

Seminarieuppsatser nr 120

Empiriska samband mellan fältdata och satellitdata

-för olika bokskogsområden i södra Sverige

Claes Isacsson

2005
Centrum för Geobiosfärvetenskap
Naturgeografi och Ekosystemanalys
Lunds Universitet
Sölvegatan 12
223 62 Lund



Empiriska samband mellan fältdata och satellitdata för olika bokskogsområden i södra Sverige

Av: Claes Isacsson, 2004

Handledare: Helena Eriksson
Seminarieuppsats: 120
Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys
Centrum för Geobiosfärsvetenskap
Lunds universitet

Abstract

The aim of this investigation is to study the relationship between leaf area index, biomass and satellite reflectance data of some beech forests (*Fagus Sylvatica*) in southern Sweden (Häckeberga nature reserve). In 19 forest stands, measurements of tree structural parameters like tree height and tree diameter at breast height were performed. In addition, the leaf area index was estimated optically by the plant Canopy Analyzer (PCA) LAI-2000 instrument. Reflectance data of both separate wavelengths bands and vegetation indices, like the Simple Ratio (SR), the Normalized Difference Vegetation index (NDVI) and the Standardized Vegetation Index (StVI) were computed from the Visible and Near-infrared (VNIR) subsystem bands of the Advanced Spacebourne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) sensor onboard the TERRA spacecraft. Results show weak correlations between both field estimated LAI and vegetation indices, ($R^2 = 0.23$ at best), and between field estimated LAI and the individual reflectance bands. No significant relationship between biomass and field estimated LAI were detected.

Sammanfattning

Målet med studien är att se vilka samband som finns mellan insamlad fältdata och beräknad satellitdata för bokskogsbestånd i södra Sverige (Häckeberga naturreservat och naturområde).

Fältdata som använts består av uppskattat bladyteindex, beräknad biomassa samt kategoriserade åldersgrupper av 19 provytor bokskog (*Fagus Sylvatica*), indelat i tre grupper. Provytorna är 2025 m² och består av homogen bokskog som motsvarar 3*3 pixlar i satellitdata.

Skogens bladyteindex uppskattas med hjälp av registrerad data från instrumentet LAI-2000 Plant Canopy Analyzer. LAI-2000 registrerar förhållandet mellan den strålningsmängd som når toppen av vegetationstäckets och den strålning som transmitteras ner genom bladverket. Definitionen av bladyteindex är den sammanlagda bladarean (m²) per markarea (m²) och är således enhetslöst. En skog kan ha ett indexvärde från noll och uppåt. Ju högre värde som erhålls, desto tätare är skogens lövverk. Beräkningen av bladyteindex utförs i programmet C2000.

Skogens biomassa uppskattas med hjälp av ett antal träd inom ett bestämt område. För studien har området avgränsats med hjälp av en cirkel med en diameter på 20m. För samtliga träd inom cirkeln har höjd, omkrets och antalet träd mätts in. Dessa värden har legat till grund för beräkningen av biomassa.

För att kunna jämföra insamlad fältdata mot satellitdata sammanfördes koordinaterna för provytorna med satellitdata i ett GIS program. För varje provyta har sedan värdet för den mest centrala pixeln extraherats för att motsvara hela provytans reflektans.

Den satellitdata som har använts kommer från plattformen TERRA och dess sensor Advanced Spacebourne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER). De våglängdsband som analyserats kommer från det synliga röda och gröna ljuset och det nära infraröda ljuset. Eftersom det som finns på marken (såsom sten, jord, vissna löv eller vegetation) absorberar och reflekterar den inkommande solenergin på olika sätt, kan markens reflektans av solenergi relateras till markens egenskaper. Genom att kombinera våglängdsband kan man skapa vegetationsindex (VI). Syftet med VI är att visa mängden levande vegetation i ett område, där ett högt värde indikerar tät vegetation och en hög fotosyntes.

Resultatet av sambanden i studien visas av en determinationskoefficient, R^2 . Koefficienten visar graden av samband på en skala mellan 0 till 1, där 1 är ett totalt samband. I den här studien hittades endast svaga positiva samband mellan de enskilda våglängdsbanden (grönt och nära infrarött) och bladyteindex men inte mellan det röda våglängdsbandet och bladyteindex. Svaga samband hittades också mellan vegetationsindex och bladyteindex, men inga samband mellan vegetationsindex och biomassa.

Vid undersökningen för att se hur skogens reflektans varierar med trädstruktur indelades skogsbestånden godtyckligt efter medelvärdet på trädens omkrets i 3 grupper, 0-50 cm, 51-90 cm och 91- cm. Resultatet visade en hög variation av bladyteindex jämfört mot vegetationsindex för grupperna 1 och 2.

Tillkännagivanden

Med denna C-uppsats avslutar jag min 120p utbildning vid Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys vid Lunds Universitet. Jag tackar min handledare doktorand Helena Eriksson för all tid och hjälp med projektet. Fil.dr. Lars Eklundh för hjälp med programvara. Fil.dr. Jonas Ardö för införskaffandet av ASTER data.

Tack Far och Mor för allt stöd under utbildningstiden.

Innehållsförteckning

1. Inledning	10
1.1 Bakgrund och teori	10
1.2 Syfte.....	11
2 Material och metodik.....	11
2.1 Områdesbeskrivning.....	11
2.1.1 Skogsbeståndsbeskrivning	12
2.2 Fältdatainsamling	12
2.2.1 GPS behandling.....	13
2.3 Biomassa och strukturella grupper	13
2.4 Bladyteindex	14
2.4.1 Funktionen av instrumentet LAI 2000 PCA	14
2.4.2 Inmätning av bladyteindex.....	14
2.5 Behandling av ASTERdata.....	14
2.5.1 Översikt	14
2.5.2 Behandling av VNIR i GCP works och Image works.....	15
2.6 Beräkning av reflektans och vegetationsindex	15
3 Resultat.....	16
3.1 Samband mellan våglängdsband, vegetationsindex, bladyteindex och biomassa.....	16
3.2 Indelning av skogsbestånd i strukturella grupper.....	16
4 Diskussion	18
4.1 Bladyteindex och spektral reflektans i VNIR band 1 till 3	18
4.2 Sambandet mellan vegetationsindex och bladyteindex.....	18
4.3 Jämförelse mellan strukturella grupperingar	18
5 Slutsats	18
Referenser	20
Bilaga 1	22
Bilaga 2	23
Bilaga 3	24
Bilaga 4	25
Bilaga 5	26

1 Inledning

Skogen upptar 22 % av jordytan och spelar en stor roll när det gäller balansen av kolrelaterade ämnen mellan marken, skogen och atmosfären. Många skogsspecifika egenskaper går att mäta eller uppskatta i fält med hög noggrannhet, men eftersom detta arbete både är tids och arbetskrävande har intresset ökat för möjligheterna att ta satellituppmätt fjärranalysdata till hjälp. Satellitdata består av uppmätt strålning av jordens reflektans i olika våglängdsband. Dessa våglängdsband kan relateras till olika egenskaper på marken. Genom att kombinera information från olika våglängdsband kan man skapa olika typer av vegetationsindex (VI), med syftet att visa mängden aktivt fotosyntetiserande vegetation.

1.1 Bakgrund och teori

Mängden bladyta beskrivs med hjälp av ett bladyteindex, definierat enhetslöst som bladarea (m^2) per markarea (m^2). Med bladets area menas den projekterade sidan av bladet som tar del i fotosyntesen.

Ett bladyteindex kan få värden på en skala från 0 och uppåt. En skog med bladyteindex på cirka 6 har därmed en tätare vegetation än en skog med ett bladyteindex på 4.

Vid skattningen av bladyteindex för studien har instrumentet LAI 2000 Plant Canopy Analyzer från LI-COR Inc., Nebraska, USA, använts. Instrumentet registrerar förhållandet mellan den strålningsmängd som når toppen av vegetationstäckets och den strålningsmängd som transmittas ner genom bladverket. Beräkningsmetoden som använts tar inte hänsyn till att blad i ett lövverk inte är slumpvist fördelat samt att även grenar och stammar påverkar det optiska sambandet i skogsbeståndet (LI-COR Inc., 1992). Detta har i tidigare studier korrigerats för genom olika metoder (Chen et al., 1995; Kucharik et al., 1998). För den här studien används okorrigerat bladyteindex eftersom de korrigerande faktorerna tar ut varandra hos lövskogar i södra Sverige (Eriksson et al., 2005).

Användningen av ett optiskt instrument för att registrera värden och beräkna bladyteindex är en indirekt metod och används då mer direkta metoder som insamlandet av löv för mätning av bladyteindex är mer tidskrävande.

Vegetationsindex baseras på vegetationens egenskaper att reflektera respektive absorbera den inkommande strålningen inom vissa våglängdsband. Störst skillnader är då påträffade mellan det röda och infraröda bandet. Rött ljus absorberas i pigmenten för fotosyntesen. Absorption i det röda bandet gör att endast 10 % reflekteras. I det infraröda spektret reflekteras upptill 50 % för att förhindra överhettning i bladen (Guyot et al., 1989).

Tidigare har Landsat data med en rumslig upplösning på 30*30 m använts för att beräkna och visa samband mellan vegetation och satellitdata (Fassnacht et al., 1997; Turner et al., 1999; Eklundh et al., 2001). För det här projektet används istället Advanced Spaceborne Thermal Reflection radiometer (ASTER) data. Subsensorn, 'Visible near infrared'(VNIR), i systemet, har en upplösning på 15*15 m och sådana data blev tillgänglig år 2000.

I ASTER sensorn motsvaras band 1 av det spektrala området grönt, band 2 av rött och band 3 av det nära infraröda området.

Både Simple Ratio (SR) och Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Ekv.1 och 2) är index som beräknas på sensors röda och infraröda våglängdsband. Enligt Campell (2002) är SR och NDVI de vanligaste index som används för att beskriva vegetationens utbredning i satellitdata.

Ninomiya (2003), visar på ett index, Stabilized Vegetation Index (StVI), som är speciellt anpassat för radiansvärden från Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) VNIRdata's L1b produkt. I artikeln visar Ninomiya att indexet är bättre på att upptäcka vegetation för ASTERdata i semi-arida regioner än det mer använda vegetationsindexet, NDVI. Produktbeteckningen L1b innebär att pixlar i satellitdata har undergått en korrektion för radiometriska och atmosfäriska störningar (ASTER User Guide Version 2, 2001). I min studie som utförts i ett tempererat klimat används StVI (Ekv.3) för att det är framtaget för ASTERdata och har visat bättre resultat för vegetationsbeskrivning än NDVI.

$$SR = \frac{\text{Band 3}}{\text{Band 2}} \quad (1)$$

$$NDVI = \frac{\text{Band 3} - \text{Band 2}}{\text{Band 3} + \text{Band 2}} \quad (2)$$

$$StVI = (\text{Band 3} / \text{Band 2}) * (\text{Band 1} / \text{Band 2}) \quad (3)$$

1.2 Syfte

Studien har som syfte att se om bladyteindex och biomassa för 19 skogsområden av arten bok (Fagus Sylvatica), är korrelerade mot våglängdsband och vegetationsindex från ASTER's subsensor, VNIR's registrerings system. Vegetationsindex som används är Simple Ratio (SR), Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) och Stabilized Vegetation Index (StVI).

2 Material och metodik

2.1 Områdesbeskrivning

Området där testerna utfördes ligger i Skåne öster om Genarp runt Häckeberga naturområde och naturreservat. Naturområde med omnejd och valet av arten bokskog används i studien av tre orsaker:

- Kulturpåverkad bokskog i Häckeberga med omnejd uppvisar områden med varierande strukturella egenskaper, allt från tätt stående unga träd till skogspartier med ett fåtal mogna träd.
- Moln i stora delar av satellitdata tillät bara att ett visst område kunde studeras.

- Närheten till Lund där studien utförts.

2.1.1 Skogsbeståndsbeskrivning

Förutom stor variation av träd i bokskogen består den även av en något varierande undervegetation. Fältskiktet består av till största del förmultnade boklöv, avsågade kvistar och grenar. En mindre del öppna områden av skog med bokar väl utspridda visar undervegetation som består av gräs, nässlor och vildhallon. Ytterligheterna för strukturella egenskaper för bestånden samt dess fältvegetation kan studeras i figur 1. Ingen skillnad har tagits för typerna ängsbokskog eller hedbokskog. Naturområdet består av en varierad topografi med kuperat backlandskap på nivåer mellan 40-80 m.ö.h. Jordlagret består av urbergsmorän och sandiga isälvsavlagringar. Landskapsekologiskt är området av vikt då rödlistade vedlevande insekter och svampar lever av gamla lövträd (Länsstyrelsen Malmöhus län, 1987).



a.



c.



b.



d.

Fig. 1 Skillnader i struktur och undervegetation för ett ungt bestånd med omkrets på 0-50 cm, a och b, till ett äldre bestånd, c och d, med omkrets på 91- cm. Det unga beståndet består av mindre träd som står tätare ihop och nästan ingen undervegetation. Det äldre skogsbeståndet består större träd med stora mellanrum och av mer undervegetation.

2.2 Fältdatainsamling

Häckeberga naturområde och naturreservat är geografiskt placerat, approximativt, 13°25'00'' longitud och 55°35'00'' latitud, vid foten av Romeleåsen. Fältdata samlades in under juli och augusti, 2004.

Efter en överblick av området på plats, valdes 19 provvytor ut. Provytorna valdes ut genom en subjektiv bedömning av skogsbeståndens trädhöjd och omkrets. Provytor utsågs i skogsbestånd med homogen bokskog och minst 10 –15 m från väg eller annan vegetation. Detta för att radians i VNIRdata och registrerat bladyteindex inte skulle påverkas av områden med annan markanvändning än bokskog med de ovanstående specifika karakteristika.

Varje skogsbestånd bestod av ett kvadratisk område på 2025 m². För att med säkerhet få 3*3 pixlar i satellit scenen av homogen bokskog, mättes varje sida med måttband till 45 – 50 m. Hörnkoordinaterna för varje kvadrat fastställdes med hjälp av GPS instrument. GPS punkterna användes för att hitta motsvarande pixel i satellitbilden.

2.2.1 GPS behandling

Vid inmätning av provvytornas utbredning användes GPS Sportrak Pro. Instrumentet har en noggrannhet på 7m i stationärt läge (Bruksanvisning Magellan Sportrak Pro, 2004). Positionen för varje hörnkoordinat mättes in genom att stå vid varje punkt i 1 till 2 min.

Programmet GPS Babel användes för att transportera värden från instrumentet till en dator och skapa en tabell med punkterna. Tabellen med punkterna importerades till GIS programmet, Arcview 3.3. När GPS punkterna infördes till Arcview 3.3 skapades en ny tabell i referenssystemet WGS84. Denna konverterades till referenssystemet RT90. Filen importerades sedan till Image Works i form av en vektorfil och sattes samman med VNIR kanalerna till en enhetlig bild.

2.3 Biomassa och strukturella grupper

Vid insamlandet av fältdata för beräkning av biomassa används en metod beskriven av Canadian National Forestry Service (2004), bilaga 3. För att beräkna total mängd biomassa för varje provyta användes antalet träd samt dess storlek och omkrets. En inventeringsyta i form av en cirkel på 20m diameter användes som skulle motsvara storleken på den centralt placerade pixel för vilken värdet i satellitdata (DN, bilaga 1, tabell 6) användes.

Cirkeln formades av att ett måttband drogs ut, från centrum av inventeringsytan 10m utåt i fyra motstående riktningar så att formen som bildades blev ett plustecken. Från varje kant av plustecknet skapades kvartar av cirkeln. För varje kvart av cirkeln räknades antalet träd in. För varje träd mättes stammens omkrets med måttband i brösthöjd. Vidare beräknades höjden för varje träd med hjälp av vinkeln mellan mark och trädkrona och avståndet mellan trädet och instrumentet. Vinkeln fastställdes med hjälp av en klinometer. Biomassa för varje cirkel uppskattades utifrån förutsättningen att boken har en trä densitet på 700 kg/m³, vid fuktighetskvoten 12 % (snickeri trä), (Träinstitutet, 2004). Uträknad biomassa för samtliga 19 inventeringsytor visas i bilaga 4, tabell 7.

För att se om de skogsrelaterade egenskaperna är åldersrelaterade delades provvytorna in i 3 grupper efter medelvärdet på stammarnas omkrets för varje inventeringsyta. Indelningen är godtyckligt gjord, där medelvärdet för stammarnas omkrets skall motsvara beståndets ålder och vilken grupp varje provyta då tillhör. Grupperingen efter omkrets skall motsvara åldersgrupper av ung 0-50cm, mogen 51-90cm, och äldre bokskog 91- cm. Medelvärdet för stammarnas radie visas i bilaga 4, tabell 7.

2.4 Bladyteindex

2.4.1 Funktionen av instrumentet LAI 2000 PCA

LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (Li Cor .Inc, 1992) består av två delar, LAI 2050, som registrerar mängden inkommande blått ljus som penetrerar lövverket till 5 detektorer och kontrollenheten LAI 2070 som används för att lagra registrerad data. Detektorerna i instrumentet registrerar värden i 5 olika solzenithvinklar med mittpunkt 7, 23, 38, 53 och 67 grader. Detta för att man skall få en approximativ mätning på instrålning från hela hemisfären. Vid inmätning används 2 instrument: ett placeras i en position motsvarandes ovan lövverket och ett instrument i en position under lövverket. För beräkningen används programmet C2000 (Li Cor .Inc, 1992). Beräkningen sker utifrån kvoten mellan det transmitterade och det direkt inkommande ljuset till de två instrumenten. Värdena jämförs genom tidsanpassning till varandra med hjälp av mjukvaruprogrammet C2000. Resultatet som produceras i C2000 representerar bladyteindex.

2.4.2 Inmätning av bladyteindex

Den beräkningsmetod som används vid uppskattning av bladyteindex förutsätter en hemisfärisk jämn instrålning. Därför gjordes fältbesöket en molnig dag, 2004-09-13.

Ett instrument upprättades på en öppen äng i närheten av de skogsområden som skulle mätas in. Varje skogsbestånd mättes in genom att gå i 5 transekter och för varje transekt registrerades 6 punkter. Enligt Eriksson et al (2005), ger 22 registrerade punkter på ett skogsbestånd mellan 80 – 800 träd/ha en precision med ett 95% konfidens intervall av LAI +/- 0.25. För ett lika stort bestånd med 33 registrerade punkter ges en precision av LAI +/- 0.2. Till det här projektet användes 30 registrerade punkter vilket ligger nära LAI +/- 0.2. Ett skyddslock på 270 grader användes för att blockera sensorn från operatören och för att förhindra påverkan från området utanför beståndet.

2.5 Behandling av ASTERdata

2.5.1 Översikt

Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER), är en av 5 sensorer på plattformen TERRA. TERRA ingår i NASA's Earth Observation System, EOS, ett program där NASA övervakar hur mänskliga och naturliga fenomen påverkar den globala miljön. ASTER sensorn som registrerar radians i 14 band är vidare uppdelad i 3 subsystem, Visible Near Infrared (VNIR), Short Wave Infrared (SWIR) och Thermal Infrared (TIR). Till projektet användes VNIRdata. VNIR, ”visuellt nära infrarött” scenen har en spatial upplösning på 15 m och ett omfång på 60 * 60 km. VNIR är uppdelat på 3 spektrala band, Tabell 1 (Lillesand et al, 2004).

Tab. 1 VNIR's sensors spektrala våglängdsband.

VNIR Sensor	Våglängdsband	Spektralt område
1	0.52-0.60	Grönt
2	0.63-0.69	Rött
3	0.76-0.86	Nära infrarött

2.5.2 Behandling av VNIR i GCP works och Image works

VNIR scenen täckte ett 60*60 km brett område över sydvästra Skåne. Satellitbilden registrerades i början av augusti 2003. Det motsvarar säsongen på året för vilken fältdata insamlades under 2004. Då större delen av bilden var molntäckt klipptes en mindre molnfri bit ut över Häckeberga naturområde och naturreservat.

För den urklippta delen VNIRdata gjordes sedan en geometrisk korrektion i programmet GCP Works (PCI Geomatica, 2004). Data knöts till en rasteriserad version av gröna kartan med koordinat systemet RT90, genom 40 kontrollpunkter. Anpassningen har ett RMS fel på 0.54 pixlar. RMS felet anger hur stort fel en pixel ligger i förhållande till bilden som den geometriska korrektionen utförs mot. I detta fall är förskjutningen ca 7,5 meter. Den interpolationsmetod som användes var nearest neighbor interpolation.

2.6 Beräkning av reflektans och vegetationsindex

Spektral radian för VNIR's våglängdsband extraherades för varje provyta markerat av de överlagrande GPS punkterna. Data som plockades ut var den mest centrala pixeln inom varje område. Utifrån spektral radian beräknades spektral reflektans (bilaga 1, tabell 5 och tabell 6). Uträkningar är utförda för spektral radian enligt ASTER user handbook version 2 (2001) och spektral reflektans enligt Landsat science 7 users handbook manual (2003).

Då värden för ekvationerna är specifika för olika satellitsensorer byttes värden från Landsat manualens ekvationer ut mot värden för VNIRdata. Ett av dessa värden var exoatmosfäriska irradians som tillhandahölls av Bhaskar Ramachandran, NASA, EOS-ESE (pers. komm.). Värden på irradiansen är till min kännedom svåröverkomliga för VNIRdata. Dessa är därför placerade i bilaga 5. Övriga värden finns listade i teckenförklaringen för beräkningen av spektral radian och spektral reflektans, bilaga 2.

För beräkningen av spektral radian och spektral reflektans har World Radiation Centre (WRC) modellen använts från bilaga 5. WRC modellen valdes istället för Moderate Resolution Transmission Code (MODTRAN) modellen på grund av att vid jämförelse mellan irradiansvärde i tabell 8 ansåg jag att skillnaden var obetydlig för resultatet av studien.

3 Resultat

3.1 Samband mellan våglängdsband, vegetationsindex, bladyteindex och biomassa

Determinationskoefficienten, R^2 , visar på en skala mellan 0 till 1 graden av linjärt samband. I tabell 2 visas determinationskoefficienten för det linjära sambandet mellan våglängdsband och bladyteindex. Determinationskoefficienten visar svaga samband för band 1 och 3 mot bladyteindex och nästan inget samband för band 2.

I tabell 3 visas linjära samband mellan vegetationsindex, bladyteindex och biomassa.

Tab. 2 Tabellen visar determinationskoefficienten, R^2 , mellan VNIR's band 1-3 och bladyteindex.

Spektralt område	VNIR's våglängdsband	Bladyteindex
Grönt	Band 1	0.23
Rött	Band 2	0.03
Nära infrarött	Band 3	0.23

Tab. 3 Tabellen visar determinationskoefficienten, R^2 , mellan vegetationsindex och bladyteindex samt mellan vegetationsindex och biomassa.

Vegetationsindex	Bladyteindex	Biomassa
SR	0.21	0.08
StVI	0.23	0.05
NDVI	0.23	0.09

För vegetationsindex jämfört mot bladyteindex visas svaga samband i tabellen. StVI får ett värde strax under NDVI. Vid jämförelse mellan R^2 -värden för vegetationsindex och biomassa är värdena försumbara. Värdet är sämst för StVI och bäst för NDVI.

3.2 Indelning av skogsbestånd i strukturella grupper

Undersökningen om hur vegetationsindex varierar med bladyteindex och bladyteindex med biomassa visas av de tre grupper i figur 3. Grupperna är indelade på medelvärdet av omkretsen för alla inmätta stammar inom varje inventeringsyta och sedan placerade i en kategori. De tre grupperna sträcker sig mellan 0-50 cm, 51-90 cm, 91 cm och uppåt.

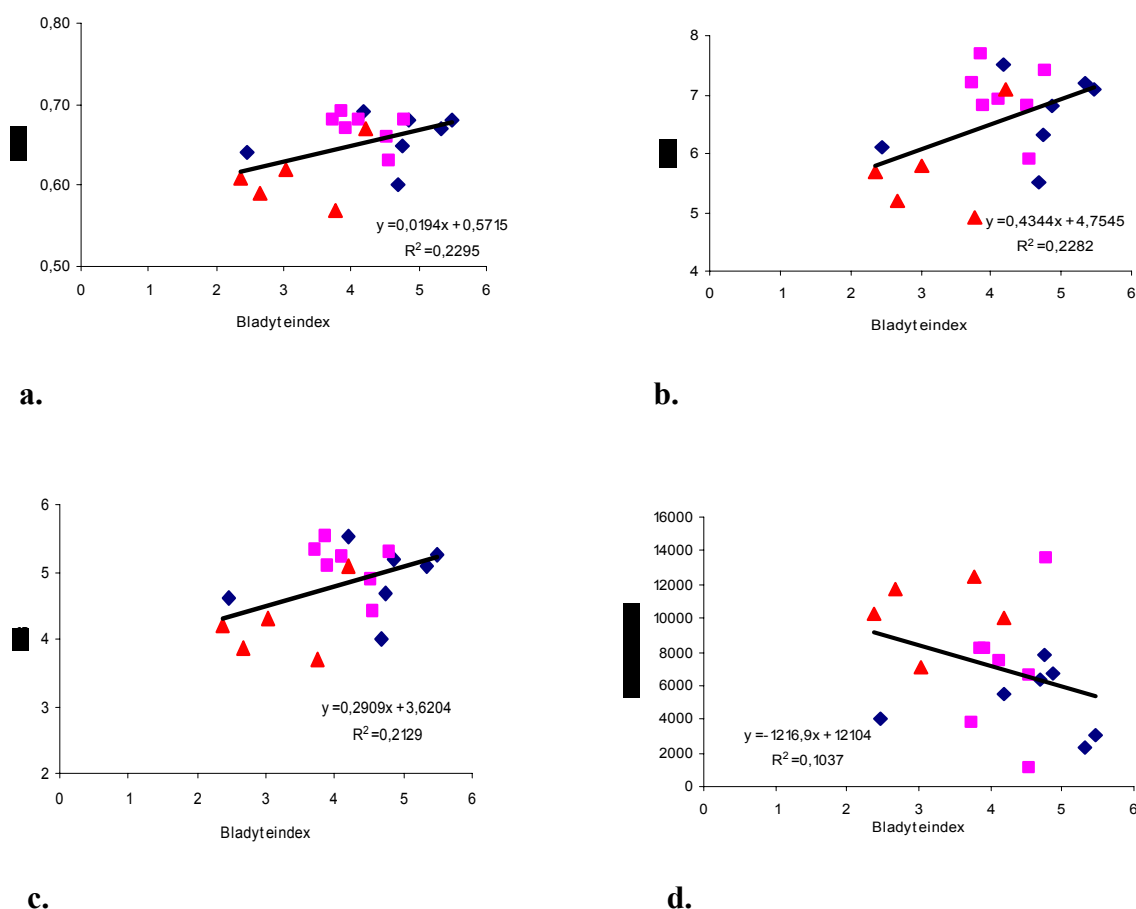


Fig. 3 Samband mellan vegetationsindex och bladyteindex samt mellan biomassa och bladyteindex för de olika grupperna.

Grupperna i figur 3 motsvaras av symbolerna: ◆; 0 – 50 cm, ■; 51 – 90 cm, ▲; 91- cm. Det linjära sambandet mellan samtliga 19 provtytor utan gruppindelning visas av den dragna linjen.

För de tre graferna, a – c i figur 3 visas grupperingarna med omkrets från 0-50 och 51-90 cm på en spridning av bladyteindex med värden mellan 2,5 till 5,4. För de äldre skogsbestånden som har träd med omkrets på 91- cm visar diagrammen ett snävare bladyteindex på värden mellan 2-4. Trenden mellan biomassa och bladyteindex antyder en ökning i bladyteindex för en minskning i biomassa.

Resultatet av värden för samtliga provtytor presenteras i tabell 4. I tabellen kan man se att värdet för NDVI har en skillnad på bara 0.1 för samtliga provtytor. Övriga vegetationsindex har en större spridning.

Tab. 4 Uppmätta och beräknade värden för bladyteindex och vegetationsindex.

	Bladyteindex	SR	StVI	NDVI
Högsta värde	5.38	5.53	7.50	0.69
Lägsta värde	2.37	3.70	4.90	0.57

4 Diskussion

4.1 Bladyteindex och spektral reflektants i VNIR band 1 till 3

Reflektans för våglängdsbanden grönt och rött visar på liknande jämna värde med låg variation för samtliga skogsbestånd. I det nära infraröda bandet skiljer sig reflektans mer åt mellan provytorna (bilaga 1). Detta kan bero på att ASTER's VNIR band 1 och 2 inte klarar av att uppfånga det reflekterade solljuset tillräckligt bra. Fassnacht (1997) visar i sin studie på liknande resultat. Där påträffades korrelationer mellan korrigerat bladyteindex och vegetationsindex som innehåller det gröna våglängdsbandet, som bäst $r^2 = 0.35$. För det gröna och nära infraröda området gäller det omvända förhållandet jämfört mot det röda våglängdsbandet. Det vill säga att i grönt och NIR reflekteras strålning men i rött absorberas den för fotosyntesen.

4.2 Sambandet mellan vegetationsindex och bladyteindex

Viss fältvegetation för de öppna områdena existerar samt en hög variation av bladyteindex. Detta ger en indikation om ett stort antal olika koncentrationer av blad i lövverket hos de 19 provytorna.

För vegetationsindex mellan det röda och nära infraröda bandet i min studie har det visats en svag korrelation mot okorrigerat bladyteindex. Tidigare studier av Eklundh (2003) och Kuusk (2005) har visat på att förhållandet mellan NDVI och bladyteindex mättas då värdet på bladyteindex överstiger 2-3 respektive 2.

För vegetationsindex, SR och StVI tycks inte mättnad förekomma i min studie. Jag har heller inte hittat något om mättnad för SR eller StVI i litteraturen.

4.3 Jämförelse mellan strukturella grupperingar

Då bestånden grupperats efter omkrets, hittades inga tydliga skillnader vad gäller vegetationsindex och bladyteindex för de olika grupperna. En förklaring till den jämna spridningen av provytor i figur 3 kan bero av undervegetationen. Eklundh (2003) pekar på att påverkan av undervegetation mellan olika skogsbestånd kan spela en roll för utgången av resultatet. Detta kan vara en anledning till de låga värdena på korrelationen mellan vegetationsindex och bladyteindex. För de skogsområden där träden är stora är trädtheten låg och undervegetationen hög. Då träden är mindre ökar trädtheten och undervegetationen minskar. Undervegetationen bidrar till att höja VI i glesa områden.

En annan anledning till den höga variationen inom grupperna kan även vara att varje bestånd inte består av en specifikt höjd och bredd på stammar och kronverk utan av en variation av olika träd vilket också kan påverka resultatet. Detta kan vara en förklaring till den dåliga korrelationen mellan biomassa och vegetationsindex.

6 bestånd låg under rekommenderat antal träd per hektar vid uppskattning av bladyteindex, bilaga 4, för det i studien givna konfidansintervallet på LAI +/-0.2. Detta skedde i glesare bestånd men verkar inte påverkat resultatet av bladyteindex. Glesare områden med färre träd bör få ett mindre bladyteindex än tätare områden vilket har visats i studien.

5 Slutsats

De empiriska samband som påträffats under detta projekt visar:

- Svaga samband mellan vegetationsindex och bladyteindex.
- Svaga samband mellan biomassa och vegetationsindex.
- Stora skillnader i okorrigerat bladyteindex för bokskogsbestånd.
- Störst samband i grönt och NIR mot bladyteindex.

Möjliga orsaker till att de empiriska sambanden inte blev bättre kan bero på:

1. Trädstrukturella variationer inom bestånden.
2. Trädstrukturella variationer inom grupperna som ger ett varierande bladyteindex.
3. Undervegetationens inverkan – i glesa bestånd med lågt bladyteindex blir undervegetationens påverkan större än hos tätare bestånd med högre bladyteindex.
4. NDVI mätas för bladyteindex över 2-3. Vilket gör ett sådant VI odugligt för användning vid täta bestånd med högre bladyteindex.
5. Satellitsensors dåliga förmåga att registrera skillnader i reflektans mellan de olika egenskaperna på marken. Framst i det visuella området (gröna och röda) var DN-värde var jämna för de 19 provytorna.

Referenser

Abrams, M., Hook, S., & Ramachandran, B. 2001. ASTER user guide version 2.0. pp. 21-23. URL://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_documents/aster_user_guide_v2.pdf, 2005-06-18.

Abrams, M., Hook, S., & Ramachandran, B. 2001. ASTER user guide version 2.0. pp. 25-26. URL://http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_documents/aster_user_guide_v2.pdf, 2005-06-18.

Bruksanvisning Magellan Sportrak Pro. 2004. pp. 68. URL://<http://www.magellangps.com/en/support/products/sporttrakpro.asp>, 2005-06-18.

Campbell, J. B. 2002. Introduction to remote sensing. Vol. 3, pp. 465-468.

Canadian Forestry Service. 2004. URL://http://nfi.cfs.nrcan.gc.ca/terms/index_e.html, 2005-06-18.

Chen, M. J., & Cihlar, J. 1995. Plant canopy gap-size analysis theory for improving optical measurements of leaf-area index. Applied Optics, Vol. 34, No. 27.

Eklundh, L., Hall, K., Eriksson, H., Ardö J., & Pilesjö P. 2003. Investigating the use of Landsat thematic mapper data for estimation of forest leaf area index in southern Sweden. Remote Sensing, Vol. 29, No. 3, pp.349-362.

Eklundh, L., Harrie, L., & Kuusk A. 2001. Investigating relationships between Landsat ETM+ sensor data and leaf area index in a boreal conifer forest. Remote Sensing of Environment, Vol. 78, pp. 239-251.

Eriksson, H., Eklundh, L., Hall, K., & Lindroth, A. 2005. Estimating LAI in deciduous forest stands. Under publikation.

Fassnacht, K., Stith, S., Gover, T., Mackenzie, M. D., Nordheim, E. V., & Lillesand T. M. 1997. Estimating the leaf area index of north central Wisconsin forests using the Landsat Thematic Mapper. Remote Sensing of Environment, Vol. 61, pp. 229-245.

Guyot, G., Guyon, D., & Riou, J. 1989. Factors affecting the spectral response of forest canopies. Geocarto International 3.

Kucharik, J., Christopher, J., Norman, M., & Gower S. T. 1998. Measurements of branch area and adjusting leaf area index indirect measurements. Agricultural and Meteorology, Vol. 91, pp. 69-88.

Kuusk, A., Lang, M., & Nilson, T. 2004. Simulation of the reflectance of ground vegetation in sub-boreal forests. Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 126, pp. 33-46.

Landsat science 7 users handbook manual. 2003. Extracts from the Landsat science 7 data users handbook. URL://http://itpwww.gsfc.nasa.gov/ias/handbook/handbook_toc.html, 2005-06-18.

LI-COR Inc. 1992. LAI-2000 Plant Canopy Analyzer operations manual. LI-COR Inc. Lincoln, Nebraska. pp. 1-1, 2-1.

LI-COR Inc. 1992. LAI-2000 Plant Canopy Analyzer operations manual. LI-COR Inc. Lincoln, Nebraska. pp. 2-4, 2-9.

Lillesand, K., & Chipman, J. 2004. Remote sensing and image interpretation. Vol. 5, pp. 476-477.

Länsstyrelsen i Malmöhus län. 1987.

URL://<http://www.lu.se/upload/tekniska%20f%c3%b6rvaltningen/gr%c3%b6nstrukturen/755.pdf>, 2005-06-18.

Ninomiya, Y. 2003. A stabilized vegetation index and several mineralogical indices defined for ASTER VNIR and SWIR data. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGAAR '03 Proceedings. 2003 IEEE International. Vol. 3, pp. 1561-1563.

Ramachandran, B. 2005. Personlig kommunikation via E-mail, 2005-01-12. Exoatmosfäriska irradians värdet för ASTER band 1-9.

Träinstitutet. 2004. URL://<http://www.trainstitutet.se>, 2005-06-18.

Turner, D. P., Cohen, W. B., Kennedy, R. E., Fassnacht, K. S., & Briggs, J. M. 1999. Relationships between leaf area index and Landsat TM spectral vegetation indices across three temperate zone sites. Remote Sensing of Environment, Vol. 70, pp. 52-68.

Programvara

ESRI, Arcview 3.3

GPS Babel., URL://[http://gpsbabel.Sourceforge.net/](http://gpsbabel.sourceforge.net/), 2005-06-18.

C2000, LI-COR Inc., Nebraska, USA, 2001.

PCI Geomatics, Image Works

PCI Geomatics, GPS Works

Bilaga 1

Spektral radians och spektral reflektans för VNIRdata

Beräkningar av spektral radians och reflektants utifrån DN-värde för VNIR data. Formeln som använts vid beräkningar av spektral radians används för att konvertera DN-värde till radians för ASTER produkten L1B. Spektral radians används sedan till att beräkna spektral reflektants utifrån värden från Landsat Science 7 Users Handbook manual.

Tab. 5 Formel för spektral radians och spektral reflektants.

Formel för radians

Formel för beräkning av spektral reflektants

$$\text{Radians} = (\text{DN} - 1) * \text{unit conversion coeff.} \quad P_p = (\Pi * L_\lambda * d^2) / (ESUN_\lambda * \text{Cos}\theta_s)$$

Tab. 6 DN-värde, beräknad radians och spektral reflektans för våglängdsband i VNIRdata.

<u>Band 1</u>			<u>Band 2</u>			<u>Band 3</u>		
DN -värde	L_λ	Pp	DN-värde	L_λ	Pp	DN-värde	L_λ	Pp
52	34.5	0.066	27	18.4	0.042	86	73.3	0.231
52	34.5	0.066	26	17.7	0.040	79	67.2	0.212
52	34.5	0.066	26	17.7	0.040	73	62.1	0.196
53	35.2	0.067	28	19.1	0.043	60	50.9	0.161
52	34.5	0.066	27	18.4	0.042	83	70.7	0.223
52	34.5	0.066	27	18.4	0.042	73	62.1	0.196
52	34.5	0.066	27	18.4	0.042	82	69.8	0.221
50	33.1	0.063	26	17.7	0.040	58	49.1	0.155
51	33.8	0.065	27	18.4	0.042	81	69	0.218
54	35.8	0.069	27	18.4	0.042	86	73.3	0.231
52	34.5	0.066	26	17.7	0.040	76	64.7	0.204
50	33.1	0.063	26	17.7	0.040	63	53.4	0.169
52	34.5	0.066	28	19.1	0.043	84	71.5	0.226
54	35.8	0.069	27	18.4	0.042	80	68.1	0.215
53	35.2	0.067	27	18.4	0.042	63	53.4	0.169
50	33.1	0.063	26	17.7	0.040	66	56	0.177
52	34.5	0.066	27	18.4	0.042	79	67.2	0.212
51	33.8	0.065	27	18.4	0.042	72	61.2	0.193
52	34.5	0.066	27	18.4	0.042	67	56.9	0.180

Bilaga 2

Teckenförklaring för beräkning av spektral radians och spektral reflektants

DN: digitalt nummer mellan 0-255 för en pixel (VNIR data)

Unit conversion coefficient: Band 1; 0,676, Band 2; 0,708, Band 3; 0,862 (VNIR, HDF-fil)

L_{λ} : radians uppmätt av sensorn. Enhet: watt/m²/ster/ μ m (VNIR)

$ESUN_{\lambda}$: exoatmosfärisk irradians. Enhet: watt/(m²* μ m) (VNIR)

d: jord -sol distans. Enhet: astronomiska enheter (Landsat)

$\cos\Theta_s$: solzenith vinkel. Enhet: grader (VNIR, HDF-fil)

P_p : beräknad spektral reflektants vid sensorn. Enhet: dimensionslös

- HDF-fil, är en fil som medföljer inköpt ASTERdata.

Bilaga 3

Ekvationer för beräknad biomassa

Beräkning för biomassa och utdrag från uträkningen. Beräkningen utlämnar biomassa från löv och rötter. Biomassa är beräknad utifrån alla träd för vart av de 19 inventeringsytorna. Volymen är beräknad utifrån att ett träd har en cylindrisk form. Resultatet visar mängden biomassa i Kg/inventeringsyta, bilaga 4.

Formel för beräkning av biomassa:

1. Först beräknas volymen för området genom att multiplicera höjd med stam area.

$$\text{Trädhöjd (m)} = D * \tan(A) + H$$

H = längd på personen som utför mätningen i meter

A = vinkeln mellan ögonhöjd och trädkrona uppmätt med klinometer i grader

D = avståndet från trädet till personen uppmätt med måttband i meter

$$\text{Stam radier (m)} = \text{Omkrets}/100/\pi/2$$

$$\text{Stam area, A, (m}^2\text{)} = \pi * r^2$$

$$\text{Volym (m}^3\text{)} = \text{Trädhöjd} * \text{Stam area}$$

2. Biomassa beräknas på volym multiplicerat med träddensiteten för en bok vid fuktighetskvoten 12%.

$$\text{Biomassa (Kg)} = 700 \text{ (kg/m}^3\text{)} * \text{Volym (m}^3\text{)}$$

Bilaga 4

Antal träd/Ha, medelvärde för stamhöjd och stamradie samt beräknad biomassa för varje inventerad yta

Tabellen ger en översikt av den del insamlad fältdata som diskuterats i studien. Antal träd per hektar används för att se hur signifikant bladyteindex är för en provyta. Stamradie ligger till grund för i vilken av de tre strukturella grupperna en inventeringsyta hamnat. Tillsammans med medelvärdet på stamradie ger medelvärdet på stamhöjd och biomassa en indikation på olikheter mellan inventeringsytorna.

Tab. 7 *Insamlad data för Antal träd/ha, medelvärde av trädhöjd och stamradie samt beräknad biomassa för inventeringsytorna.*

Inv.yta	Ant. Träd/Ha	Medelvärde för trädhöjd (m)	Medelvärde för stamradie (m)	Biomassa (Kg)
1	290	7,6	0,06	5496
2	90	11,41	0,11	13454
3	80	14,34	0,1	6645
4	25	17,59	0,25	12531
5	70	8,75	0,09	3726
6	180	9,99	0,07	7772
7	230	5,51	0,06	3080
8	20	16,86	0,28	11654
9	160	11,71	0,09	7390
10	180	11,6	0,09	8240
11	55	16,17	0,16	10020
12	20	20,74	0,23	10284
13	240	8,88	0,07	6662
14	505	5,11	0,04	2304
15	285	8,02	0,06	6360
16	130	13,92	0,12	10903
17	115	12,15	0,11	8154
18	265	7,95	0,05	3985
19	25	13,43	0,17	7032

Bilaga 5

Exoatmosfäriskt irradiansvärde

Tabellen visar de exoatmosfäriska radiansvärden från Bhaskar Ramachandran, NASA, EOS-ESE, som har använts till beräkningen för spektral radians och spektral reflektans. Under tabellen står källhänvisning till materialet som legat till grund för tabellens uppkomst.

Tab. 8 Exoatmosfäriska irradiansvärde för ASTER banden 1 till 9.

BAND-AVERAGED SOLAR IRRADIANCE VALUES & PERCENT DIFFERENCE FOR ASTER BANDS

ASTER Band	Center Wavelength (μm)	Spectral Irradiance: WRC-Based ($\text{W}/\text{m}^2/\mu\text{m}$)	Spectral Irradiance: Modtran-Based ($\text{W}/\text{m}^2/\mu\text{m}$)	% Difference
1	0.554	1847	1848	-0.1
2	0.661	1553	1549	0.3
3	0.807	1118	1114	0.3
4	1.652	232.5	225.4	3.1
5	2.164	80.32	86.63	-7.9
6	2.204	74.92	81.85	-9.3
7	2.259	69.20	74.85	-8.2
8	2.329	59.82	66.49	-11.2
9	2.394	57.32	59.85	-4.4

Source: K. Thome, S. Biggar, and P. Slater: Effects of assumed solar spectral irradiance on intercomparisons of earth-observing sensors (Proceedings SPIE Vol. 4540, pp 260-269; Sensors, Systems, and Next-Generation Satellites, H. Fujisada, J. Lurie, and K. Weber, Eds., December 2001).

Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND. Serie startade 1985.

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.

64. Elmqvist, B., Lundström, J., (2000): The utility of NOAA AVHRR data for vegetation studies in semi-arid regions.
65. Wickberg, J., (2000): GIS och statistik vid dräneringsområdesvis kväveläckagebeskrivning i Halland.
66. Johansson, M., (2000): Climate conditions required for re-glaciation of cirques in Rassepautasjtjåkka massif, northern Sweden.
67. Asserup, P., Eklöf, M., (2000): Estimation of the soil moisture distribution in the Tamne River Basin, Upper East Region, Ghana.
68. Thern, J., (2000): Markvattenhalt och temperatur i sandig jordbruksmark vid Ils-torp, centrala Skåne: en mättings- och modelleringsstudie.
69. Andersson, C., Lagerström, M., (2000): Nitrogen leakage from different land use types - a comparison between the watersheds of Graisupis and Vardas, Lithuania.
70. Svensson, M., (2000): Miljökonsekvensbeskrivning med stöd av Geografiska Informationssystem (GIS) – Bullerstudie kring Malmö-Sturup Flygplats.
71. Hyltén, H.A., Ugglå, E., (2000): Rule-Based Land Cover Classification and Erosion Risk Assessment of the Krkonoše National Park, Czech Republic.
72. Cronquist, L., Elg, S., (2000): The usefulness of coarse resolution satellite sensor data for identification of biomes in Kenya.
73. Rasmusson, A-K., (2000): En studie av landskapsindex för kvantifiering av rumsliga landskapsmönster.
74. Olofsson, P., Stenström, R., (2000): Estimation of leaf area index in southern Sweden with optimal modelling and Landsat 7 ETM+Scene.
75. Ugglå, H., (2000): En analys av nattliga koldioxidflöden i en boreal barrskog avseende spatial och temporal variation.
76. Andersson, E., Andersson, S., (2000): Modellering och uppmätta kväveflöden i energiskog som bevattnas med avloppsvatten.
77. Dawidson, E., Nilsson, C., (2000): Soil Organic Carbon in Upper East Region, Ghana - Measurements and Modelling.
78. Bengtsson, M., (2000): Vattensänknningar - en analys av orsaker och effekter.
79. Ullman, M., (2001): El Niño Southern Oscillation och dess atmosfäriska fjärrpåverkan.
80. Andersson, A., (2001): The wind climate of northwestern Europe in SWECLIM regional climate scenarios.
81. Lalloo, D., (2001): Geografiska informationssystem för studier av polyaromatiska kolväten (PAH) – Undersökning av djupvariation i BO01-området, Västra hamnen, Malmö, samt utveckling av en matematisk formel för beräkning av PAH-koncentrationer från ett kontinuerligt utsläpp.
82. Almqvist, J., Fergéus, J., (2001): GIS-implementation in Sri Lanka. Part 1: GIS-applications in Hambantota district Sri Lanka : a case study. Part 2: GIS in socio-economic planning : a case study.
83. Berntsson, A., (2001): Modellering av reflektans från ett sockerbetsbestånd med hjälp av en strålningsmodell.
84. Umegård, J., (2001): Arctic aerosol and long-range transport.
85. Rosenberg, R., (2002): Tetratermmodellering och regressionsanalyser mellan

- topografi, tetraterm och tillväxt hos sitkagran och lärk – en studie i norra Island.
86. Håkansson, J., Kjörling, A., (2002): Uppskattning av mängden kol i trädform – en metodstudie.
 87. Arvidsson, H., (2002): Coastal parallel sediment transport on the SE Australian inner shelf – A study of barrier morphodynamics.
 88. Bemark, M., (2002): Köphultssjöns tillstånd och omgivningens påverkan.
 89. Dahlberg, I., (2002): Rödlistade kärlväxter i Göteborgs innerstad – temporal och rumslig analys av rödlistade kärlväxter i Göteborgs artdatabas, ADA.
 90. Poussart, J-N., (2002): Verification of Soil Carbon Sequestration - Uncertainties of Assessment Methods.
 91. Jakubaschk, C., (2002): Acacia senegal, Soil Organic Carbon and Nitrogen Contents: A Study in North Kordofan, Sudan.
 92. Lindqvist, S., (2002): Skattning av kväve i gran med hjälp av fjärranalys.
 93. Göthe, A., (2002): Översvämningskartering av Vombs ängar.
 94. Lööv, A., (2002): Igenväxning av Köphultsjö – bakomliggande orsaker och processer.
 95. Axelsson, H., (2003): Sårbarhetskartering av bekämpningsmedels läckage till grundvattnet – Tillämpat på vattenskyddsområdet Ignaberga-Hässleholm.
 96. Hedberg, M., Jönsson, L., (2003): Geografiska Informationssystem på Internet – En webbaserad GIS-applikation med kalknings- och försurningsinformation för Kronobergs län.
 97. Svensson, J., (2003): Wind Throw Damages on Forests – Frequency and Associated Pressure Patterns 1961-1990 and in a Future Climate Scenario.
 98. Stroh, E., (2003): Analys av fiskrättsförhållandena i Stockholms skärgård i relation till känsliga områden samt fysisk störning.
 99. Bäckstrand, K., (2004): The dynamics of non-methane hydrocarbons and other trace gas fluxes on a subarctic mire in northern Sweden.
 100. Hahn, K., (2004): Termohalin cirkulation i Nordatlanten.
 101. Lina Möllerström (2004): Modelling soil temperature & soil water availability in semi-arid Sudan: validation and testing.
 102. Setterby, Y., (2004): Igenväxande hagmarkers förekomst och tillstånd i Västra Götaland.
 103. Edlundh, L., (2004): Utveckling av en metodik för att med hjälp av lagerföljdsdata och geografiska informationssystem (GIS) modellera och rekonstruera våtmarker i Skåne.
 104. Schubert, P., (2004): Cultivation potential in Hambantota district, Sri Lanka
 105. Brage, T., (2004): Kvalitetskontroll av servicedatabasen Sisyla
 106. Sjöström, M., (2004): Investigating Vegetation Changes in the African Sahel 1982-2002: A Comparative Analysis Using Landsat, MODIS and AVHRR Remote Sensing Data
 107. Danilovic, A., Stenqvist, M., (2004): Naturlig föryngring av skog
 108. Materia, S., (2004): Forests acting as a carbon source: analysis of two possible causes for Norunda forest site
 109. Hinderson, T., (2004): Analysing environmental change in semi-arid areas in Kordofan, Sudan
 110. Andersson, J., (2004): Skånska småvatten nu och då - jämförelse mellan 1940, 1980 och 2000-talet
 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 CO₂ 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 CO₂ 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 fälldata och satellitdata – för olika bokskogområden i södra Sverige.