten till vatten. Växterna som påträffas kräver huvudsakligen en miljö med hög fuktighet och näringshalt. Data från makrofossilanalysen visar på liknande sammansättning av de växter som dominerar i pollenstratigrafien. Lämningar efter björk, al, tall, gräs och hassel påträffades i både pollen- och makrofossilanalysen. Makrofossilanalysen visar också att miljön i ån var en plats för vattenflora, då arter som gäddnate återfanns i sedimentsekvensen. Djurresterna kommer företrädesvis från skalbaggar i form av täckvingar och opercula från stor snytessnäcka. Att det förekommer fynd från stor snytessnäcka är ett tecken på att miljön inte varit påverkat av saltvatteninträngning från Östersjön då snytessnäckan föredrar sötvattenmiljöer (Gärdenfors, 2004). Rester efter stor snytessnäcka förekom i sedimentsekvensen vid djupen cirka 70 - 165 cm. Tallens ålder beräknades till 8 050-8 180 cal BP, vilket motsvarar 50 cm ner i sedimentet. Enligt Berglund et al. (1994) och Emeis et al. (2003) var det under denna period en pågående transgression, med ett maximum vid 6 000-7 000 cal BP kring 5-8 meter över dagens nivåer. Då det undersökta området idag återfinns cirka en meter över befintlig havsnivå är det därmed troligt att det låg under djupare vatten än idag. Perioden för transgressionen kännetecknas också av en högre salinitet i stora delar av Östersjön (Berglund et al. 1994; Emeis et al. 2003), något som torde ha påverkat undersökningsområdet då det förmodligen hamnat under ett större vattendjup med saltare vatten. Trots att ån är ett avrinningsområde för ytvattnet kan det vara tänkbart att den höjda havsnivån med saltare vatten bidrog till att den stora snytessnäckan försvann från platsen då den inte återfinns över 70 cm djup i sedimentsekvensen. Den höjda saliniteten bidrog kanske till att göra platsen olämplig för snytessnäckan. För att undersöka hur stor del av Verkeån som påverkats av salinitetsinträngning skulle fler undersökningar kunna göras uppströms där förhållanden förmodligen varit mer konstanta, det vill säga mindre påverkan av havsnivåförändringar och saltvatteninträngningar.

5.3. Miljövetenskaplig relevans

Enligt IPCC:s (2013) senaste rapport kommer den globala genomsnittliga havsnivåhöjningen fram till 2081–2100 (i förhållande till 1986–2005 års nivåer) uppgå till 26-98 cm. Beräkningarna har utförts genom fyra olika scenarier som varierar i utsläppsmängd i form av växthusgaser. Med ett scenario (RCP2,6) där mängden emissioner av växthusgaser stabiliseras, för att därefter minska och vara noll vid seklets slut kommer havsnivån sannolik att öka mellan 26 och 55 cm. För scenario RCP4,5 och RCP6,0 förväntas halterna av växthusgasemissioner stabiliseras på olika nivåer, som skulle ge stigande havsnivåer på mellan 32 och 63 cm före seklets slut. Det sista scenariot (RCP8,5) utgår från att halterna växthusgasemissioner är fortsatt höga vilket enligt modellen skulle ge en höjd havsnivå med 52-98 cm till år 2100. Enligt naturvårdsverket (2013) anses det sistnämnda scenariot som mest troligt.

Länsstyrelsen i Skåne arbetar i nuläget med att identifiera områden med bebyggelse som i framtiden riskerar att påverkas av ett stigande hav. Med denna kunskap har länsstyrelsen rekommenderat kommuner att inte ge tillstånd till nybyggnation under 3 meter över havsytan. Analyser över hur stor andel av bebyggelsen i Skåne som ligger under 1,5 meter över dagens havsytan har utförts och visar att det rör sig om 3 000 bostäder (Länsstyrelsen i Skåne län, 2014). Observera att bostadsbeståndet på denna beläget på denna nivå redan idag är i riskzonen då de kan översvämmas vid situationer med högre vattenstånd. Om den genomsnittliga havsytan skulle höjas med 52-98 cm blir läget för denna bebyggelse ytterst bekymmersamt. Länsstyrelsen har gjort ytterligare analyser och undersökt hur stort bostadsbeståndet är på en nivå under 3 meter över dagens havsnivå och kommit fram till att det rör sig om 23 000 bostäder. Vid seklets slut hamnar troligen denna bebyggelse i en zon som blir direkt hotad vid högre vattenstånd i kombination med vind- och vågerosion, kusterosion och eventuella grundvattenhöjningar (Länsstyrelsen i Skåne län, 2014). Redan

idag påverkas bebyggelse i stor utsträckning av översvämning vid situationer med högvatten. Om medelvattennivån på sikt stiger ökar risken för översvämning. Längs med kusten påträffas idag många områden med höga naturvärden som riskerar att direkt översvämmas och försvinna. Med höjda grundvattennivåer kan lågt belägen byggnation och infrastruktur påverkas negativt. Ett annat tänkbart scenario är att risken för saltvatteninträngning i kustnära brunnar ökar.

Det finns tre strategier för att hantera ett stigande hav ur samhällssynpunkt, att retirera, försvara eller attackera. En reträtt innebär att bostäder och infrastruktur som är lokaliserade i en riskzon förflyttas till områden utan risk. Strategin att försvara existerande bebyggelse och infrastruktur kräver olika typer av skydd. En attack medför att den nuvarande kustlinjen fylls ut och förstärks. Då de tre ovanstående strategierna både kräver stora ekonomiska investeringar och under vissa förutsättningar kan skapa mer skada än nytta krävs en större flexibilitet i arbetet med skydd som tar hänsyn till större områden över längre tid. De olika strategierna ska kombineras när det gäller att skydda den befintliga bebyggelsen (Länsstyrelsen i Skåne län. 2012).

Två kommuner i Skåne ställs inför stora problem när havet stiger, Vellinge och Kristianstads kommun. I Kristianstad är den stora utmaningen att bedöma hur Helge ås flöden i framtiden kommer att se ut. Längs kusten pågår arbete med att identifiera de områden som bedöms som mest värdefulla. Det rör sig framförallt om tätbebyggda områden och det är företrädesvis där som insatser ska sättas in (Figur 6). Man skriver att det vore enklast "om man kan acceptera att strandområdet flyttas uppåt på land. På sträckor med högt bevarandevärde kan nuvarande strandområde bibehållas genom påfyllnad med sand" (Kristianstads kommun, 2013). Strandfyllnad förespråkas. Vilket väcker frågor kring hur långsiktigt hållbart det är att ständigt fylla på med ny sand. Problemen kring erosionen kvarstår. Det kräver dessutom påfyllnad av sand som måste tas någon annanstans ifrån och där skapas nya problem. Samhällsekonomiska kalkyler bör fastlägga ifall det är långsiktigt riktigt att återföra sand till ett område istället för att låta kustlinjen retirera. En än mer ambitiös plan finns i Vellinge kommun, där hela Falsterbonäset (en kuststräcka på cirka 3 mil) i tre etapper, över 40-80 års sikt ska skyddas med hjälp av skyddsvallar. Skydden ska enligt översiktsplanen höjas och förstärkas efterhand som behovet ökar. En utbyggnad av det befintliga dagvattensystemet ska genomföras samt diken och eventuellt kanaler som ska kompletteras med pumpstationer och grundvattenreglering (Vellinge kommun, 2013). I Vellinge görs bedömningen att hela landområdet ska skyddas. Eftersom området är lågt beläget krävs åtgärder i form av en utbyggt försvar genom skyddsvallar för att skydda det området.

För att skapa en hållbar framtid tror jag att det krävs mer dynamiska lösningar. Vissa områden kan vara rimliga att värna med regelrätta skydd medan andra på sikt ska ersättas av havet. Detta kräver en långsiktig planering om kustnära områden eftersom livslängden för byggnader kan antas vara cirka 100 år. Att kommuner måste agera mer långsiktigt och planera för ett föränderligt hav är därmed av stor betydelse. För att detta ska fungera krävs att ny bebyggelse inte få tillstånd att bygga i områden där risk för översvämning eller erosion förekommer. Rekommendationen med att inte bygga under 3 meter över dagens havsytta tycker jag låter rimligt och bestämmelserna ska allteftersom omprövas för att undvika större skador på byggnation och infrastruktur



Figur 6: Exempel på hur Kristianstads kommun värderar en kuststräcka, i denna figur kusten utanför Åhus. Rangordning sker enligt en skala 1-5 där fem är mest värdefullt. Röd markering indikerar på att kuststräckan är bebyggd, grön på att den är obebyggd. Figuren är redigerad från Kristianstads kommun (2013).

6. Slutsatser

Det undersökta landskapet vid Haväng genomgick stora havsnivåförändringar efter inlandsisens avsmältning som visar på landskapets föränderlighet över tid. Precis som stenåldersmänniskorna ställdes inför en föränderlig miljö och ett stigande hav pågår en liknande utveckling idag. Lärdomen som kan dras inför framtiden handlar om föränderlighet och vad som kan göras för att samhället i stort ska ta sig igenom förändringen med minsta möjliga skada. Denna förändring kan ses som ett led i det hållbarhetsarbete som ska genomsyra den kommunala verksamheten för att samhället på sikt sak bli mer hållbart.

Arbetet har visat att:

- Havsnivån i Östersjön har varierat mycket ur ett historiskt perspektiv.
- I dagens läge är havsnivåutvecklingen i Östersjön tätt sammanbunden med världshavets vattennivåer.
- Tallen som är belägen 40-60 cm ner i sedimentprovet uppvisar en ålder av 8180-8050 cal BP. Detta tyder på att sedimentet avsattes under början av Littorinaperioden.
- Det undersökta sedimentprovet visar på att platsen för provtagningen varit belägen under vatten under hela undersökningsperioden, där vattendjupet till en början varit större för att bli lägre över tid. Tydliga sötvatteninslag kan urskiljas, samt möjliga episoder med saltvatteninträngning.
- Flora och fauna har inte uppvisat några större variationer över undersökningsperioden, och inga tydliga varmare eller kallare perioder kunde urskiljas.
- Enligt IPCC beräknas havsnivån maximalt att stiga med cirka 1 meter till år 2100.
- Länsstyrelsen i Skåne rekommenderar Skånes kommuner att inte planlägga för byggnation under 3 meter över havsytan.
- Kommuner i Skåne ser framförallt olika typer av skydd och strandfodring som lösningar när havet stiger.
- En mer flexibel samhällsplanering bör implementeras i områden som riskerar att påverkas av havsnivåförändringar i framtiden.

7. Tack

Ett stort tack till mina handledare Anton Hansson och Dan Hammarlund för god och trevlig handledning med viktiga synpunkter och kommentarer. Speciellt tack till Anton för pollenanalyserna. Tack till Mats Rundgren och Hans Linderson för hjälp med makroanalysen. Tack till Björn Nilsson och Arne Sjöström för arkeologisk bakgrund samt de fina undervattensbilderna. Ett tack till ovannämnda i projektet *Havslandskap till ytan Positionering av stenålderns submarina kulturmiljöer* som tagit sig an mitt arbete som vore det deras eget, dessutom ett stort tack för en trevlig fältdag.

Referenser

- Andréasson, P.G. (red), 2006: Geobiosfären – en introduktion, Lund. Studentlitteratur.
- Andrén, T. 2003a: Baltiska Issjön – eller hur det började, Havsutsikt. Vol. 1. 4-5.
- Andrén, T. 2003b: Yoldiahavet – en viktig parentes, Havsutsikt. Vol. 2. 6-7.
- Andrén, T. 2003c: Ancylussjön – fortfarande ett mysterium, Havsutsikt. Vol. 3. 8-9.
- Andrén, T. 2004: Littorinahavet – en salt historia, Havsutsikt. Vol. 1. 8-9.
- BalticSeaNow hemsida. 2014: Miljöövervakning
[<http://balticseanow.turkuamk.fi/index.php/miljoovervakning/>]. (Hämtad 2014-05-15)
- Bennike, O., Jensen, J.B., Lemke, W., Kuijpers, A. & Lomholt, S. 2004: Late- and postglacial history of the Great Belt, Denmark. *Boreas*, Vol. 33. 18-33.
- Berglund, B.E., Ralska-Jasiewiczowa. 1986: Pollen analysis and pollen diagrams, in: Berglund, B.E. (Ed.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*. Wiley, Chichester. 455-484.
- Berglund, B.E., Björck, S. 1994: Late Weichselian and Holocene Shore Displacement in Blekinge, SE Sweden. *Acta Universitatis Nicolai Copernici*, Vol. 27. 1-18.
- Berglund, B.E., Sandgren, P., Barnekow, L., Hannon, G., Jiang, H., Skog, G. & Yu, S. 2005: Early Holocene history of the Baltic Sea, as reflected in coastal sediments in Blekinge, southeastern Sweden. *Quaternary International*, Vol. 130. 111-139.
- Björck, S. 1995: A review of the history of the Baltic Sea, 13.0-8.0 ka BP. *Quaternary International*, Vol. 27. 19-40.
- Björck, S. 2008: The late Quaternary development of the Baltic Sea, In: Team, T.B.A. (Ed.), *Assessment of climate change for the Baltic Sea Basin*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 398-407.
- Bronk Ramsey, C. 2009: Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, Vol. 51. 337-360.
- Cappers, René T. J., Bekker, Renée M. & Jans, Judith E. A. 2012: *Digitalezadenatlas van Nederland = Digital seed atlas of the Netherlands*. 2. ed. Eelde: Barkhuis Publishing.
- Chambers, F.M., Beilman, D.W. & Yu, Z. 2010-2011: Methods for determining peat humification and for quantifying peat bulk density, organic matter and carbon content for palaeostudies of climate and peatland carbon dynamics. *Mires and Peat*, Vol. 7. 10.
- De Roest K. 2013: How to cope with a drowning landscape? A research history into changing representations of Doggerland in relation to climate change. University of Groningen. 7-15.
- Emeis, K.-C., Struck, U., Kohly, A. & Vob, M. 2003: Salinity changes in the central Baltic Sea (NW Europe) over the last 10.000 years. *The Holocene*, Vol. 13. 411-421
- Gaillard, M.-J. 1984: A palaeohydrological study of Krageholmssjön (Scania, south Sweden): regional vegetation history and water-level changes. LUNDQUA Report, Vol. 25, Department of Quaternary Geology, Lund University.
- Gärdenfors, U. 2004: *Svensk småkrypsfauna: en bestämningsbok till ryggradslösa djur utom insekter*. Lund: Studentlitteratur.
- Hansson, A: Doktorand Kvartärgeologi. Geologiska institutionen. Lunds Universitet. 2014. E-mail 19 maj 2014.
- IPCC. 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and

- P.M. Midgley (eds.]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Katz, N.J. & Katz, S.V. 1946: Atlas i opredelite plodov i semyan v Toratsu i ilakh, Moskva.
- Kristianstads kommun. 2013: Översiktsplan 2013 Kristianstad kommun : antagen av kommunfullmäktige 2013-03-12. 2013. Kristianstad: Stadsbyggnadskontoret, Kristianstad.
- Länsstyrelsen i Skåne län. 2008: Stigande havsnivå: konsekvenser för fysisk planering. Malmö.
- Länsstyrelsen i Skåne län. 2012: Handbok för klimatanpassad vattenplanering i Skåne. Kristianstad: Länsstyrelsen i Skåne län.
- Länsstyrelsen i Skåne län. 2013: Beslut om bildande av naturreservatet Haväng och Vitemölla strandbackar i Simrishamns kommun, Skåne län. Malmö.
- Länsstyrelsen i Skåne län. 2014: Regional handlingsplan för klimatanpassning för Skåne 2014 - Insatser för att stärka Skånes väg mot ett robust samhälle. Remissversion Malmö: Länsstyrelsen i Skåne län.
- Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Stager, J.C., Karlén, W., Maasch, K.A., Meeker, L.D., Meyerson, E.A., Gasse, F., van Kreveld, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R.R. & Steig, E.J. 2004: Holocene climate variability . *Quaternary Research*, Vol. 62. 243-255.
- Mossberg, B. & Stenberg, L. 2003: Den nya nordiska floran. Wahlström & Widstrand.
- Naturvårdsverket. 2013: FN:s klimatpanel, klimatförändring 2013: den naturvetenskapliga grunden: sammanfattning för beslutsfattare : bidrag från arbetsgrupp I (WG I) till den femte utvärderingsrapporten från Intergovernmental Panel on Climate Change. Stockholm.
- Nilsson, Björn: forskare vid institutionen för arkeologi och antikens historia. 2014. Muntlig kommunikation 15 april 2014.
- Oelreich, J., Svenfelt, Å., Wikman-Svahn P., Varlsson-Kanyama, A. 2012: Framtida havsnivåhöjning i kommunal planering. Stockholm: Avdelningen för Försvarsanalys, Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI).
- Persson, K-M. 2000: Beskrivning till jordartskartan 2D Tomelilla NO, Sveriges geologiska undersökning, serie Ae135.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Ramsey, C.B., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliadason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hoffman, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Riemer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., van der Plicht, J., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, Vol. 55. 1869-1887.
- Rosentau, A., Muru, M., Kriiska, A., Subetto, D. A., Vassiljev, J., Hang, T., Gerasimov, D., Nordqvist, K., Ludikova, A., Lõugas, L., Raig, H., Kihno, K., Aunap, R. & Letyka, N. 2013: Stone Age settlement and Holocene shore displacement in the Narva-LugaKlint Bay area, eastern Gulf of Finland. *Boreas*, Vol. 42. 912-931.
- Siddall, M., Milne, G. A. 2011: Understanding sea-level change is impossible without both insights from paleo studies and working across disciplines, *Earth and Planetary Science Letters*. 2.
- Smith, T. M. & Smith, R. L. 2012: *Elements of ecology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Spinney, L. 2012: Searching for Doggerland; *National Geographic Magazine*; Vol. 222, 150-161.
- Vellinge kommun. 2013: Velling Översiktsplan 2010 med utblick mot 2050 Vellinge vidgar vyerna : Antagen av kommunfullmäktige 2013-01-23. Vellinge.
- Wanner, H., Beer, J., Bütikofer, J., Crowley, T.J., Cubash, U., Flückiger, J., Goosse, H., Grosjean, M., Joos, F.,

- Kaplan, J.O., Küttel, M., Müller, S.A., Prentice, I.C., Solomina, O., Stocker, T.F., Tarasov, P., Wagner, M. & Widmann, M. 2008: Mid- to Late Holocene climate change: an overview. *Quaternary Science Reviews*, Vol. 27. 1791-1828.
- Willumsen, P. S., Filipsson, H. L., Reinholdsson, M. & Lenz, C. 2013: Surface salinity and nutrient variations during the Littorina Stage in the Fårö Deep, Baltic Sea. *Boreas*, Vol. 42. 210–223.
- Žulkus, V., Girininkas, A. 2012: *Altijosjūroskrantaiprieš 10 000 metų (The coasts of the Baltic Sea 10.000 years ago)*. Klaipėda. Klaipėdos universiteto leidykla (Klaipėda University Press).

Appendix 1

| Svenskt namn | Latinskt namn |
|----------------------|-----------------------------|
| Röllika | <i>Achillea</i> |
| Al | <i>Alnus</i> |
| Strätta | <i>Angelica sylvestris</i> |
| Malört | <i>Artemisia</i> |
| Björk | <i>Betula</i> |
| Stor Snytesnäcka | <i>Bithynia tentaculata</i> |
| Ljung | <i>Calluna</i> |
| Kabbleka | <i>Caltha</i> |
| Starrsläktet | <i>Carex</i> |
| Skalbagge | <i>Coleoptera</i> |
| Hassel | <i>Corylus</i> |
| Halvgrässläktet | <i>Cyperaceae</i> |
| Kråkbär | <i>Empetrum</i> |
| Älggräs | <i>Filipendula</i> |
| Murgröna | <i>Hedera helix</i> |
| En | <i>Juniperus</i> |
| Fackelblomster | <i>Lythrum Salicaria</i> |
| Källört | <i>Montia fontana</i> |
| Tall | <i>Pinus</i> |
| Gräs | <i>Poaceae</i> |
| Poppel | <i>Populus</i> |
| Gäddnate | <i>Potamogeton natans</i> |
| Ljungört | <i>Pulmonaria</i> |
| Ek | <i>Quercus</i> |
| Vide | <i>Salix</i> |
| Flädersläktet | <i>Sambucus</i> |
| Lind | <i>Tilia</i> |
| Alm | <i>Ulmus</i> |
| Flockblommiga växter | <i>Umbelliferae</i> |



LUNDS UNIVERSITET

Miljövetenskaplig utbildning

Centrum för klimat- och
miljöforskning

Ekologihuset

22362 Lund