

Greening och browning i Abisko 1986-2018



**Lina Olsson
Malin Skutnabba**

**Degree of Bachelor of Science
with a major in Geography
15 hec**

**Department of Economy and Society, Human Geography &
Department of Earth Sciences
University of Gothenburg
2019 B-1060**



UNIVERSITY OF GOTHENBURG

Faculty of Science

UNIVERSITY OF GOTHENBURG
Department of Economy and Society, Human Geography &
Department of Earth Sciences
Geovetarcentrum/Earth Science Centre

Greening och browning i Abisko 1986-2018

Lina Olsson
Malin Skutnabba

ISSN 1400-3821

B1060
Bachelor of Science thesis
Göteborg 2019

Mailing address
Geovetarcentrum
S 405 30 Göteborg

Address
Geovetarcentrum
Guldhedsgatan 5A

Telephone
031-786 19 56

Geovetarcentrum
Göteborg University
S-405 30 Göteborg
SWEDEN

Sammanfattning

Verifierade studier visar på en trend i uppvärmning i den globala medeltemperaturen. Denna uppvärmningstrend påverkar de arktiska regionerna med längre växtsäsonger och ökad fotosyntetisk aktivitet vilket har kopplats till att greening sker. Förändringar i nederbörd under sommaren har istället minskat den fotosyntetiska aktiviteten vilket kopplats till browning. Greening är när vegetationen ökar och browning är när vegetationen minskar. För att studera greening och browning används indexet NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) för att mäta växternas produktivitet och biomassa, samt identifiera vegetation och icke-vegetation med hjälp av satellitbilder från tre Landsat-satelliter. Syftet med studien är att använda satellitdata med hög rumslig upplösning för att undersöka om det skett någon förändring i vegetationen i Abisko de senaste 32 åren, det vill säga greening eller browning. Vidare undersöks om det finns något samband mellan förändringar i NDVI och elevation, vilka vegetationstyper som finns i områden med greening och browning samt eventuella samband mellan förändringar i vegetationen kopplat till lufttemperatur och nederbörd.

Satellitdata över Abisko mellan åren 1986 och 2018 har analyserats och det visar att en greening har skett i Abisko de senaste 32 åren. Resultatet visar på förändringar i NDVI som varierar växelvis mellan åren med både greening och browning. Signifikanta samband kunde ses mellan skillnader i NDVI och förändringar i medeltemperaturen under vintern och våren liksom mellan förändringar i NDVI och elevation. Vegetationstyperna fjällbjörk av mosstyp och vide har en större utbredning i områdena med greening än i områdena med browning. Vidare studier är nödvändigt för att studera mer ingående vilka bakomliggande orsaker som finns till vegetationsförändringarna.

Nyckelord: NDVI, greening, browning, Abisko, vegetation.

Abstract

Greening and browning in Abisko 1986-2018

Verified studies show a trend in warming of global mean temperatures. This warming trend affects the Arctic region with longer growing seasons and increased photosynthetic activity which is linked to greening. Changes in precipitation during the summer have instead reduced the photosynthetic activity which has been linked to browning. Greening is when vegetation increases and browning when it decreases. To study greening and browning the index NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) is used to measure the plant productivity and biomass as well as identifying vegetation and non-vegetation with the help of satellite images from three Landsat satellites. The purpose of this study is to use satellite data with high spatial resolution to see if there has been a change in the vegetation in Abisko the last 32 years, that is greening or browning. Furthermore, it is studied whether there is any correlation between changes in NDVI and elevation, which vegetation types that exist in areas with greening and browning, as well as any correlation between changes in vegetation linked to air temperature and precipitation.

Satellite data over Abisko between the years 1986 and 2018 has been analyzed and this shows that a greening has occurred in Abisko over the past 32 years. The result shows changes in NDVI that vary between the years with both greening and browning. Significant correlations could be seen between differences in NDVI and changes in mean temperature during winter and spring, as well as between changes in NDVI and elevation. The vegetation types mountain birch of moss type and willow have a greater distribution in the areas of greening than in the areas of browning. Further studies are needed to examine more closely the underlying causes to the changes in vegetation.

Keywords: NDVI, greening, browning, Abisko, vegetation.

Förord

Det här är en kandidatuppsats i Geografi med naturgeografisk inriktning som skrevs under våren 2019 vid Göteborgs Universitet.

Vi vill tacka vår handledare docent Heather Reese som gett oss mycket hjälp och vägledning under arbetets gång. Vi vill även rikta ett tack till kursledarna professor Sofia Thorsson och docent Jonas Lindberg samt även våra klasskamrater för deras konstruktiva feedback under skrivandets gång.

Göteborg, 2019-05-28

Lina Olsson & Malin Skutnabba

Förkortningar

DJF: december, januari & februari

JJA: juni, juli & augusti

MAM: mars, april & maj

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index

NDWI: Normalized Difference Water Index

NIR: Near Infrared

RED: Reflektionen i det röda ljusspektrumet

SON: september, oktober & november

Innehållsförteckning

1. Introduktion.....	7
2. Teori	10
2.1 NDVI.....	10
2.2 Greening och browning.....	11
3. Studieområde.....	12
3.1 Abisko	12
3.2 Vegetationen i Abisko.....	13
4. Metod	15
4.1 Data	15
4.2 Analys och bearbetning.....	16
4.3 Metoddiskussion	19
5. Resultat.....	20
5.1 NDVI.....	20
5.2 Elevation och förändring i NDVI.....	23
5.3 Vegetationstyper inom områden med greening och browning	23
5.4 Lufttemperatur och nederbörd	25
6. Diskussion.....	30
6.1 Vidare studier	33
7. Slutsatser	35
Referenser	36
Bilagor.....	40
Bilaga 1	40
Bilaga 2	41
Bilaga 3	48

1. Introduktion

Under år 2018 uppnådde den genomsnittliga globala medeltemperaturen ungefär 1°C över de förindustriella nivåerna (1850-1900) (WMO, 2018:2). I Arktis beräknas uppvärmningen vara 2-3 gånger högre än på resten av jorden och tenderar att vara högre över land än hav. De arktiska ekosystemen antas dessutom vara högriskområden för att påverkas av den snabba uppvärmningen (IPCC, 2018:6&11). Denna uppvärmning i Arktis beräknas enligt globala klimatmodeller fortsätta de kommande årtiondena (Zhang et al., 2013). Permafrosten i norra Sverige har försvunnit på flera platser medan det aktiva lagrets tjocklek har ökat med åren (Åkerman & Johansson, 2008). Trädlinjen rör sig norrut i nuläget och studier visar på en större utbredning av buskar, både i expansion, biomassa och höjd (Zhang et al., 2013; Mod & Luoto, 2016). Genom utbredningen av vegetationen på grund av uppvärmningen kan själva vegetationen påverka klimatet genom förändringar i albedo. Speciellt i snötäckta områden förstärker växttillväxten under våren absorptionen av solstrålningen eftersom albedot för växter är lägre än för snö. Dessutom avdunstar växter vatten från jordmånen till atmosfären i form av vattenånga (Swann et al., 2010). Den regionala lufttemperaturen kan öka på grund av ökad växtlighet i tundraområden i form av buskar då mer yta med växter gör att markytans reflektion av solljuset minskar, evapotranspirationen kan öka och snöomfördelningen påverkas (Pastick et al., 2019).

Växtsäsongens längd och början kan påverkas av ökade temperaturer. Enligt SMHI har vegetationsperiodens längd ökat med ca 2 veckor i norra Sverige under de senaste 40 åren. Växtsäsongens start har förskjutits i norra Sverige mellan år 1960 till 2014 och inträffar idag cirka 8 dagar tidigare (SMHI, 2019). Förändringar kan ske i kollagret ovanför marken vid ökade lufttemperaturer genom att växterna tar upp mer koldioxid, vilket ökar vegetationsperiodens längd. Kollagringen ovanför marken innefattar träd och växter, alltså levande biomassa (Naturskyddsföreningen, 2011). En längre växtsäsong och ett ökat upptag av koldioxid på norra halvklotet kan kopplas till trender i greening, medan torka på grund av för höga temperaturer kan ge upphov till browning. Förändringar i växtligheten har genom satellitobservationer med indexet NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) visat på trender i greening och browning. Greening är när vegetationen ökar och browning är när vegetationen minskar (Verbyla, 2008; Bastos et al., 2017; Emmett et al., 2018). Greening i Arktis kan dessutom påverka den så kallade

“polar amplification”, alltså att temperaturen stiger snabbare i Arktis i förhållande till resten av jorden (Chae et al., 2015; Serreze & Francis, 2006).

Flera både regionala och globala studier med NDVI har gjorts, men hur lokala skillnader påverkar växtligheten att öka eller minska har inte studerats i större utsträckning (Bastos et al., 2017; Emmett et al., 2018). Det finns studier som visar på vegetationens utbredning i Arktis (Sturm, Racine & Tape, 2001) och tidigare studier med NDVI har gjorts bland annat över Alaska, Himalaya och Kanada (Verbyla, 2008; Pastick et al., 2019; Mishra & Mainali, 2017; Sulla-Menashe et al., 2018) med resultat som tyder på både greening och browning i olika regioner. En studie visade på en årlig ökning i NDVI mellan åren 1982-2003 på 0,56% per år i Kanada (Jia et al., 2009). Även om det finns studier som visar på att vegetationen har ökat i norra Sverige (Rundqvist et al., 2011), finns det inga tidigare studier av NDVI kopplat till vegetationens utbredning i någon större utsträckning. Det finns studier som indikerar att NDVI har ökat på lägre höjder men förblivit densamma eller till och med minskat på högre höjd (Li et al., 2015; Li et al., 2016; Raynolds et al., 2013) men dessa studier gäller inte Sverige utan på den tibetanska högplatån, Himalaya och Alaska. Det finns studier där man använt datasetet GIMMS 3g som är data med NDVI över den arktiska växtsäsongen och ger en NDVI trend mellan åren 1982-2012 baserat på satellitdata från NOAA satelliterna med en upplösning på 8 km (Guay et al., 2015). Denna data visar på greening över Abisko med inslag av browning, dock är det svårt att säga var gränserna går på grund av den låga upplösningen (figur A9, bilagor). Detta gör att denna studie är relevant med användning av en högre upplösning av NDVI.

Syftet med arbetet är att studera vegetationsförändringar i Abisko mellan åren 1986 och 2018. För detta har vi använt oss av högupplösta satellitbilder från Landsat-satelliterna för att göra egna NDVI-kartor. GIS-verktyg, data över vegetationstyper samt höjd-, lufttemperatur- och nederbördsdata används i studien för att skapa kartor, grafer och genom analyser få fram data som ger resultat till studien.

Arbetet utgår från fyra frågeställningar:

1. Hur har vegetationen i Abisko förändrats under de senaste 32 åren, har det skett greening eller browning?

2. Finns det något samband mellan eventuella förändringar i vegetationen och elevation?
3. Vilka vegetationstyper finns i de områden med greening och i de med browning?
4. Kan man se något samband mellan eventuella förändringar i växtlighet kopplat till förändringar i lufttemperatur och nederbörd?

2. Teori

2.1 NDVI

NDVI står för *Normalized Difference Vegetation Index* och är ett index över vegetationens grönska som resulterar från hur ljuset interagerar med växternas lövverk. Det är klorofyllpigmenten i löven på växterna som interagerar med solstrålningen genom att absorbera ljuset i det blåa (0,45 μm) och röda (0,67 μm) elektromagnetiska spektrumet, vilket används för fotosyntesen. Men växterna reflekterar tillbaka ljuset i det gröna (0,5 μm) och det nära-infraröda (NIR) (0,7–1,3 μm) elektromagnetiska spektrumet. För uträkningen av NDVI baseras kalkyleringen på att klorofyllet absorberar ljuset i det röda spektrumet och löven reflekterar ljuset i det nära-infraröda spektrumet (Khorram et al., 2016; Pettorelli et al., 2005). Med NDVI kan man räkna ut växters hälsotillstånd genom att se hur de reflekterar ljuset i dessa olika frekvenser. NDVI beräknas enligt formeln:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

där NIR är reflektionen i det nära-infraröda ljusspektrumet och RED är reflektionen i det röda ljusspektrumet. Indexet har värden från -1 till +1, där negativa värden representerar icke-vegetation såsom vattenytor, snö och moln; värden strax över noll representerar främst bar mark och sten; positiva värden (0,2-0,3) tyder på buskar och gräsmarker; och positiva värden över 0,3 representerar skog (Earth Observing System, 2019). När växterna börja grönska på våren benämner man detta ”green up”, och när fotosyntesen uppnår sin högsta nivå på sommaren kallas det ”peak NDVI” (Pettorelli et al., 2005). En ökning av NDVI-värdet innebär greening medan en minskning av NDVI-värdet innebär browning (Sulla-Menashe et al., 2018). Eftersom NDVI så starkt korrelerar med växters produktivitet, och på grund av ett brett användningsområde av NDVI för att värdera klimatets påverkan på vegetationen, kan därmed trender i NDVI användas för att observera greening och browning (Pettorelli et al., 2005; deJong et al., 2011).

2.2 Greening och browning

När NDVI ökar i ett område benämner man detta greening och när den minskar benämns detta browning. Studier har visat på en trend med greening norr om trädgränsen (Sulla-Menashe et al., 2018) som kan kopplas ihop med en ökande trend på tidigare och längre växtsäsonger (Rundqvist et al., 2011; deJong et al., 2011). Speciellt buskar men även trädarter, särskilt björkarter, har ökat i norra Sverige sedan 1970-talet (Rundqvist et al., 2011). Det finns även studier som visar på att kalla regioner upplever minskad växtlighet trots varmare temperaturer (Murthy & Bagchi., 2018). Studier visar på att ökning av fotosyntetisk aktivitet gör att greening sker. Browning har däremot kopplats ihop med ökning av vattenångtrycksunderskott och även förändringar i nederbörd under sommaren och detta har istället minskat den fotosyntetiska aktiviteten. Även kallare vårtemperaturer, försämrade markanvändning och skogsbränder kan kopplas till browning (Forkel et al., 2013; deJong et al., 2011). Andra klimatfaktorer som kan påverka den boreala vegetationen och öka NDVI är en ökning av atmosfärisk koldioxid och därmed växternas upptag av koldioxid. Växttillväxt kan också ske genom ökad marktemperatur som en indirekt följd av ökad årlig nederbörd och lufttemperatur (Emmett et al., 2018; Bastos et al., 2017). Greening kan också vändas om till browning, exempelvis när ökade temperaturer till en början ger en ökning i växtligheten. En fortsatt värmeökning kan orsaka stress och torka för växtligheten vilket istället kan orsaka browning (Forkel et al., 2013). Man kan tala om två typer av greening, dels den greening från icke-vegetation till vegetation, samt greening i form av en ökning i biomassa i den redan existerande vegetationen. Sammanfattningsvis kan man säga att greening och browning inte är enhetliga utan varierar rumsligt och tidsmässigt och det är komplexa system som är involverade mellan bland annat växtlighet, jordmånen, atmosfären och klimatet (Epstein et al., 2018).

3. Studieområde

3.1 Abisko

Området kring Abisko valdes ut som studieområde (figur 1). Studieområdet är 2 447 km² stort och beläget ca 80 km nordväst om Kiruna (68°20'58.35"N 18°49'52.47"O). Elevationen sträcker sig ungefär mellan 340 m.ö.h. till 1792 m.ö.h.(Reese, 2014). Abisko är en turistort och Abisko Nationalpark finns även här (Nationalencyklopedin, u.å.). Abisko är beläget i regnskugga och är därför relativt torrt (Barnekow, 1999; Kohler et al., 2006). Klimatet i Abisko klassas enligt Köppens klimatklassificeringsystem som Dfc, vilket är ett subarktiskt klimat bestående av kalla vintrar och somrar. Abisko har enligt SMHI en årsmedeltemperatur på cirka 3°C och har temperaturer över 10°C under 1-3 månader av året (SMHI, 2017c; SMHI, 2017b). Årsmedelnederbörden ligger på cirka 450 mm per år och området är snötäckt under flera månader (SMHI, 2017a; SMHI, 2017c).



Figur 1. Till vänster en karta över norra Sverige där Abisko är utmarkerat som en röd triangel. Till höger en karta över studieområdet Abisko, där klimatstationen i Abisko är utmarkerad som en gul fyrkant.

Figure 1: To the left a map of northern Sweden where Abisko is marked as a red triangle. To the right a map of the study area Abisko, where the climate station in Abisko is marked as a yellow square.

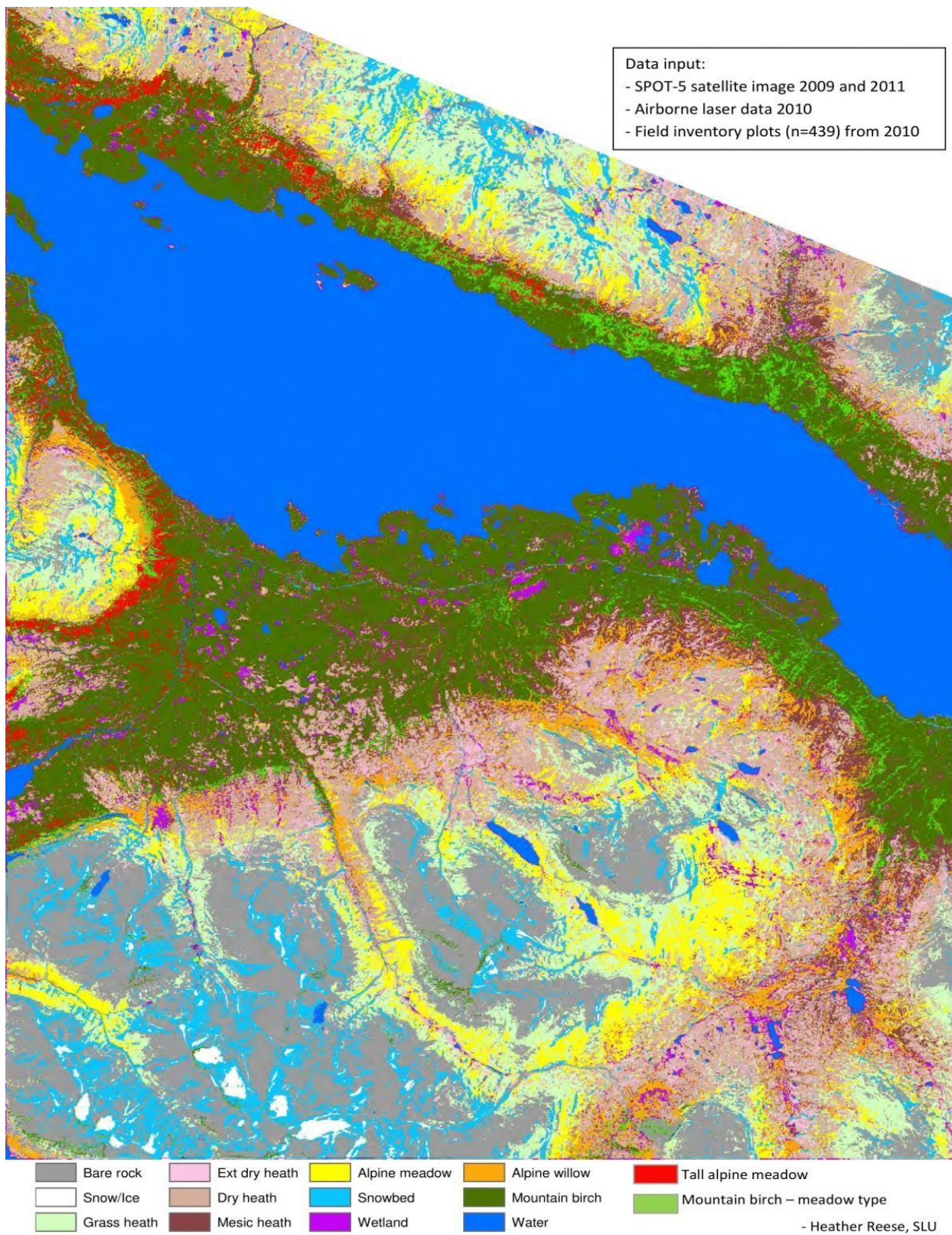
3.2 Vegetationen i Abisko

Abisko kan på grund av sitt geografiska läge delas in i olika vegetationsregioner och området har varierande typ av vegetation (figur 2). Skogsgränsen i området ligger på ungefär 600 m.ö.h med trädgränsen strax över på varierande höjd. Den lågalpina regionen tar över till cirka 1100 m.ö.h där den mellanalpina regionen börjar. Den högalpina regionen tar därefter över vid 1200 m.ö.h där endast blockmark och enstaka, spridda växtarter finns.

Den skog som finns i området under trädgränsen domineras främst av fjällbjörk (*Betula pubescens* ssp. *czerepanovii*) med några inslag av tall (*Pinus sylvestris*) och enstaka rönträäd (*Sorbus aucuparia*). När fjällbjörken växer på ett fuktigare område talar man om fjällbjörk av mosstyp.

Över trädgränsen domineras växtligheten av buskar, gräs och örtväxter i olika täthet och höjd. Lågrötsängen förekommer främst i lågalpina områden och domineras av örtväxter med inslag av lägre buskar. Rishedarna i området kan delas in i skarp-, torr- och frisk rished. De två förstnämnda är gräsmarker med inslag av lågt växande buskar och där marken domineras av blåbär (*Vaccinium myrtillus*) och kråkbär (*Empetrum nigrum*). Frisk rished har istället mer inslag av högre buskar såsom dvärgbjörk (*Betula nana*) och enbärsbuskar (*Juniperus communis*). Det finns även områden med olika arter av vide (ex. *Salix lapponum*, *Salix glauca*, *Salix lanata*) och i torr- och våtkärren finns växtlighet såsom gräs, örtväxter och buskar.

Gräshed kan klassificeras som lågt växande gräs på fattig jordmån och finns i den mellanalpina regionen där snölegor finns på marken från tidigare år. Även vid snölegorna finns växtlighet alltifrån mossor till buskarter och kan både bestå av torrt eller fuktigt underlag. (Reese et al., 2014; Rafstedt, 1985).



Figur 2. Vegetationskarta över Abisko (Reese et al, 2014).

Figure 2. Vegetation map over Abisko (Reese et al, 2014).

4. Metod

I detta arbete användes satellitdata, vegetationsdata, lufttemperatur- och nederbördsdata samt höjddata för att studera resultaten vilket presenteras nedan med motivation till urval. Först presenteras analysen och bearbetningen av datan och därefter en metoddiskussion med felkällor.

4.1 Data

Satellitbilder över Abisko användes i arbetet för att ta fram kartor med NDVI-värden. Satellitdatan hämtades från EO Browser av Sentinel HUB som är ett digitalt arkiv med satellitbilder. Satellitbilder togs från satelliterna Landsat 5, Landsat 7 och Landsat 8, samtliga med en upplösning på 30 meter. Dessa tre satelliter valdes eftersom de har en bra kontinuitet med data för en längre period. De första tillgängliga satellitbilderna är från Landsat 5 som togs i bruk 1984 (United States Geological Survey u.å.b). Vi ville ha ungefär 5 år mellan bilderna för att möjligtvis kunna se förändringar i vegetationen över tid. Därför valdes satellitbilder från åren: 1986, 1991, 1996, 2002, 2006, 2013 och 2018 för denna studie.

Tabell 1. Datum för satellitdatan som användes och vilken satellit.
Table 1: Dates for used satellite data and what satellite was used.

År	Datum	Satellit
1986	28.8	Landsat 5
1991	3.8	Landsat 5
1996	14.8	Landsat 5
2002	31.7	Landsat 7
2006	27.7	Landsat 5
2013	31.8	Landsat 8
2018	28.7	Landsat 8

Första satellitdatan kommer från år 1986 då inga lämpliga satellitbilder kunde hittas för år 1984 och 1985. Tidpunkten på året begränsades till mellan juli och augusti för en kombination av högsta möjliga växtlighet och minsta möjliga snölager, därför är vår tidigaste satellitbild från 27 juli och vår senaste från 31 augusti. Eftersom endast data från det röda och det nära infraröda ljusspektrumet behövs för att kunna räkna ut NDVI så hämtades endast dessa specifika band vilka varierade lite mellan satelliterna. För Landsat 5 och 7 är det band 3 (RED) och 4 (NIR), och för Landsat 8 band 4 (RED) och band 5 (NIR) (United States Geological Survey u.å.a).

Vegetationsdata med tillhörande vegetationskarta över Abisko-området från år 2011 som är gjort med data från SPOT-satelliten och det optiska mätinstrumentet LiDAR användes för att se vilka vegetationstyper som växer i områden med greening och browning (Reese et al., 2014).

Månatlig lufttemperatur- och nederbördsdata hämtades från SMHI:s klimatstation i Abisko (stationsnummer 188800) för åren 1986-2018 (SMHI, u.å.) för att ta fram årsmedeltemperatur och årsmedelnederbörd samt medeltemperatur och medelnederbörd för de fyra årstiderna.

Höjddata 2-meters raster hämtades från SLU (Lantmäteriet) och användes för att hitta eventuella samband mellan elevation och förändringar i NDVI.

4.2 Analys och bearbetning

Programmet ArcMap version 10.6 från Esri användes för att skapa kartor av satellitbilderna. ArcMap användes för att analysera datan och kunna jämföra olika satellitbilder mellan olika år. Programmet gör det också möjligt att räkna ut NDVI och på så sätt räkna ut hur växtligheten skiljer sig mellan de olika åren. NDVI räknas ut med verktyget “rasterkalkylatorn” enligt formeln:

$$\text{NDVI} = (\text{float}(\text{NIR} - \text{RED}) / \text{float}(\text{NIR} + \text{RED})) * 10\ 000 \quad (2)$$

Float användes för att kunna få decimaler och inte bara heltal, detta för att få en större detaljnivå i siffrorna. Detta eftersom NDVI behöver decimaler och Arcmap endast ger resultat i heltal om man inte anger float. Multipliceringen med 10 000 gjordes eftersom vi behövde använda verktyget “sample” senare och det kräver heltal.

Eftersom dessa filer saknade attributdata så användes verktyget “reclassify” för att få in rastervärden i tre olika värden: -1-0 för icke-vegetation såsom vatten, snö och is; 0,01-0,24 för bar mark och 0,25-1,0 för vegetation. Eftersom värden som tyder på buskar och gräsmarker är mellan 0,2 och 0,3 så valde vi 0,25 som minimivärde för vegetation i detta arbete (Earth Observing Systems, u.å.).

Efter att ha skapat kartor med NDVI-värden klipptes därefter dessa kartor med “clip” för att få dem att passa in i studieområdet som ritats upp, dock blev kartbilderna skeva på grund av skillnader

i projektionen mellan satellitbilderna (WGS 84) och den valda projektionen i ArcMap (SWEREF 99), men det är endast ett visuellt fel så vi valde att behålla de smått skeva bilderna eftersom datan inte påverkades. De framtagna kartorna från satellitbilderna sammanställdes i sju stycken kartor med NDVI-värden för varje år (figur A3-A9, bilagor). Därefter användes vegetationspixlar från attributtabeln från varje studieår för att ta fram den procentuella förändringen i vegetationen mellan varje valt år. Även ett punktdiagram gjordes för att visa vegetationsutbredningen för de olika åren baserat på pixlarna med ett NDVI-värde över 0,25.

Därefter gjordes en skillnadskarta för att kunna se hur vegetationen har förändrats mellan år 1986 och 2018. För detta användes två lager med NDVI, ett från år 1986 och ovanpå detta NDVI-lagret från 2018 som delvis gjordes transparent. För att enklare kunna se var växtligheten fanns år 1986 men inte 2018, alltså de områden som tyder på browning, gavs vegetationen i lagret från 1986 en specifik färg. Vegetationen i lagret för år 2018 fick en annan färg för att kunna se var vegetation fanns år 2018 men inte 1986, alltså områden med greening. Eftersom moln kan förvränga och få det att se ut som att vissa områden upplever greening eller browning så maskerades dessa ut och lades till i kartan.

För att kunna se hur vegetationen förändrats över området mellan åren 1986 och 2018 användes rasterkalkylatorn för att subtrahera NDVI-kartan år 1986 från den år 2018. Därefter maskerades störande element såsom moln, vatten och snö bort. Den subtraherade kartan delades in i olika klasser där en minskning i NDVI med ett medeltal på -0,16 från år 1986 blev klass 6-7, medan en ökning i NDVI med ett medeltal på 0,26 från år 1986 blev klass 12-13. Klasserna 8-11 visar på ingen eller ytterst liten förändring i NDVI, medan klass 1-5 var övriga element såsom vatten, snö och moln.

För att kunna se vilken typ av vegetation som finns i de områden med greening respektive browning gjordes en "sampling" av vegetationsdatan eftersom den inte täcker hela vårt studieområde. Samplingen gjordes genom att stratifiera, utifrån NDVI-värden, 1000 slumpmässiga punkter av NDVI-skillnaderna. Eftersom flera av punkterna hamnade utanför vegetationskartans utsträckning togs bara de punkter som är inom vegetationskartan med i det fortsatta arbetet. Vidare exkluderades snö, is och moln, vilket slutligen gav 355 punkter. Sedan samlades datan in och analyserades från uträkningen av hur vegetationen förändrats mellan 1986 och 2018 (indelad i

klasser med NDVI-förändringar), punkterna från samplingen, höjddatan och vegetationstyper. Efter det analyserades ifall ett samband finns mellan höjd över havet och skillnader i NDVI mellan 1986 och 2018. Korrelationen, den linjära ekvationen och R^2 räknades ut för datan.

Nästa steg var att få fram vilka vegetationstyper som finns inom områden med greening och browning från år 1986 till år 2018. Detta baserat på sammanhängande pixlar istället för enstaka utspridda för att dessa tyder på större säkerhet i datan när de är samlade. Klasserna 12 och 13, som visar greening, användes till att beräkna vegetationstyperna inom områdena med greening och klasserna 6 och 7, som visar browning, användes till områdena med browning. För greening valdes värden med en ökning i NDVI på 0,20 och högre, medan för browning valdes värden med en minskning i NDVI på -0,20 och lägre. Dessa valdes eftersom värdena mellan dessa tal tyder på ingen eller ytterst liten förändring i NDVI. Alla värdena inom kolumnen för vegetationstyperna som finns i klasserna 12 och 13 användes till att räkna ut hur ofta de olika vegetationstyperna förekommer inom klass 12 och 13. Detta gjordes genom att dela antal punkter av varje vegetationstyp med 355. Detta gav alltså antal procent av varje vegetationstyp inom områden med greening. Denna beräkning gjordes sedan på samma sätt för klasserna 6 och 7 för att få resultat inom områden med browning. Vegetationskartan från 2011 kan ses i sin helhet i figur 2.

Temperatur- och nederbördsdata från SMHIs klimatstation i Abisko för åren 1986-2018 analyserades därefter. Datan delades in i fyra olika månadsperioder; december, januari och februari (DJF) där decembervärdena räknas från året innan; mars, april och maj (MAM); juni, juli och augusti (JJA); september, oktober och november (SON). Medelnederbörd och medeltemperatur räknades ut för de fyra olika säsongerna. Även årsmedelnederbörd och årsmedeltemperatur räknades ut utifrån SMHIs data utgående från det hydrologiska året som startar första oktober och slutar sista september (SMHI, 2018). För att hitta eventuella samband mellan skillnader i NDVI och temperatur- och nederbördsdatan gjordes statistiska analyser för att få fram ett p-värde. Först gjordes detta för årsmedeltemperatur och årsmedelnederbörd. Därefter för att se om någon specifik säsong är mer starkt kopplat till ett eventuellt samband gjordes även statistiska analyser mellan skillnader i NDVI och medeltemperaturen och medelnederbörden för månaderna DJF, MAM, JJA och SON.

4.3 Metoddiskussion

Satellitbilder från exakt var femte år kunde inte användas till studien på grund av olämpliga bilder under vissa år. Detta kunde bero på för hög molnighet eller inkomplett satellitbild som inte täckte hela studieområdet. Dessutom är satellitbilderna för åren tagna på olika dagar vilket påverkar eftersom perioden med årets högsta NDVI värde kan variera från år till år. De satellitbilder som slutligen valdes för arbetet var i stort sett moln- och snöfria med något undantag där det inte hittades någon helt moln- eller snöfri bild. Den satellitbild med mest moln är för år 1996 (figur A1, bilagor) vilket kan komma att påverka resultatet för det året.

Arbetet med att hitta moln- och snöfria bilder försvårades på grund av den snäva fokusperioden mellan slutet av juli och slutet av augusti och att satelliterna som användes endast har en upprepningscykel på 16 dagar, vilket betyder att det är 16 dagar mellan varje fotograferingstillfälle (NASA, u.å.; United States Geological Survey, u.å.c.). Det gjordes ändå ett val att behålla de bilderna eftersom bilder med ungefär 5 års mellanrum eftersträvades för en mer jämn tidslinje. Därmed kan viss kritik riktas till urvalet av satellitdatan eftersom den mindre mängd moln som finns kan påverka analysen och därmed slutresultatet. Dessutom var vissa av de valda satellitbilderna tagna ganska sent på sommaren (exempelvis år 1986 och 2013) vilket betyder att en köldknäpp kan ha uppstått som kan ha påverkat växtligheten eftersom den första höstfrost brukar genomsnittligen slå in mellan mitten och slutet av augusti i området (SMHI, 2017d). Men eftersom vi prioriterade moln- och snöfria bilder så valde vi att ta den risken i beaktande när vi valde satellitbilder så sent på sommaren, vilket får räknas in i våra felkällor.

Även felkällor i vegetationskartan får tas med i beräkningen och kan komma att påverka resultaten. Datan för greening och browning baserar sig på år 2018 medan datan med vegetationstyper är från år 2011, alltså kan växtligheten ha förändrats mellan dessa sju år och inte helt stämma överens med våra beräkningar för greening och browning för 2018. Detta kan ses som en felkälla. Vegetationsdatan ger dock en inblick i vilka vegetationstyper som kan ha förändrats i samband med greening och browning. Faktorer som skogsbränder och insektsangrepp som kan påverka växtligheten har inte tagits med i studien.

5. Resultat

I detta avsnitt presenteras resultatet av arbetsprocessen genom olika indelningar, först förändringar i NDVI mellan åren 1986-2018, därefter elevation och förändringar i NDVI, vegetationstyper inom områden med greening och browning; och slutligen lufttemperatur och nederbörd.

5.1 NDVI

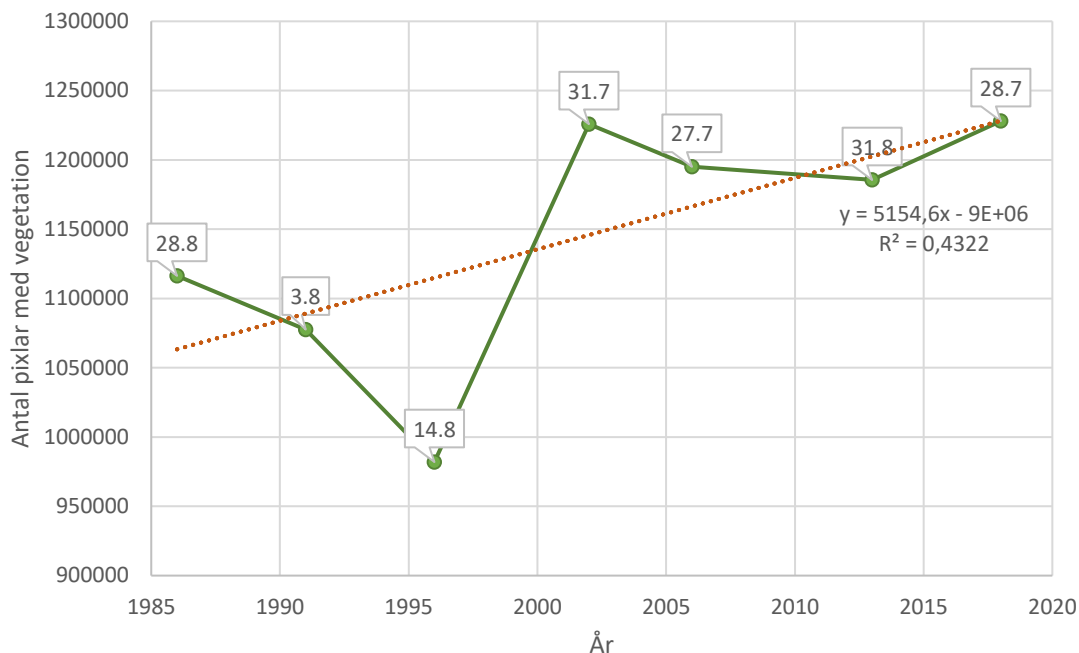
NDVI-förändring i procent (%) mellan respektive år mellan 1986-2018 visas i tabell 2. NDVI har ökat med ca 10 % över hela perioden med en årlig ökning på ca 0,32%. Dock har det växelvis förekommit perioder med greening och browning, speciellt 1996 till 2002 har en betydande greening skett. Kartorna som datan för vegetationspixlarna är tagna från kan ses i bilagor i figur A2-A8.

Tabell 2. Visar den procentuella förändringen i vegetationen mellan åren samt den årliga förändringen i procent.

Table 2. Shows the percental change in vegetation between the years and the yearly change in percent.

År	Förändring (%)	Årlig förändring (%)
1986-1991	-3,47	-0,69
1991-1996	-8,87	-1,77
1996-2002	+24,83	+4,14
2002-2006	-2,51	-0,63
2006-2013	-0,79	-0,11
2013-2018	+3,58	+0,72
1986-2018	+10,1	+0,32

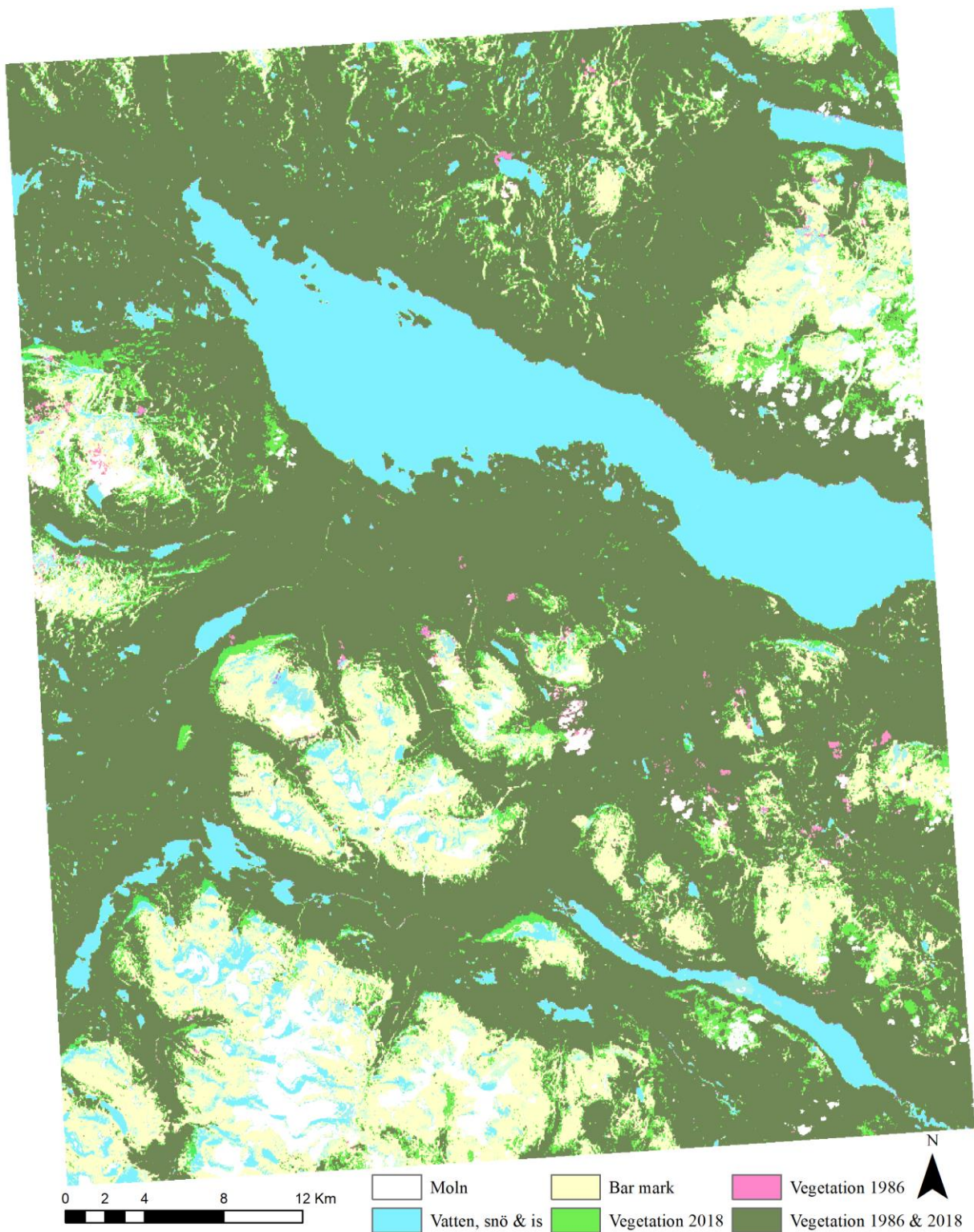
Figur 3 visar antalet pixlar med vegetation mellan åren 1986-2018. Under den aktuella perioden har det skett en gradvis ökning av NDVI. Dock som tidigare nämnts har inte ökningen varit konstant utan det har växelvis förekommit perioder med greening och browning. Men jämför man NDVI för 1986 mot år 2018 visar det en ökning av NDVI för 2018. En statistisk analys mellan antalet pixlar med vegetation och år gav en låg signifikans ($R^2 = 0,43$; $p = 0,11$) som inte är signifikant på 10%-nivån.



Figur 3. Antalet pixlar med vegetation mellan 1986-2018.

Figure 3. Number of pixels with vegetation between 1986-2018.

Figur 4 visar hur vegetationens utbredning har förändrats mellan 1986 och 2018, de rosa fälten visar på browning medan de gröna fälten visar på greening. Mycket av greeningen är placerad kring områden med bar mark, medan browningen till stor del är placerad mitt i områden med nuvarande vegetation.



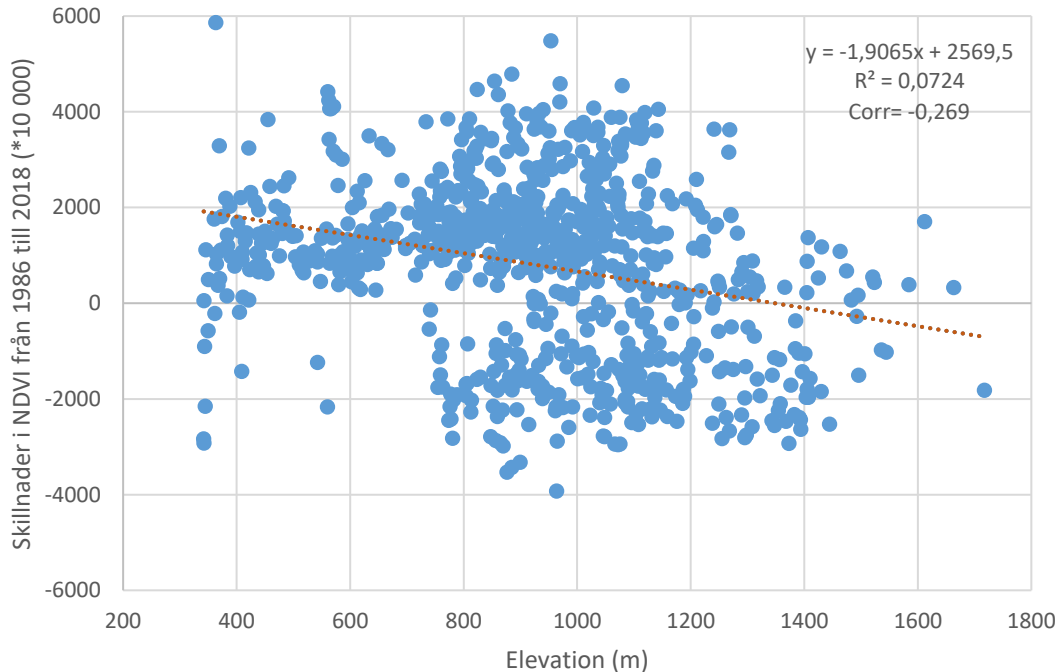
Lina Olsson & Malin Skutnabba 2019 Data: Landsat 5 & Landsat 8

Figur 4. Skillnad i vegetationen mellan år 1986 och 2018.

Figure 4. Difference in vegetation between the years 1986 and 2018.

5.2 Elevation och förändring i NDVI

Figur 5 visar sambandet mellan förändringar i NDVI mellan 1986-2018 och höjd över havet. Det finns ett starkt signifikant samband mellan förändringar i NDVI och höjd över havet ($R^2=0,07$; $p=0,000$). Browning förekommer främst mellan 800-1400 m ö.h., medan greening främst förekommer mellan 400-1300 m ö.h.



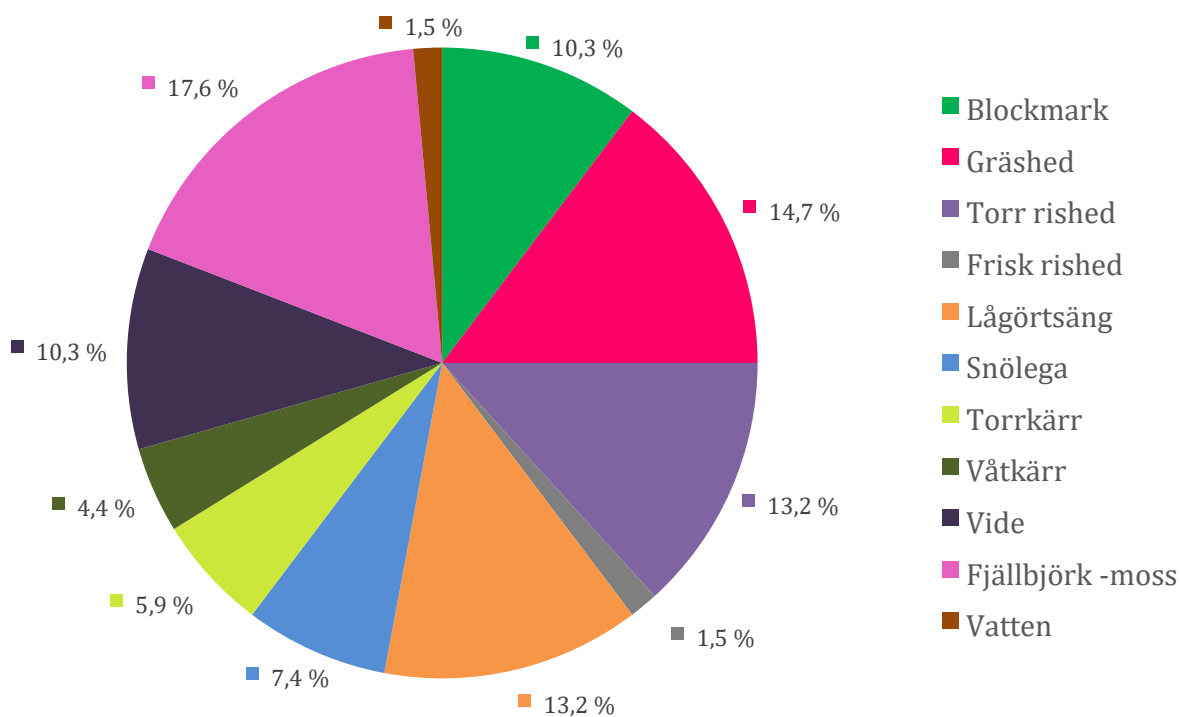
Figur 5. Skillnader i NDVI mellan 1986 och 2018 där positiva värden tyder på ökning av vegetation (greening) och negativa värden tyder på minskning av vegetation (browning)

Figure 5. Differences in NDVI between the years 1986 and 2018 where positive values indicates an increase in vegetation (greening) and low values indicates a decrease in vegetation (browning).

5.3 Vegetationstyper inom områden med greening och browning

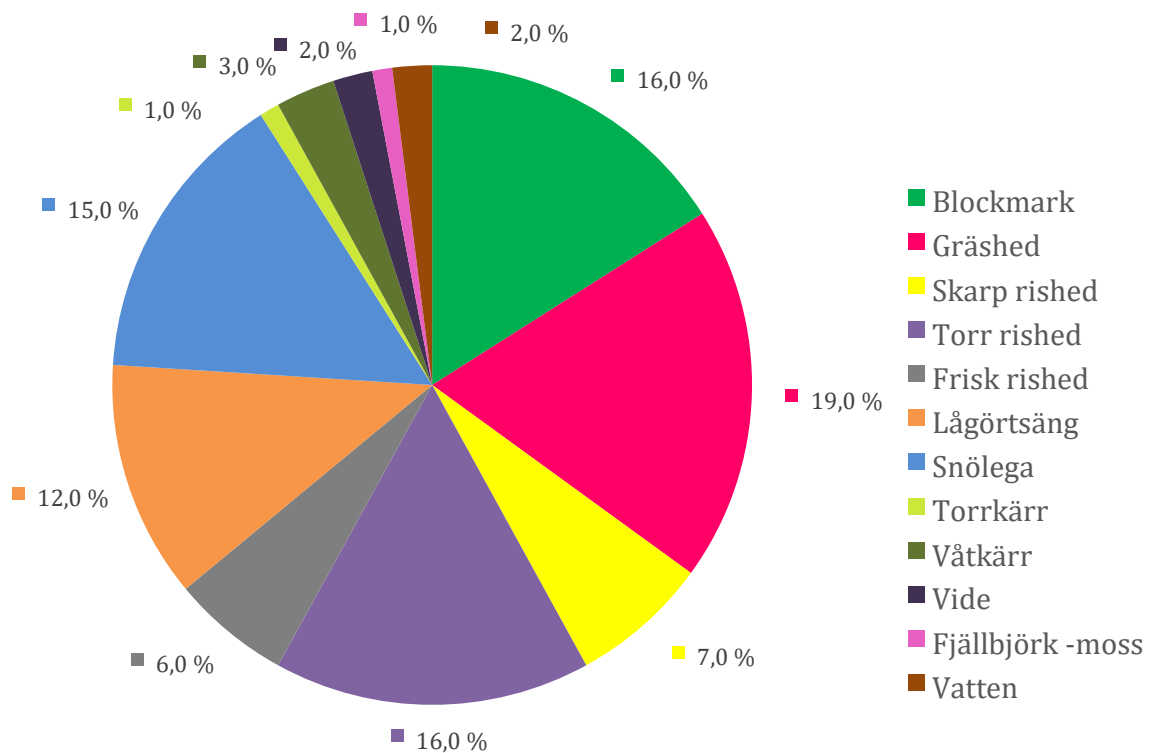
Figur 6 visar växtligheten på de områden med greening och figur 7 på de områden med browning baserat på vegetationsdata. De flest förekommande vegetationstyperna inom områden med greening är främst fjällbjörk av mosstyp, gräshed, torr rished och lågörtsäng som tillsammans utgör 59% av vegetationen. I områden med browning är det istället gräshed, torr rished och lågörtsäng som utgör de flest förekommande vegetationstyperna medan fjällbjörk av mosstyp endast utgör 1%. Områden med greening har också en stor andel med vide och torrkärr (16%) medan samma

vegetationstyper endast utgör 3% i områden med browning. Områden med browning innehåller dessutom stora andelar vegetationstyper som innehåller ytterst lite vegetation (blockmark och snölega) jämfört med områden med greening. I områden med greening saknas vegetationstypen skarp rished eftersom den klassen helt saknades i dessa områden.



Figur 6. Vegetationstyperna för de områdena med ökad NDVI (> +0,20 "greening") från 1986 till 2018.

Figure 6. The types of vegetation for the areas with an increased NDVI (> +0,20 "greening") from 1986 to 2018.

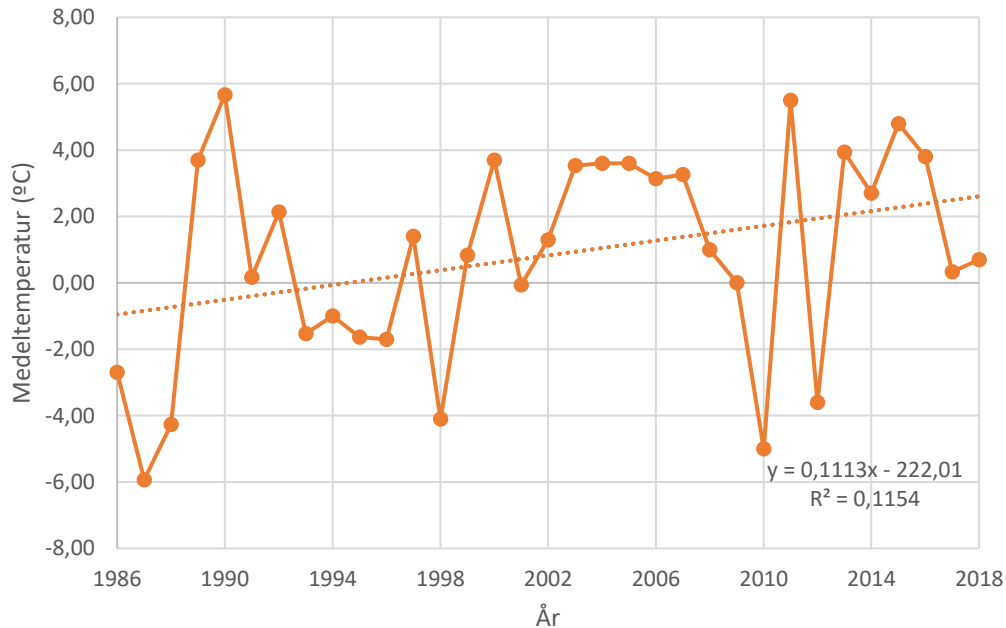


Figur 7. Vegetationstyperna för de områdena med minskad NDVI (> -0,20 "browning") från 1986 till 2018.

Figure 7. The types of vegetation for the areas with a decreased NDVI (> -0,20 "browning") from 1986 to 2018.

5.4 Lufttemperatur och nederbörd

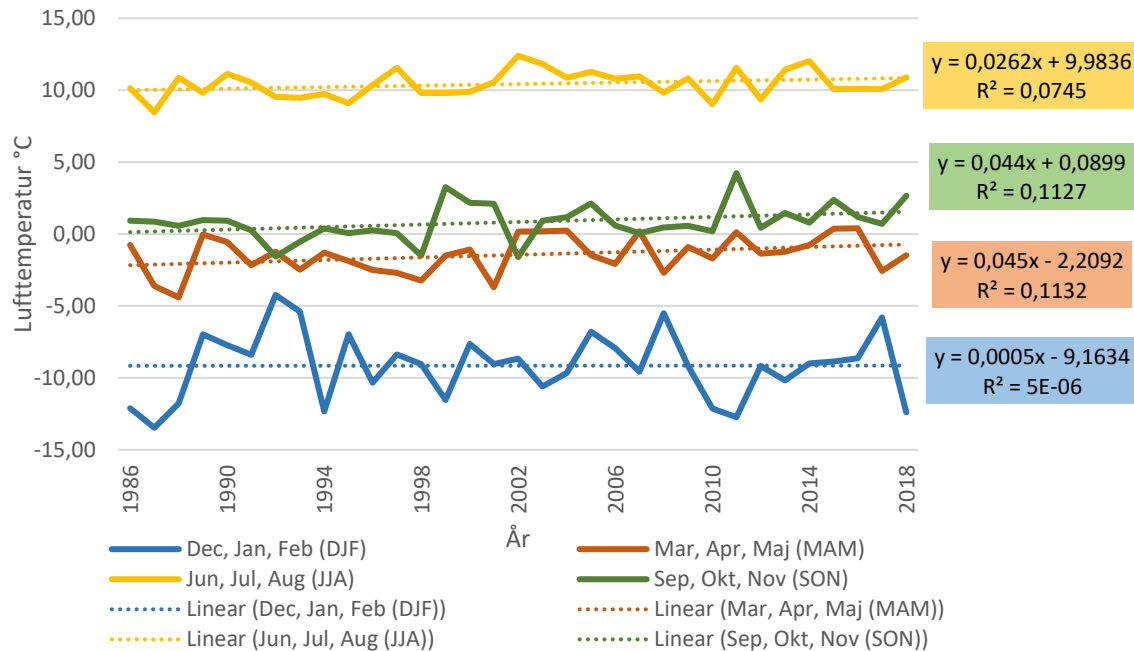
Figur 8 visar hur årsmedeltemperaturen har varierat mellan åren 1986-2018. Under den aktuella perioden har årsmedeltemperaturen ökat med i genomsnitt ca 3 °C (p=0,015).



Figur 8. Årsmedeltemperatur för Abisko mellan åren 1986-2018, värdena är baserade på det hydrologiska året.

Figure 8. Mean annual temperature for Abisko between 1986-2018, the values are based on the hydrological year.

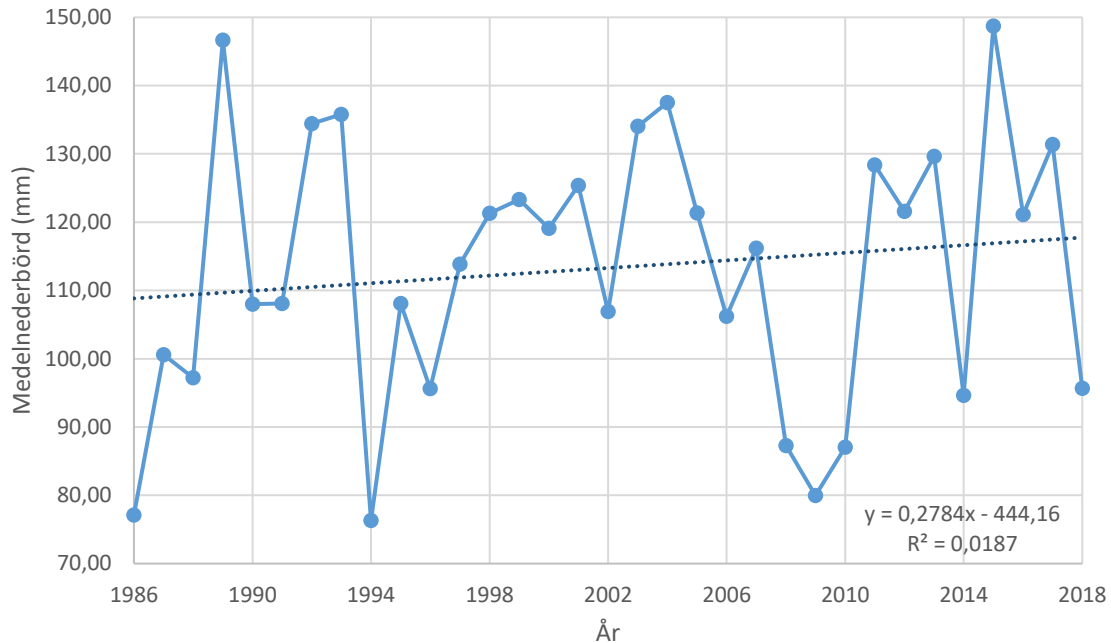
Figur 9 visar medeltemperaturen i luften för Abisko för de olika säsongerna mellan åren 1986 och 2018. Genomsnittstemperaturen för de olika säsongerna är: DJF $-9,2^{\circ}\text{C}$, MAM $-1,4^{\circ}\text{C}$, JJA $10,4^{\circ}\text{C}$ och SON $0,8^{\circ}\text{C}$. Medeltemperaturen varierar mellan åren, men månaderna MAM, JJA och SON visar på en ökning av medeltemperaturen. Medeltemperaturen för DJF visar i stort sätt en oförändrad medeltemperatur. En statistisk analys av medeltemperaturen för säsongerna och skillnader i NDVI visade att det finns ett signifikant samband mellan lufttemperaturen under vintern och våren: DJF ($p=0,022$), MAM ($p=0,018$), JJA ($p=0,942$) & SON ($p=0,453$).



Figur 9. Medeltemperatur för månadsperioderna: dec, jan och feb (blå), mar, apr och maj (röd), jun, jul och aug (gul) & sep, okt och nov (grön).

Figure 9: Average temperature for the monthly periods: Dec, Jan and Feb (blue), Mar, Apr and May (red), Jun, Jul and Aug (yellow) & Sep, Oct and Nov (green).

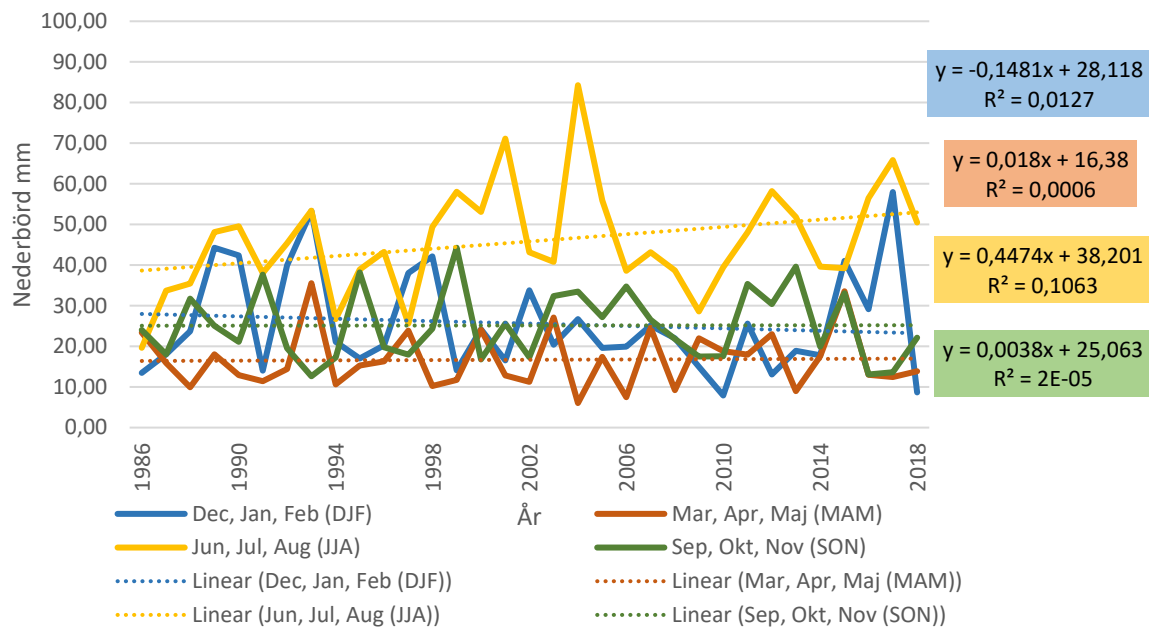
Figur 10 visar årsmedelnederbörden för Abisko. Årsmedelnederbörden har ökat med cirka 19 mm mellan 1986 och 2018. En statistisk analys av årsmedeltemperaturen och skillnader i NDVI visade på ett svagt samband ($p=0,103$).



Figur 10. Årsmedelnederbörden för Abisko mellan åren 1986-2018, värdena är baserade på det hydrologiska året.

Figure 10. Mean annual precipitation for Abisko between 1986-2018, the values are based on the hydrological year.

Figur 11 visar medelnederbörden för Abisko för de olika säsongerna, mellan åren 1986 och 2018. Genomsnittsnederbörden för de olika säsongerna är: DJF 26 mm, MAM 17 mm, JJA 46 mm och SON 25 mm. Medelnederbörden varierar mellan åren, men figuren visar att trendlinjen för månaderna JJA pekar på en ökande trend. Året 2004 sticker ut från trenden för JJA med en mängd på cirka 84 mm i medelnederbörd. Månaderna DJF visar på en minskande trend och nederbörd för MAM visar på en svag ökning i nederbörden. En statistisk analys visade på inget signifikant samband mellan nederbörd under de olika säsongerna och NDVI: DJF ($p=0,185$), MAM ($p=0,679$), JJA ($p=0,179$) & SON ($p=0,681$).



Figur 11. Medelnederbörd för månadsperioderna: dec, jan och feb (blå), mar, apr och maj (röd), jun, jul och aug (gul) & sep, okt och nov (grön).

Figure 11: Average precipitation for the monthly periods: Dec, Jan and Feb (blue), Mar, Apr and May (red), Jun, Jul and Aug (yellow) & Sep, Oct and Nov (green).

6. Diskussion

Analys av NDVI visar att vegetationen i Abisko har ökat under de senaste 32 åren (figur 3) med totalt 10% och en årlig ökning på 0,32% (tabell 2). Detta överensstämmer med tidigare forskning som pekar på en pågående greening i Arktis (Sulla-Menashe et al., 2018; Sturm, Racine & Tape, 2001). Den årliga ökningen i NDVI är snarlik den från en tidigare studie på 0,56% per år (Jia et al., 2009). Det överensstämmer även med NDVI-trenden från datasetet GIMMS 3g som också visar på både greening och browning i området (figur A9). Även om detta datasetet har en lägre upplösning än våra NDVI-trendkartor (figur A2-A8) och är baserat på andra år. Områden där greening skett är framförallt i områden med bar mark (figur 4), en orsak kan vara att vegetationen där har ökat på högre höjd och brett ut sig längre upp på fjällen. Browning har skett i några områden vid närhet till vatten, snö och is. Detta kan ha påverkat resultatet eftersom det potentiellt kan vara så att ett sådant område var delvis snötäckt år 2018 men inte 1986 och därmed visar på browning fast det möjligen funnits vegetation dolt under snön. En del av områdena med greening och browning kan också ses i närheten av moln vilket kan även betyda att de själva innehåller pixlar med moln som inte maskerats ut. Därmed är de lite missvisande och kanske inte egentligen visar på greening och browning. Greening och browning kan även ses i områden som inte är i närheten av moln. Den browning som ses på kartan behöver inte betyda att vegetationen försvunnit utan kanske att satellitbilden blivit tagen efter peak NDVI och därmed blir värdet lägre. Förändringen som skett i vegetation mellan 1986 och 2018 har inte varit konstant (figur 3 & tabell 2). Figur 3 visar tydligt hur NDVI skiftar mellan åren även om den visar på en ökning totalt. Tabell 2 som visar förändringen i procent från år till år visar också tydligt på en växlande greening och browning. Orsakerna till att förändringen inte är konstant utan växlar kan bero på flera olika orsaker, bland annat naturliga variationer.

Den största skillnaden i NDVI är för år 1996 som visar på mycket lägre värde än de övriga åren (figur 3). NDVI-värdet för 1996 påverkas delvis av moln (figur A1), vilket kan göra att 1996 egentligen har ett något högre NDVI än det som visas i figur 3. NDVI-värdet för år 1996 är troligen starkt påverkat av naturliga variationer såsom årliga skillnader i peak NDVI. Satellitbilden kan då ha varit tagen efter att maximala grönskandet har skett och NDVI har börjat minska. Det var en relativt låg medeltemperatur år 1996 under månaderna DJF på -10,3 °C och MAM på - 2,5 °C

(figur 9) och en trendvis lägre medelnederbörd från december 1995 till maj 1996 (figur 11). Eftersom satellitbilden är tagen 14 augusti år 1996 så finns det en möjlighet att exempelvis nattfrost inträffat och påverkat vegetationen och därmed NDVI. Tydliga anledningar till det låga NDVI år 1996 kan inte sägas med säkerhet. Det är osannolikt att det låga NDVI-värdet beror på att vegetationen minskat drastiskt år 1996 eftersom trenden för greening är så stark. Hade man haft en tätare tidsserie och tittat på exempelvis föregående och nästa år så hade man kunnat studera om det låga NDVI-värdet för 1996 var på grund av en molnrik satellitbild eller en naturlig variation.

2018 är det år med det högsta NDVI-värdet (figur 3), även här kan datumet påverka, möjligtvis att satellitbilden är tagen nära peak NDVI. Det var en låg medeltemperatur och medelnederbörd under vintern 2018 vilket även kan ha påverkat (figur 9 & 11). Men årsmedeltemperaturen och årsmedelnederbörden (figur 8 & 10) visar på ökande trender vilket enligt tidigare forskning har en koppling till greening (Emmett et al., 2018; Bastos et al., 2017). Dessutom visar medeltemperaturen för MAM på en ökande trend med ett signifikant samband ($p=0,015$) som kanske kan tolkas som en tidigare start på växtsäsongen vilket stämmer överens med greening enligt tidigare studier (Rundqvist et al., 2011; deJong et al., 2011).

Det finns ett signifikant samband ($p=0.000$) mellan elevation och skillnader i NDVI (figur 5). Dock förklaras endast 7 % av variationen i skillnader i NDVI av elevationen på grund av det låga R^2 -värdet. Det är svårt att säga hur stort förhållande elevationen har till vegetationens förändring, men eftersom R^2 är positivt så kan man ändå säga att skillnaderna i NDVI ökar med elevationen. Dock får man ta i beaktande att växtsäsongen kan variera på högre höjd. Greening förekommer främst mellan 400-1300 m ö.h. medan browning förekommer främst mellan 800-1400 m ö.h. Detta stämmer inte helt överens med tidigare forskning som inte sett något större samband mellan elevation och vegetationsutbredning (Li et al., 2015; Li et al., 2016; Reynolds et al., 2013). Även om browning kan ses på hög elevation, vilket nämns i de tidigare studierna, finns även greening på så pass hög höjd att det inte helt överensstämmer med dessa studier. Men eftersom dessa studier är belägna på helt andra platser geografiskt och med sina egna säregna klimatvariationer så kan det påverka att resultaten skiljer sig från denna studie. Ett antagande till varför greening ses på lägre höjder än browning kan bero på eventuellt högre temperaturer på lägre höjd. Även en större ökning i biomassa på lägre höjd i den redan existerande vegetationen med exempelvis större

utbredning av buskarter, vilket skulle stämma överens med tidigare forskning (Zhang et al., 2013; Mod & Luoto, 2016).

Man kan prata om två olika typer av greening (figur 6), dels den greening från icke-vegetation till vegetation men också en ökning i biomassa i den redan existerande vegetationen vilket också kan öka NDVI. Vegetationstyperna fjällbjörk av mosstyp, gräshed, torr rished och lågortsäng utgör den största andelen inom områden med greening. Fjällbjörk moss och vide utgör en betydligt större andel i områdena med greening än i områdena med browning, det kan tyda på att det är speciellt dessa vegetationstyper som ökar mest vid greening, vilket skulle stämma överens med tidigare forskning som visar på en ökning och större utbredning av buskar (Zhang et al., 2013; Mod & Luoto, 2016). Vissa av dessa vegetationstyper behöver inte ha uppstått på tidigare bar mark utan kan ha spridit sig till områden med tidigare lägre växtlighet och därmed har det området gått från ett lägre NDVI till ett högre. Gräshed är en kategori som finns i de mellanalpina områdena och kan spekuleras vara en slags "övergångsvegetation" eftersom den ofta växer på fattig jordmån och är eventuellt därmed en av de första vegetationstyperna som börjar växa på en tidigare obevuxen mark. Exempelvis på ett område som tidigare varit för högalpint eller snötäckt största delen av året. Dock har vi ingen teori som stödjer detta.

Gräshed, torr rished och lågortsäng utgör den största delen i områden med browning (figur 7). Men även kategorin blockmark har en större andel vilket överensstämmer med browning eftersom blockmark innehåller ingen eller ytterst lite, sporadisk växtlighet. Även kategorin snölega har en mycket större andel i områden med browning och även den innehåller ytterst lite växtlighet. Kombinerar vi de klasser med ingen eller ytterst lite växtlighet (blockmark, snölega & vatten) så bildar de tillsammans 33% av växttyperna i vilket kan jämföras med 19,2% i områden med greening. Alltså finns det fler procent vegetation i områden med greening. Detta kan tyda på att den browning som ses mellan åren kan bero på minskad uppfattad vegetation, såsom en snölega som inte fanns år 1986 men år 2018. Slutligen kan man säga att även om vegetationstyperna i områden med greening och browning är liknande så skiljer de sig åt i utsträckning i olika grad.

Årsmedeltemperaturen (figur 8) har ökat med cirka 3 °C under perioden 1986 till 2018 och vid jämförelse med skillnader i vegetationsutbredningen för åren 2002, 2006, 2013 och 2018 (figur 3)

kan man se att dessa fyra år har liknande värden i vegetationsutbredningen och även liknande årsmedeltemperatur. Medeltemperaturen varierar mellan 1986 och 2018, trendlinjerna för månaderna MAM, JJA och SON visar på en ökning av medeltemperaturen de senaste 32 åren som kan kopplas till greeningen i Abisko. Medelnederbörden har ökat under sommaren, medan ökningen är mindre under vintern, våren och hösten. År 2002 hade ett väldigt högt NDVI med mycket vegetation, det var en högre medeltemperatur under månaderna MAM, men samtidigt var det också trendmässigt en lägre medeltemperatur under månaderna SON. Medelnederbörden under samma månader MAM och SON var trendmässigt väldigt låga vilket kan ses i figur 11.

År 2018, som enligt figur 3 har den största mängden vegetation av alla år, visar på en varierande temperatortrend. Medeltemperaturen är genomsnittlig för månaderna MAM och JJA, men medeltemperaturen under månaderna DJF är väldigt låg (figur 9). Dessutom är medelnederbörden under året låg jämfört med många tidigare år, och speciellt under månaderna december 2017 till maj 2018. Dock visar trenden för både årsmedeltemperaturen och årsmedelnederbörden att det blir både varmare och regnigare i området (figur 8 & 10). Det finns ett signifikant samband mellan förändringar i vegetation och årsmedeltemperatur ($p=0,015$). För årstiderna var det månaderna DJF ($p=0,022$) och MAM ($p=0,018$) som visade på signifikanta samband och därmed kan man anta att det är förändringar i temperaturen under dessa månader som påverkat förändringen som skett i NDVI. Årsmedelnederbörden visade endast ett svagt samband ($p=0,103$) med förändringar i vegetationen, vilket tyder på att förändringarna i vegetation framförallt beror på ökad temperatur under vinter och vår vilket kan spekuleras bero på en nu längre växtsäsong.

6.1 Vidare studier

Det finns flera möjligheter att studera vidare om NDVI. Fortsatta studier av samma studieområde, men mer ingående och eventuellt räkna ut NDVI för vartannat år eller till och med varje år för att mer noggrant kunna studera hur vegetationen förändras med åren. En liknande studie kan göras även på ett annat område i Sverige för att se om det finns en liknande trend där som i Abisko. Ett annat exempel är att göra en liknande studie men ta med andra variabler, till exempel studera om det finns samband med ökning i vegetationen och sluttning. Även använda indexet NDWI (Normalized Difference Water Index) för att studera samband mellan vegetation och dess vatteninnehåll. Sedan finns möjligheten att titta mer noggrant på klimatfaktorer och andra möjliga

variabler för att hitta några fler bakomliggande orsaker till förändringar i vegetationen i området. Studier av NDVI är en viktig del i att skapa en bredare kunskap och bättre förutsättningar att förstå hur framtidens klimat kommer påverka vegetationen. Fjällområden är intressanta och viktiga att studera för att det är här som klimatet redan nu förändras snabbt och troligen kommer förändras mer i framtiden. Genom att studera förändringar i ett område i fjällen under en längre tidsperiod kan detta skapa ett bra underlag för fortsatta studier av NDVI.

7. Slutsatser

Vegetationen i Abisko har ökat med 10% de senaste 32 åren med både greening och browning inom området. Denna förändring har inte varit jämn och enhetlig under åren utan växlat med ett högre NDVI-värde vissa år och ett mindre andra år. Vegetationstyperna fjällbjörk av mosstyp, vide och torrkärr utgör en större andel i områden med greening än för browning. Ett svagare samband kunde hittas mellan ökning i NDVI och elevation. Klimatdatan visade på en ökning av medeltemperaturen under månaderna mars-november vilket kan kopplas till en ökning i vegetationsutbredningen i Abisko de senaste 32 åren. Det finns ett signifikant samband mellan skillnader i NDVI och förändringar i medeltemperaturen under vintern och våren. Även trenden med den ökade medelnederbörden under sommaren kan ses som ett samband mellan förändringar i vegetationen och förändringar i nederbörd. Dock påverkas vegetationsförändringar av komplexa faktorer som själva samspelar och därmed ger denna studie endast en inblick i potentiella variabler i förändringen. Fastän studien inte kan ge ett klart och tydligt svar på vad som orsakar denna förändring i vegetationen i Abisko så kan vi bekräfta att både greening och browning skett i olika områden mellan olika år, med greening som den tydliga trenden de senaste 32 åren.

Referenser

- Barnekow, L. (1999). Holocene tree-line dynamics and inferred climatic changes in the Abisko area, northern Sweden, based on macrofossil and pollen records. *The Holocene*, 9(3), 253-265.
- Bastos, A., Ciais, P., Park, T., Zscheischler, J., Yue, C., Barichivich, J., ... & Zhu, Z. (2017). Was the extreme Northern Hemisphere greening in 2015 predictable?. *Environmental Research Letters*, 12(4), 044016.
- Chae, Y., Kang, S. M., Jeong, S. J., Kim, B., & Frierson, D. M. (2015). Arctic greening can cause earlier seasonality of Arctic amplification. *Geophysical Research Letters*, 42(2), 536-541.
- de Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M. E., & Dent, D. L. (2011). Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment*, 115(2), 692-702.
- Earth observing system. (u.å.). NDVI. Hämtad 2019-04-01 från <https://eos.com/ndvi/>
- Emmett, K. D., Renwick, K. M., & Poulter, B. (2018). Disentangling Climate and Disturbance Effects on Regional Vegetation Greening Trends. *Ecosystems*, 1-19
- Epstein, H., Bhatt, U., Reynolds, M., Walker, D., Forbes, B., Phoenix, G., ... & Park, T. (2018). Tundra greenness. *Arctic Report Card 2018*.
- Forkel, M., Carvalhais, N., Verbesselt, J., Mahecha, M., Neigh, C., & Reichstein, M. (2013). Trend change detection in NDVI time series: Effects of inter-annual variability and methodology. *Remote Sensing*, 5(5), 2113-2144.
- Guay, K.C., P.S.A. Beck, and S.J. Goetz. (2015). Long-Term Arctic Growing Season NDVI Trends from GIMMS 3g, 1982-2012. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. Hämtad 2019-04-23 från <https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1275>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2018). *Global Warming of 1.5 C: Summary for Policy Makers*.
- Jia, G. J., Epstein, H. E., & Walker, D. A. (2009). Vegetation greening in the Canadian Arctic related to decadal warming. *Journal of Environmental Monitoring*, 11(12), 2231-2238.
- Khorram, S., Van Der Wiele, C. F., Koch, F. H., Nelson, S. A., & Potts, M. D. (2016). *Principles of applied remote sensing*. Springer.
- Kohler, J., Brandt, O., Johansson, M., & Callaghan, T. (2006). A long-term Arctic snow depth record from Abisko, northern Sweden, 1913–2004. *Polar Research*, 25(2), 91-113.
- Li, H., Li, Y., Shen, W., Li, Y., Lin, J., Lu, X., ... & Jiang, J. (2015). Elevation-dependent vegetation greening of the Yarlung Zangbo River basin in the southern Tibetan Plateau, 1999–2013. *Remote Sensing*, 7(12), 16672-16687.

- Li, H., Jiang, J., Chen, B., Li, Y., Xu, Y., & Shen, W. (2016). Pattern of NDVI-based vegetation greening along an altitudinal gradient in the eastern Himalayas and its response to global warming. *Environmental monitoring and assessment*, 188(3), 186.
- Mishra, N. B., & Mainali, K. P. (2017). Greening and browning of the Himalaya: Spatial patterns and the role of climatic change and human drivers. *Science of The Total Environment*, 587, 326-339.
- Mod, H. K., & Luoto, M. (2016). Arctic shrubification mediates the impacts of warming climate on changes to tundra vegetation. *Environmental Research Letters*.
- Murthy, K., & Bagchi, S. (2018). Spatial patterns of long-term vegetation greening and browning are consistent across multiple scales: Implications for monitoring land degradation. *Land degradation & development*, 29(8), 2485-2495.
- NASA. (u.å.). The Worldwide Reference System. Landsat Science. Hämtad 2019-04-24 från <https://landsat.gsfc.nasa.gov/the-worldwide-reference-system/>
- Nationalencyklopedin. (u.å.). Abisko. Hämtad 2019-04-02 från <https://www-ne-se.ezproxy.uib.u.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/abisko>
- Naturskyddsföreningen. (2011). Hugga eller skydda? Boreala skogar i klimatperspektiv. Hämtad 2019-05-09 från https://www.naturskyddsforeningen.se/sites/default/files/dokument-media/rapporter/Rapport_Hugga_eller_skydda.pdf
- Pastick, N. J., Jorgenson, M. T., Goetz, S. J., Jones, B. M., Wylie, B. K., Minsley, B. J., Genet, H., Knight, J. F., Swanson, D. K., & Jorgenson, J. C. (2019). Spatiotemporal remote sensing of ecosystem change and causation across Alaska. *Global change biology*, 25(3), 1171-1189.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J., & Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9), 503-510.
- Rafstedt, T. (1985). Fjällens vegetation-Norrbottens län: En översikt av Norrbottenfjällens vegetation baserad på vegetationskartering och naturvärdering.
- Raynolds, M. K., Walker, D. A., Verbyla, D., & Munger, C. A. (2013). Patterns of change within a tundra landscape: 22-year Landsat NDVI trends in an area of the northern foothills of the Brooks Range, Alaska. *Arctic, antarctic, and alpine research*, 45(2), 249-260.
- Reese, H., Nyström, M., Nordkvist, K., & Olsson, H. (2014). Combining airborne laser scanning data and optical satellite data for classification of alpine vegetation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 27, 81-90.
- Rundqvist, S., Hedenås, H., Sandström, A., Emanuelsson, U., Eriksson, H., Jonasson, C., & Callaghan, T. V. (2011). Tree and shrub expansion over the past 34 years at the tree-line near Abisko, Sweden. *Ambio*, 40(6), 683.

Serreze, M. C., & Francis, J. A. (2006). The Arctic amplification debate. *Climatic change*, 76(3-4), 241-264.

SLU. Lantmäteriets geodata SLU. Hämtad 2019-04-18 från <https://zeus.slu.se/get/?drop=>

SMHI. Normal uppmätt årsnederbörd, medelvärde 1961-1990. (2017a). Hämtad 2019-04-14 från <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/normal-uppmatt-arsnederbord-medelvarde-1961-1990-1.4160>

SMHI. Normal årsmedeltemperatur. (2017b). Hämtad 2019-04-14 från <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/normal-arsmedeltemperatur-1.3973>

SMHI. Sveriges klimat. (2017c). Hämtad 2019-04-02 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat-1.6867>

SMHI. Genomsnittliga datum för den första höstfrosten. (2017d). Hämtad 2019-05-27 från <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/genomsnittliga-datum-for-den-forsta-hostfrosten-1.4074>

SMHI. Det hydrologiska året. (2018). Hämtad 2019-04-22 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/det-hydrologiska-aret-1.280>

SMHI. Klimatindikator - vegetationsperiodens längd. (2019) Hämtad 2019-04-22 från <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/klimatindikator-vegetationsperiodens-langd-1.7887>

SMHI: Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. (u.å.) Hämtad 2019-04-11 från: <https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi>

Sturm, M., Racine, C., & Tape, K. (2001). Climate change: increasing shrub abundance in the Arctic. *Nature*, 411(6837), 546.

Sulla-Menashe, D., Woodcock, C. E., & Friedl, M. A. (2018). Canadian boreal forest greening and browning trends: an analysis of biogeographic patterns and the relative roles of disturbance versus climate drivers. *Environmental Research Letters*, 13(1), 014007.

Swann, A. L., Fung, I. Y., Levis, S., Bonan, G. B., & Doney, S. C. (2010). Changes in Arctic vegetation amplify high-latitude warming through the greenhouse effect. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(4), 1295-1300.

United States Geological Survey. (u.å.a). What are the band designations for the Landsat satellites? Hämtad 2019-04-09 från https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites-0?qt-news_science_products=7#qt-news_science_products

United States Geological Survey. (u.å.b). Landsat Satellite Missions. Hämtad 2019-04-02 från https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-satellite-missions?qt-science_support_page_related_con=2#qt-science_support_page_related_con

United States Geological Survey. (u.å.c). Landsat 8. Hämtad 2019-04-24 från https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

Verbyla, D. (2008). The greening and browning of Alaska based on 1982–2003 satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 17(4), 547-555.

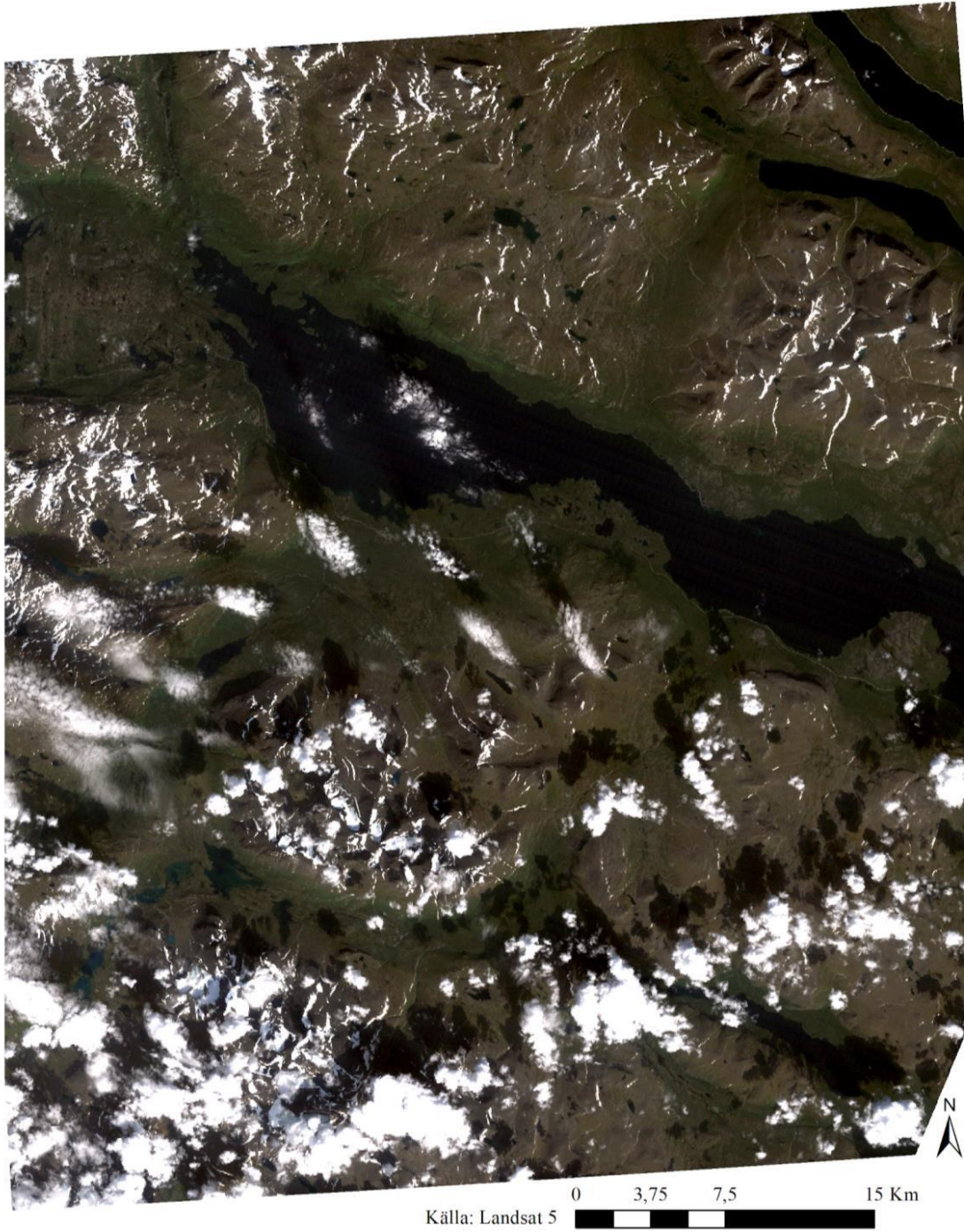
WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018. World Meteorological Organization. WMO-No. 1233. Hämtad 2019-04-22 från https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5789

Zhang, W., Miller, P. A., Smith, B., Wania, R., Koenigk, T., & Döscher, R. (2013). Tundra shrubification and tree-line advance amplify arctic climate warming: results from an individual-based dynamic vegetation model. *Environmental Research Letters*, 8(3), 034023.

Åkerman, H. J., & Johansson, M. (2008). Thawing permafrost and thicker active layers in sub-arctic Sweden. *Permafrost and Periglacial Processes*, 19(3), 279-292.

Bilagor

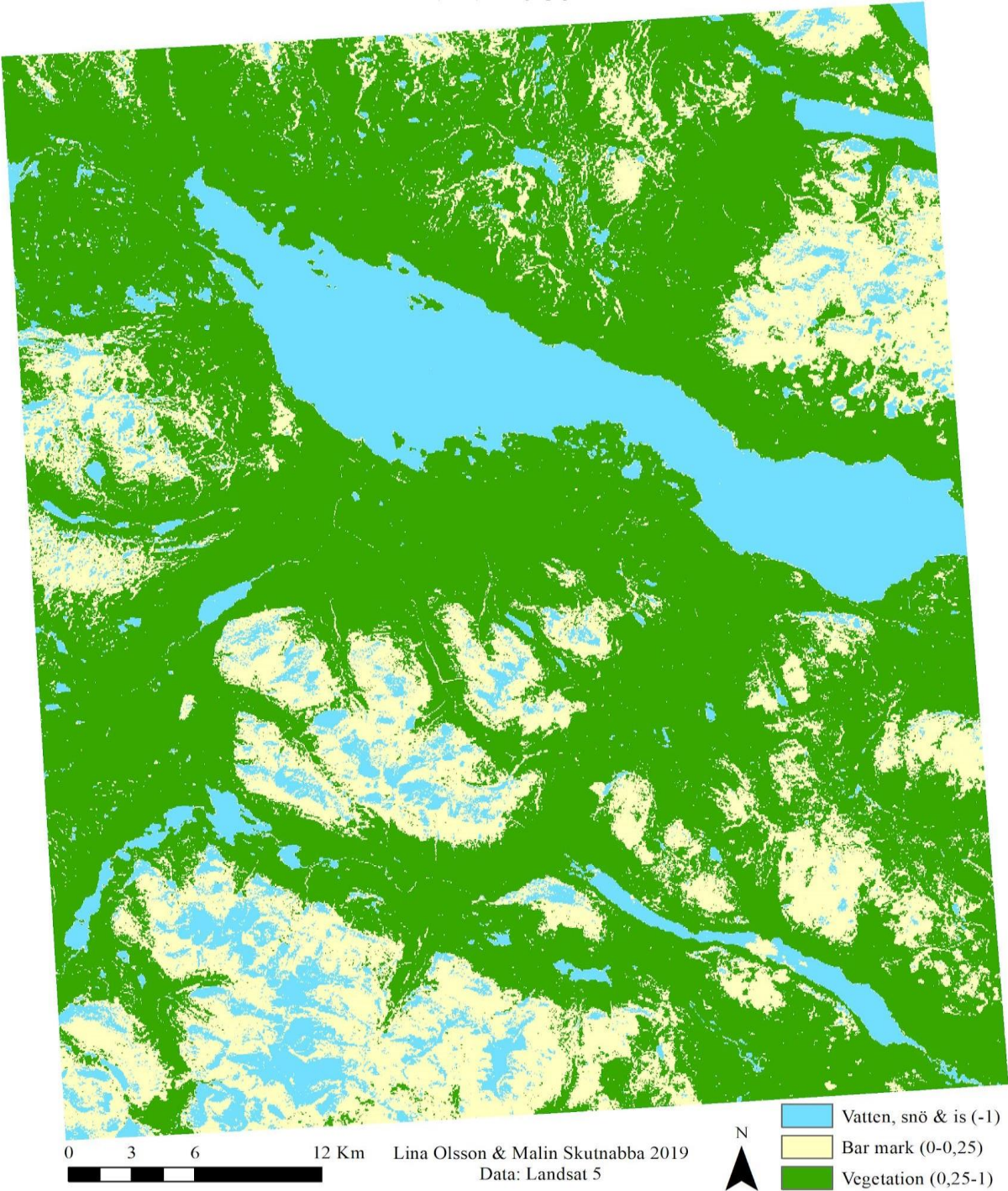
Bilaga 1



Figur A1. Satellitbild över Abisko år 1996.

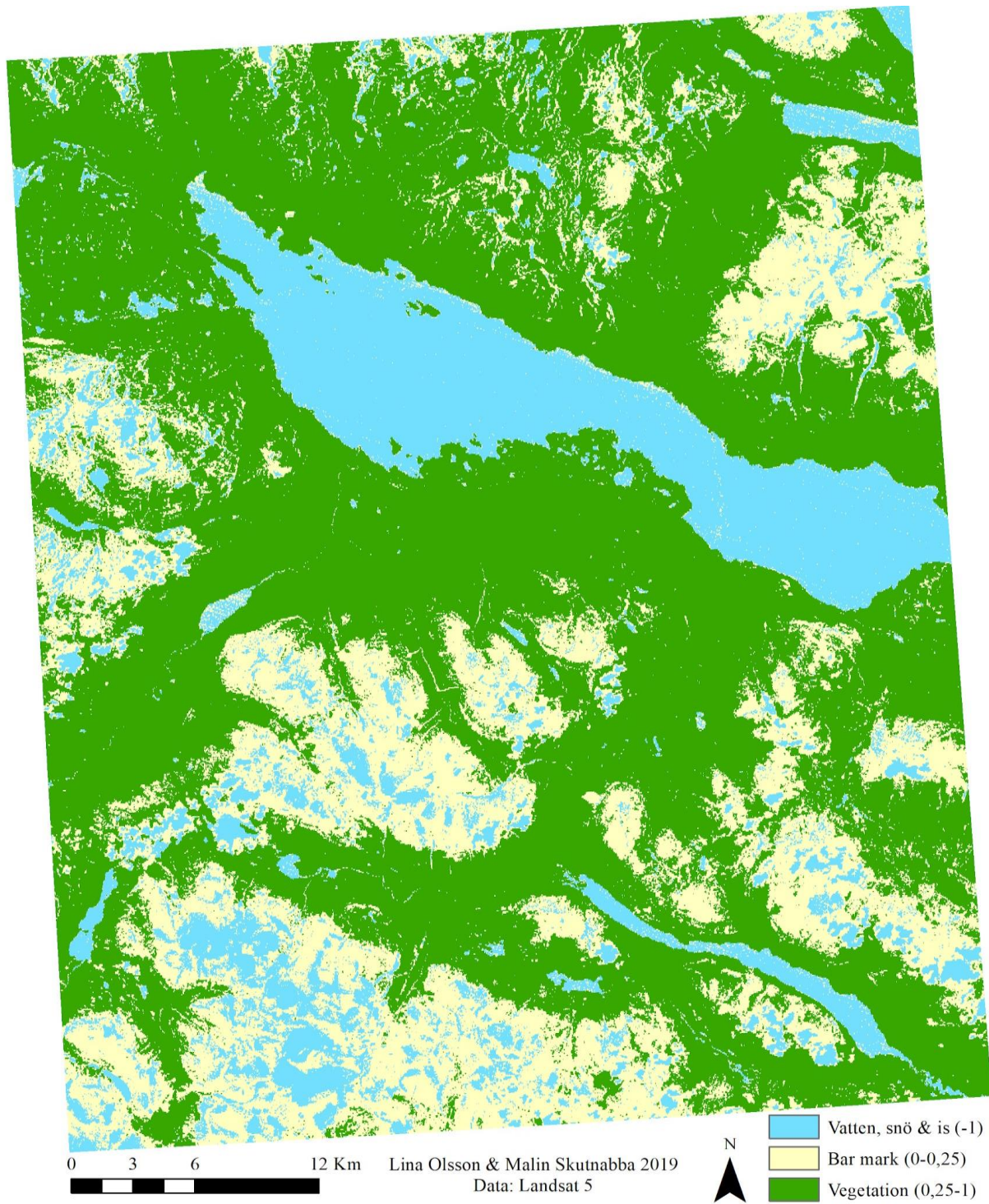
Figure A1. Satellite image over Abisko year 1996.

Bilaga 2



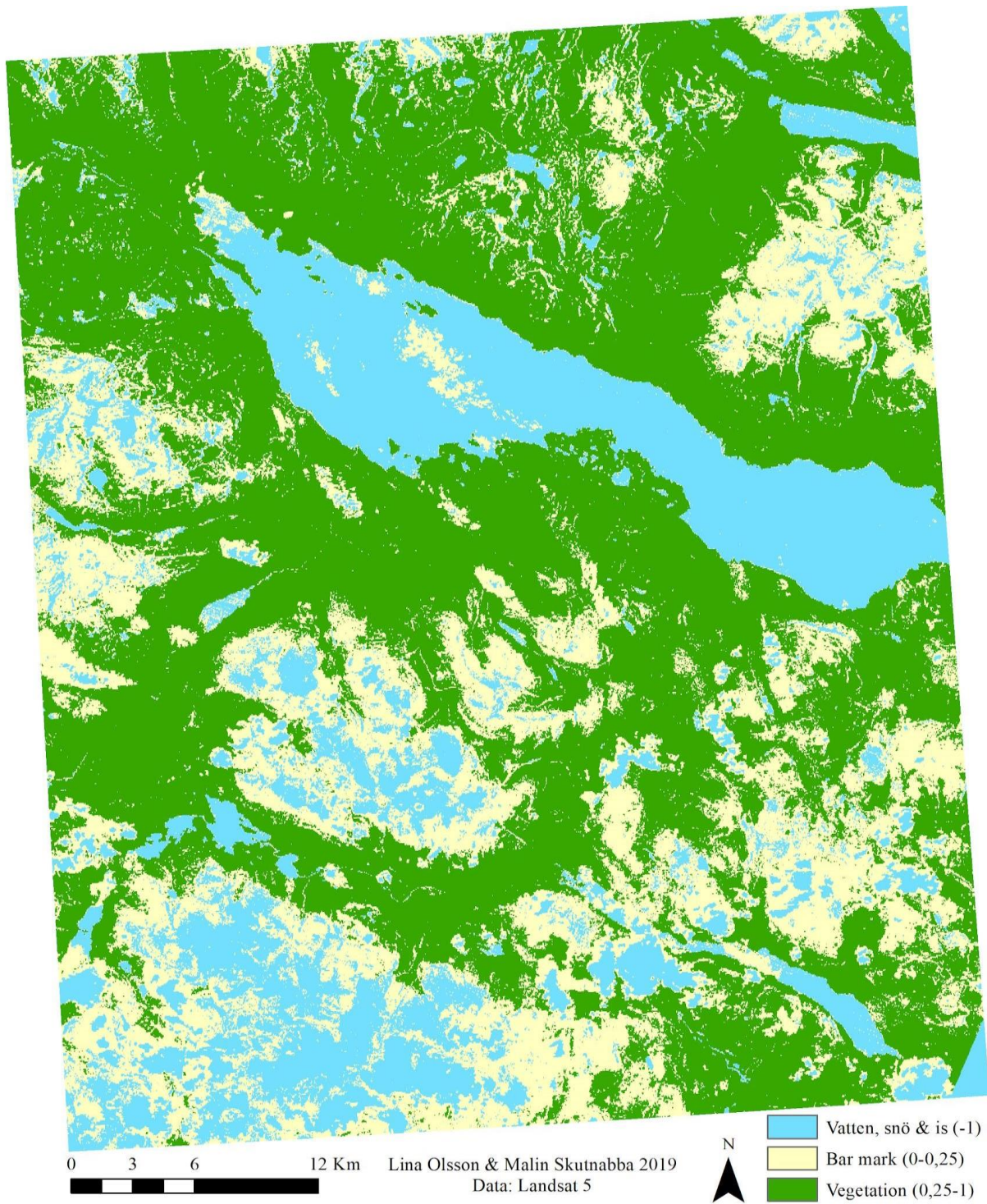
Figur A2. Karta med NDVI-värde år 1986.

Figure A2. Map with NDVI values year 1986.



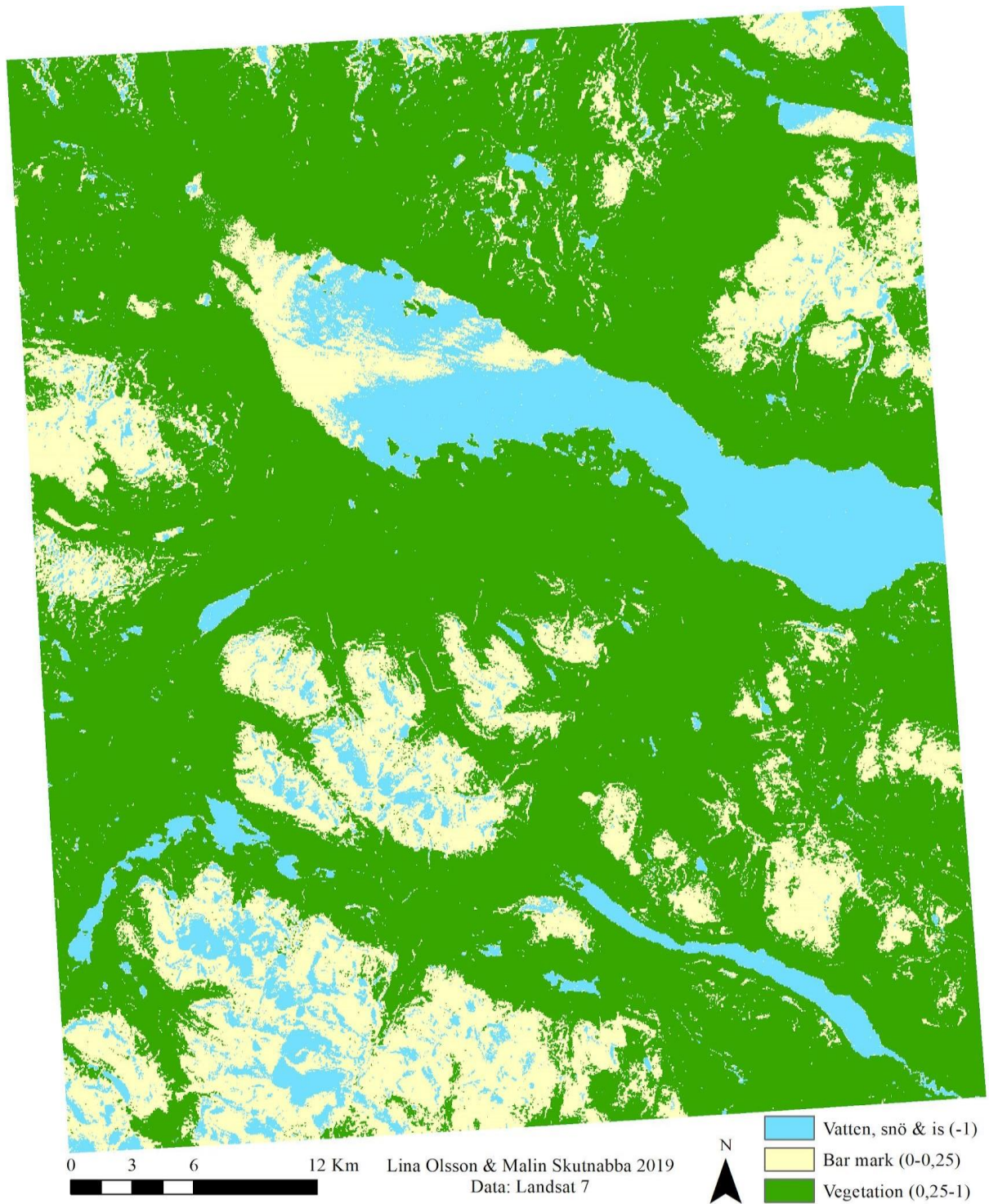
Figur A3. Karta med NDVI-värde år 1991.

Figure A3. Map with NDVI values year 1991.



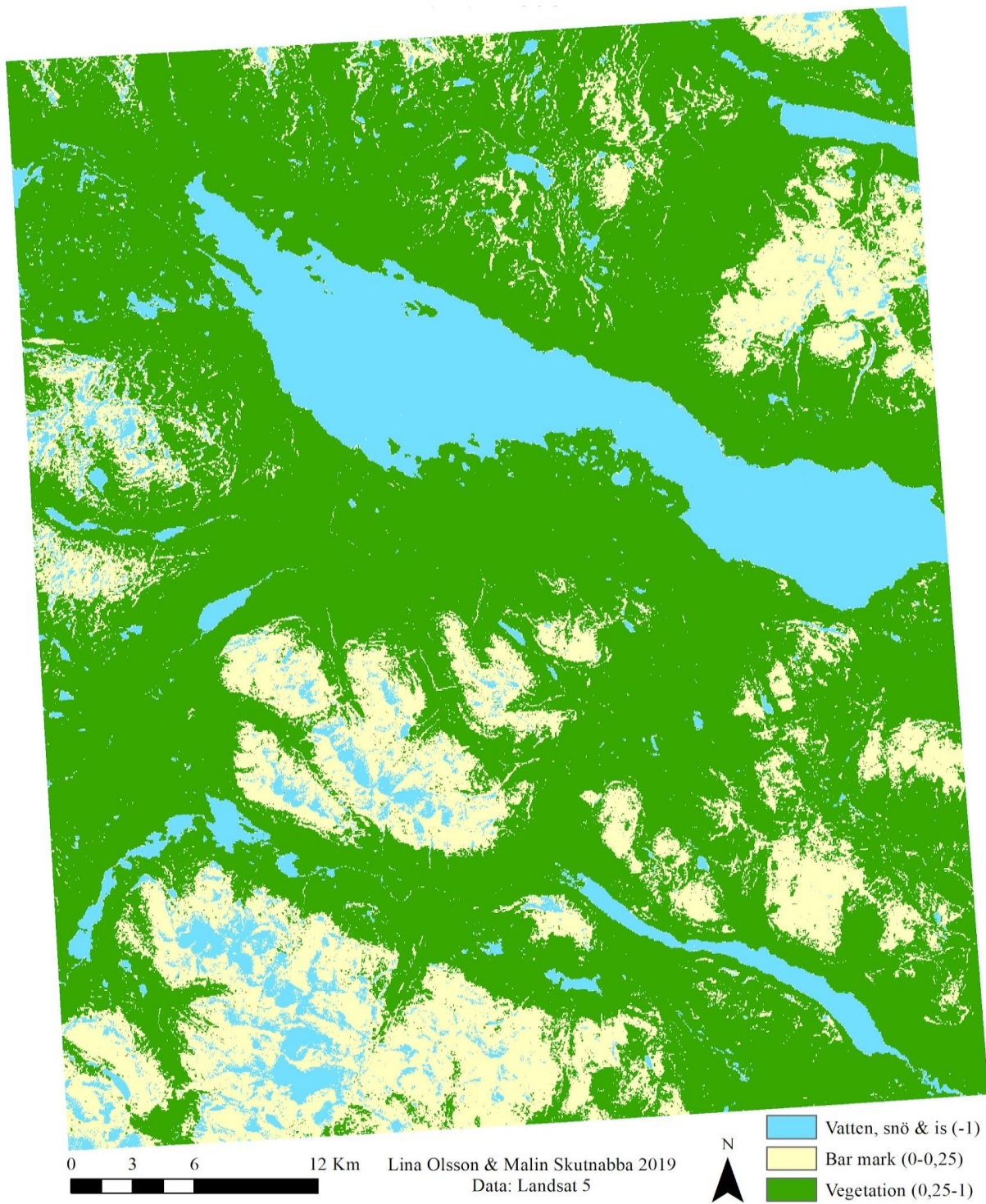
Figur A4. Karta med NDVI-värde år 1996.

Figure A4. Map with NDVI values year 1996.



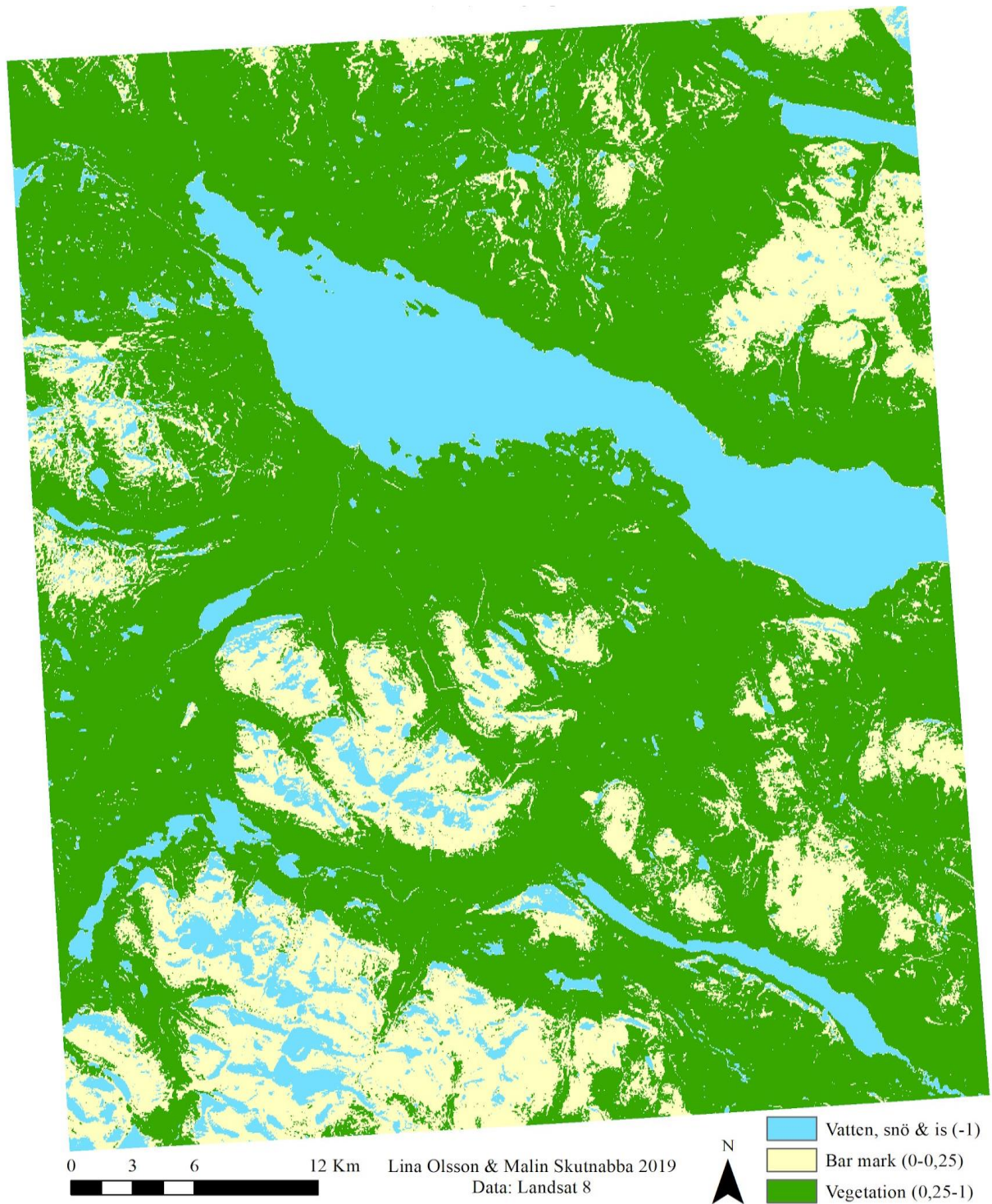
Figur A5. Karta med NDVI-värde år 2002. Det gula som syns över sjön är moln.

Figure A5. Map with NDVI values year 2002. The yellow area over the lake are clouds.



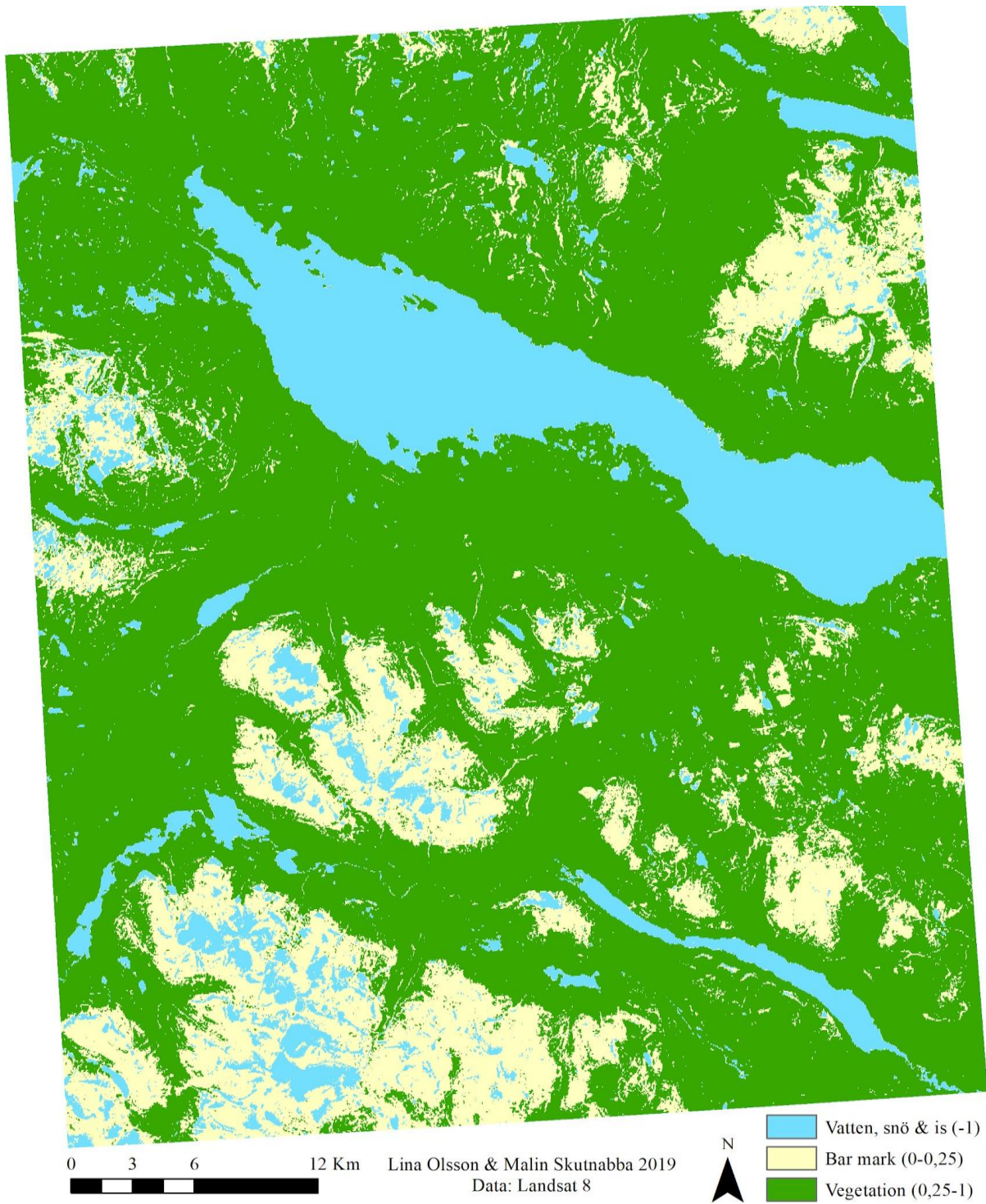
Figur A6. Karta med NDVI-värde år 2006.

Figure A6. Map with NDVI values year 2006.



Figur A7. Karta med NDVI-värde år 2013.

Figure A7. Map with NDVI values year 2013.



Figur A8. Karta med NDVI-värde år 2018.

Figure A8. Map with NDVI values year 2018.

Bilaga 3



Figur A9. NDVI-trendkarta över Abisko för åren 1982-2012 baserat på tidigare studie (Guay et al., 2015). De gröna polygonerna visar på en trend med greening och de bruna polygonerna visar på en trend med browning.

Figure A9. NDVI trend map over Abisko for the years 1982-2012 based on a previous study (Guay et al., 2015). The green polygons show a trend of greening and the brown a trend for browning.