

PROSJEKTRAPPORT

SATELLITTDATABEHANDLING

Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

ITE1917, 2019H

Kristoffer Johan Garmann, Petter Kløften, Fredrik Myhre

INNHALDSFORTEGNELSE

Innhold	Error! Bookmark not defined.
Tabelliste	Error! Bookmark not defined.
Figurliste	2
Sammendrag	2
2 Innledning	2
2.1 Teoretisk del	3
2.2 Praktisk del	3
3 Sentinel-2	3
3.1 Oppdrag	3
3.2 Romfartsdetaljer	3
3.2.1 Servicemodul	4
3.2.2 Internminne	5
3.3 Nyttelast	5
3.3.1 Spektralbånd	6
3.4 Databruk	6
3.4.1 Geoland-2	7
3.4.2 SAFER	7
3.4.3 G-MOSAIC	7
4 RADARSAT-2	7
4.1 Beskrivelse av RADARSAT-2 og dens virkemåte	7
4.1.1 Polarisering	8
4.1.2 Spotlight	9
4.1.3 Single Beam	9
4.2 Anvendelse av SAR-systemets data	10
5 Delkonklusjon	10
6 Praktisk del	11
7 Metode	23
7.1 Teoretisk del	23
7.2 Praktisk del	23
8 Bearbeiding	23
9 Konklusjon	24
10 Referanser	Error! Bookmark not defined.

TABELLISTE

Tabell 1 Tabell over Sentinel-2s 13 båndspekter(ESA)	5
Tabell 2 Spektralbåndene til Landsat 7	12

FIGURLISTE

Figur 1 Illustrasjon av Sentinel-2(ESA)	4
Figur 2 Spektralbånd og deres oppløsning for MSI. (ESA)	6
Figur 3 RADARSAT-2 SAR Beam Modes (MDA, 2018)	8
Figur 4 Polarisering (Campbell & Wynne, 2011)	9
Figur 5 Spotlight (MDA, 2018).....	9
Figur 6 Single Beam (MDA, 2018)	10
Figur 7 Vi velger ut et område på østlandet.	11
Figur 8 Enkeltbånd i GIS	12
Figur 9 Kombinerte bånd i GIS	12
Figur 10 Slik ser RGB bildet ut med det første. Det er veldig mørkt.....	12
Figur 11 Utfører pan-sharpening	13
Figur 12 Nytt multispektralt bilde med pan-sharpened band	13
Figur 13 Bedre oppløsning og lysere. Det er zoomet inn her for å vise detaljer.	13
Figur 14 NDVI av et utklipp av bildet vårt	14
Figur 15 NDVI hvor vi ser at sjøen har mer blått enn innsjøene.....	14
Figur 16 Unsupervised klassifisering med definering av fargene	16
Figur 17 Et utdrag av det pan-sharpenede bildet vårt.....	16
Figur 18 Supervised Classificatoin Tool.....	17
Figur 19 Egendefinerte klasser.....	17
Figur 20 Området som skal definere klassen.....	18
Figur 21 Programmet markerer områdene som faller innenfor klassen	18
Figur 22 Histogram fra vannområdet vi valgte over. Fra øverst: Blått, grønt, rødt.....	19
Figur 23 Utvalgt område for skog	20
Figur 24 GIS markerer på bildet området som faller innenfor klassen.....	20
Figur 25 Utvalgt område for skyer	21
Figur 26 GIS markerer områdene som faller innenfor klassen for oss	21
Figur 27 Pan-sharpened bilde	22
Figur 28 Supervised klassifisert bilde.....	22

1 INNLEDNING

I denne rapporten forsøker vi å løse prosjektoppgaven for faget Satellittdatabehandling ITE1917 høsten 2019. Oppgaven er todelt mellom en teoretisk del og en praktisk del. Av praktiske årsaker deler vi rapporten i tre, en del for hver av satellittene og en del for den praktiske delen av prosjektet. Hvert av gruppemedlemmene har hatt hovedansvar for hver sin del, og vi har samarbeidet i sammensetning av rapporten og i en del tilfeller en av oss har hatt behov for det.

1.1 TEORETISK DEL

I den teoretiske delen skal vi beskrive en optisk jordobservasjonssatellitt og en satellitt med syntetisk apertur-radar(**SAR**). I begge disse tilfellene holder vi hovedfokus på fjernmålingsinstrumentene, data som samles inn og hva de brukes til. Satellittene vi har valgt er Sentinel-2 og RADARSAT-2.

1.2 PRAKTISK DEL

I den praktiske delen skal vi bearbeide et datasett med multispektrale bilder for å kunne svare på følgende oppgaver:

1. Lag RGB bilder med å bruke flere forskjellige kombinasjoner av multispektrale band. Prøv å forklare hva de forskjellige bandkombinasjonene og de enkelte bandene fremhever i bildet.
2. Utfør pan-sharpening. Lag et RGB bilde med bedre oppløsning ved å bruke oppløsningen i et pankromatisk band.
3. Utfør radiometrisk korreksjon for å fjerne atmosfæriske effekter fra de multispektrale bildene.
4. Lag en NDVI av området i bildet.
5.
 - a. Utfør en unsupervised klassifisering av hele eller deler av bildet
 - b. Utfør en supervised klassifisering av hele eller deler av bildet. Resultatet skal ha minst 3 informasjonsklasser.

Vi har valgt oss et datasett fra østlandet og skal utføre oppgaven med programvaren GRASS GIS.

2 SENTINEL-2

Sentinel-2 er egentlig to identiske satellitter, Sentinel-2A og Sentinel-2B, som går i solsynkron polarbane 180° fra hverandre. Hovedoppgaven til Sentinel-2 er å ta multispektrale bilder av alle landområder og deres tilhørende kyst, i tillegg til innsjøer.

2.1 OPPDRAG

Bakgrunnen for Sentinel-2 var en økende etterspørsel etter multispektral data tilbudt av både NASAs Landsat-program og det privateide SPOT-programmet. Disse programmene leverer multispektrale bilder i synlige farger rødt, grønt og blått(**RGB**), og i spekteret fra Very Near Infrared(**VNIR**) og Short-Wave Infrared(**SWIR**). Sentinel-2 er i følge ESA designet for å være en pålitelig forlengelse og forbedring av tjenestene levert av disse programmene frem til daværende tidspunkt (ESA, 2012).

Hovedmålene med oppdraget er i følge oppdragskravene (ESA, 2007) å levere multispektrale bilder i systematisk sekvens og med høy frekvens og levere en forbedret fortsettelse av den tjenesten SPOT-programmet leverer.

Målet er å observere arealdekke for alle landareal inkludert innsjøer og hav nær kysten. Dekningskravet er landområder mellom 84° N og 56° S samt Antarktis og alle øyer større enn 100km². Dette betyr i praksis alle landområder på jordkloden.

2.2 ROMFARTSDETALJER

Systeme Sentinel-2 består av to satellitter i en polar solsynkron bane. Sentinel-2A ble skutt opp i 2015, og Sentinel-2B ble skutt opp i 2017 (ESA, 2019). De går nå i bane med 98.5 graders inklinasjon

180° fra hverandre. Banens gjennomsnittshøyde er 768km. Dette gir en minimumsdekning på en overflygning hver 10 dag per satellitt. Med to satellitter kan man da få bilder fra et område minst hver 5. dag.

2.2.1 Servicemodul

Satellittene er bygd på Airbus Defence & Space sin standard AstroBus-L og kontrolleres av en ERC32 prosessormodul. Servicemodulen har redundans til å tåle svikt i minst en hovedkomponent. Satellitten kommuniserer som regel med jorden to ganger om dagen men den kan også fungere autonomt i inntil to uker.

Satellitten er illustrert med bevegelsesretning mot venstre i Figur 1.



Figur 1 Illustrasjon av Sentinel-2(Esa)

Satellittene er designet for en levetid på rett i overkant av syv år men har nok drivstoff til å fungere normalt i 12 år. Etter 12 år i normal drift er det fremdeles en skvett igjen for at man skal kunne ta satellitten ut av drift og brenne den opp i atmosfæren.

Hovedsystemene består av Attitude and Orbit Control Subsystem(**AOCS**), Electric Power Subsystem(**EPS**), RF og optisk kommunikasjon (eoPortal, 2019). Satellitten har både aktiv og passiv temperaturkontroll i form av isolering og varmeelement i områder som har behov for dette og radiatorer for å kvitte seg med overflødig varme.

2.2.1.1 AOCS

Attitude and Orbit Control-systemet består av en rekke forskjellige instrumenter som hjelper satellitten med orienteringsregulering. Dette inkluderer instrumenter som finner ut hvor satellitten befinner seg og hvilken retning den peker.

For å endre orientering er satellitten utstyrt med fire reaksjonshjul og tre magnetpoler. Den er i tillegg utstyrt med et sett thrustere på 1N som i tillegg til å endre orientering også kan påvirke satellittens bane (eoPortal, 2019).

2.2.1.2 EPS

Satellitten strømforsynes av et uttrekkbart solscellepanel på 7.1 m² og 8-cellers litium-ionbatterier. Batteriet skal kunne levere 102 Ah og solcellepanelet skal klare å levere 1730 W ved slutten av satellittens levetid (eoPortal, 2019).

2.2.1.3 Kommunikasjon

Sentinel-2 tar multispektrale bilder og har av den grunn behov for stor båndbredde. For å levere nyttelasten til oss på jorden tar den i bruk enten en X-båndantenne eller en optisk link via European Data Relay Satellite(**EDRS**), en geostasjonær satellitt som videresender nyttelasten. X-båndantennen, som kan sende 560Mbps, er avhengig av flere bakkestasjoner, derav den ene av disse er Svalbard. Dersom disse ikke er tilgjengelige vil satellitten alltid ha dekning via EDRS som har større båndbredde.

For telemetridata og kontroll av satellitten brukes en S-båndantenne som gir tilstrekkelig båndbredde til formålet, men denne er ubrukelig for nyttelast (eoPortal, 2019).

2.2.2 Internminne

Det finnes en rekke forskjellige instrumenter og undersystemer som ikke nevnes i denne rapporten da de ikke er direkte relevante for nyttelasten. Et system som derimot bør nevnes er minnet om bord da det er svært viktig for utførelsen av satellittens oppdrag. Multispektrale bilder inneholder mye data, og både minnet og båndbredde må dimensjoneres etter dette behovet.

Sentinel-2 er det første oppdraget i verdensrommet som benytter seg av NAND-flash minne. NAND-flash er det vi bruker til daglig i SSD-harddisker og minnepinner. Denne typen minne har flere fordeler over det mest aktuelle alternativet, SD-RAM, som opprinnelig ble foreslått. NAND-flash bruker mindre strøm og mindre plass, og det holder i tillegg på lagret informasjon dersom spenningen skulle falle eller forsvinne helt. Sentinel-2 har i utgangspunktet 2.8TB flashminne som er forventet å forvitte til 2.4TB på grunn av stråling. Systemet har innebygget funksjon for å identifisere skadet lagringsplass og håndtere dette (Blau, 2019).

2.3 NYTTELAST

Nyttelasten til Sentinel-2 består av kun ett instrument kalt Multispectral Imager(**MSI**). Dette er en sensor som ved hjelp av et teleskop tre speil av silisiumkarbid(SiC) og et dikroisk filter splitter lyset i 13 forskjellige bånd mellom 0.4 og 2.4 mikrometer, som tilsvarer synlig lys til SWIR. Disse splittes til to forskjellige fokalplan. Sensoren oppnår en «swath width», eller skårbredde, på 290 km. Oppløsningen i de forskjellige båndene varierer fra 10-60 meter. De 13 båndene med en kort forklaring er lånt fra ESA i Tabell 1 under.

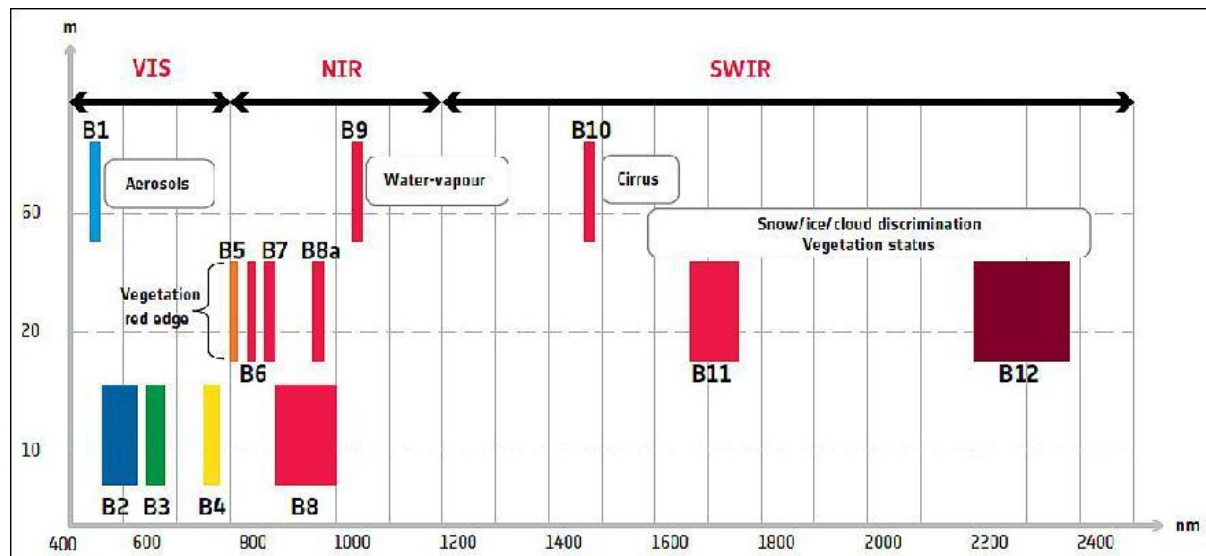
Tabell 1 Tabell over Sentinel-2s 13 båndspekter(ESA)

Band	Band	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Spatial resolution (m)	Objective
B1	VNIR	443	20	60	Aerosol Correction
B2		490	65	10	Aerosol Correction, Land Measurement Band
B3		560	35	10	Land Measurement Band
B4		665	30	10	Land Measurement Band
B5		705	15	20	Land Measurement Band
B6		740	15	20	Land Measurement Band
B7		783	20	20	Land Measurement Band
B8		842	115	10	Water Vapor Correction, Land Measurement Band
B8a		865	20	20	Water Vapor Correction, Land Measurement Band
B9		945	20	60	Water Vapor Correction
B10	SWIR	1380	20	60	Cirrus Detection
B11		1610	90	20	Land Measurement Band
B12		2190	180	20	Aerosol Correction, Land Measurement Band

Synlig lys og nær infrarødt fanges opp av CMOS-brikker, og SWIR fanges opp av en HgCdTe-detektor (Mercury-Cadmium-Tellium). Instrumentet har også en lukkemekanisme for å skjerme optikken fra sollyset, og denne fungerer også som en kalibreringsmekanisme (ESA, 2012).

2.3.1 Spektralbånd

Som nevnt tar MSI bilder i 13 forskjellige spekter. Noen av disse brukes til direkte observasjon, noen brukes til å korrigere forhold i atmosfæren som kan forstyrre observasjonene, og noen brukes til begge deler. Båndene B1-B12 og deres oppløsning vises i Figur 2.



Figur 2 Spektralbånd og deres oppløsning for MSI. (ESA)

Spektralbåndene B1, B9, og B10 med 60 m oppløsning er utelukkende i bruk for atmosfærisk korreksjon for aerosoler, vanndamp, og cirrus-skyer. B8 og B8a hjelper også til med korreksjon for vanndamp og B12 kan hjelpe til med aerosoldeteksjon.

De spektralbåndene som befinner seg i NIR er viktige for observasjon av vegetasjon. Disse er spesifikt valgt ut for å kunne kvantifisere forskjellig data om vegetasjon som f.eks. klorofyllinnhold (ESA, 2012).

Resten av spektralbåndene gjelder synlig lys.

2.4 DATABRUK

Data som Sentinel-2 samler inn er i første omgang ment å være en del av det større jordobservasjonsprogrammet «Copernicus». Sentinel-2 dekker landområder og arealdekke mens andre satellitter samler inn annen data til samme program og dette blir til sammen en stor pakke med svært detaljert informasjon om hele kloden. Dette er stort sett tilgjengelig for alle som har behov.

Data fra Sentinel-2 skal etter kravspesifikasjonen leveres til tre underprogram av Copernicus, nemlig Geoland-2, Services and Applications for Emergency Response (SAFER), og GMES services for Management of Operations, Situation Awareness and Intelligence for regional Crises (G-MOSAIC).¹

¹ GMES - Global Monitoring for Environment and Security, tidligere navn på Copernicus.

2.4.1 Geoland-2

Geoland-2 er et ESA-prosjekt under Copernicus som skal tilby geodata til flere andre tjenester. Dataene er spesielt viktig innen arealplanlegging, jordbruksovervåkning, vannovervåkning, skogbruk, og klimaovervåking.

2.4.2 SAFER

SAFER er et program som tilbyr satellittdata i forbindelse med krisesituasjoner. Dette kan være f.eks. ved flom eller skogbrann. Sentinel-2 kan bidra med overvåkningsbilder fra både før og etter en krisesituasjon. Dette kan være til bruk for å forutse katastrofer, og det kan være til hjelp i etterkant. Overvåkning av spredning av skogbrann er et god eksempel.

2.4.3 G-MOSAIC

G-MOSAIC er et program for maritim overvåkning, overvåking av infrastruktur, og støtte innenfor fredsbevaring og krisesituasjoner. Programmet samler informasjon fra flere kilder, men satellittdata er en stor del av dette.

3 RADARSAT-2

RADARSAT-2 er en type jordobservasjonssatellitt som benytter seg av et SAR-system for å innhente relevant data om jordas overflate. Denne satellitten ble sendt opp i 2007 av Canadian Space Agency(CSA), og er på mange måter en oppgradering av deres tidligere satellitt «RADARSAT-1».

Satellittens SAR-system er konstruert slik at den kan utføre et stort antall forskjellige operasjoner, noe som gjør den veldig fleksibel og dermed kan brukes til mange ulike oppdrag. Eksempler på hva satellitten brukes til er blant annet kartlegging av mulige lokasjoner for utvinning av olje og gass, eller innhenting av informasjon om miljø og klima for å bedre kunne håndtere/unngå naturkatastrofer.

3.1 BESKRIVELSE AV RADARSAT-2 OG DENS VIRKEMÅTE

I motsetning til en optisk jordobservasjonssatellitt som bruker sola som belysning, så benytter SAR-satellitter seg av en egenprodusert belysning i form av radarstråling. Dette gjør at satellitten kan operere uavhengig av om det er natt, dag eller overskyet (Center for International Earth Science Information Network, u.d.).

Denne radarstrålingen er med på å bestemme «størrelsen» til systemets antenne, som er relevant med tanke på hvilken oppløsning bildene til satellitten kan oppnå. En større antenne vil i utgangspunktet kunne produsere en høyere bildeoppløsning.

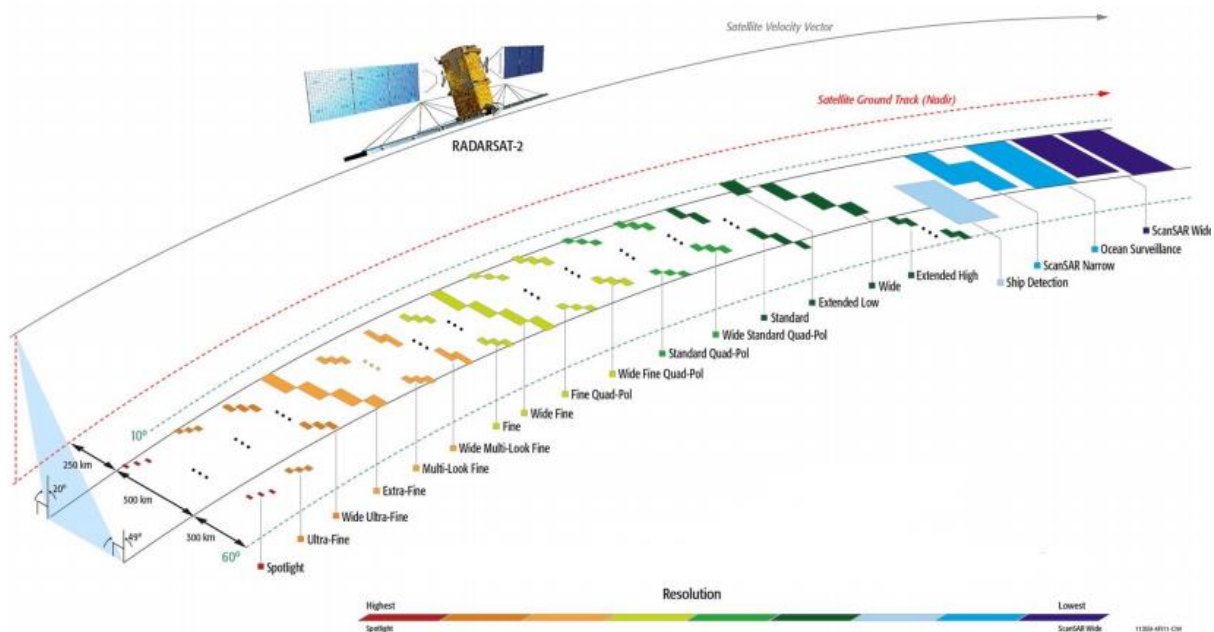
For en SAR-satellitt, så vil ikke den fysiske størrelsen til antenna være spesielt relevant. Som nevnt, så sender SAR-systemet ut en radarstråling. Satellitten er selvsagt i bevegelse i det den sender ut strålingen, så antennes «størrelse» vil være lik distansen satellitten beveger seg innenfor det tidsrommet radarstrålingen sendes fra satellitten til den returnerer. Dette gjør at satellittens fysiske størrelse kan være mye mindre enn en jordobservasjonssatellitt med stor antenne, og likevel oppnå like god eller bedre oppløsning på dens produserte bilder (Moreira, et al., 2013).

SAR-systemet som befinner seg på RADARSAT-2 er tredelt og består av en radartransmitter, en radarmottaker og en «data downlink»-transmitter.

Radartransmitteren og radarmottakeren opererer gjennom en elektrisk styrbar antenne. Denne antenne dirigerer energien fra radartransmitteren til en smal radarstråle som så sendes ned mot jordas overflate. Radarstrålingen må vinkles slik at når den returnerer fra jordas overflate så skal den treffe satellittens bane. I tillegg justeres vinkelen på strålingen underveis slik at den vil treffe jordas overflate ved et bestemt spekter av ulike innfallsvinkler.

Hvilken type bildebehandling satellitten er satt for å utføre, altså bruksområdet til SAR-systemets data, kan varieres ved å endre karakteristikken til radarstrålen. Her kan blant annet pulsbredde, sampling rate eller skårbredde endres for å oppnå ulike resultater (MDA, 2018).

Figur 3 viser ulike typer bildebehandlingsmoduser radarstrålingen kan stilles inn til, og hvilken grad av oppløsning bildene/objektene vil ha.

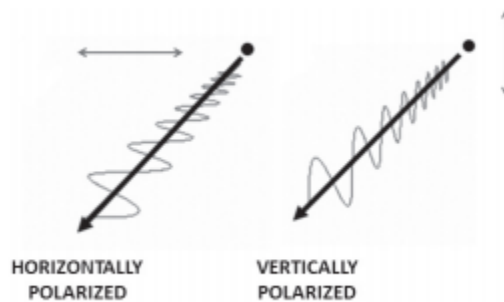


Figur 3 RADARSAT-2 SAR Beam Modes (MDA, 2018)

Som man ser av Figur 3, så finnes det 20 ulike moduser for radarstrålingen. Disse kan deles inn i tre moduser: «Spotlight», «Single beam», og «ScanSAR». Denne rapporten vil ikke gjennomgå hver og én av de 20 forskjellige karakteristikkene ettersom det ikke vil være nødvendig eller hensiktsmessig for å forstå hvordan instrumentene i SAR-systemet virker. I stedet vil en oppsummering av det mest fundamentale bli gjort nedenfor.

3.1.1 Polarisering

Satellittens radartransmitter kan sende ut radarstråling med enten horisontal eller vertikal lineær polarisering, som vist eksempelvis på Figur 4.



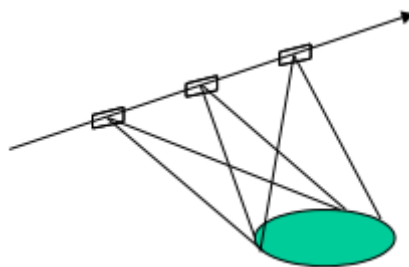
Figur 4 Polarisering (Campbell & Wynne, 2011)

Radarmottakeren kan også motta både vertikal og horisontal polarisering, men også begge deler samtidig. RADARSAT-2 innehar fire ulike alternativ for polarisering, hvorav disse er «Single co-polarization», «Single cross-polarization», «Dual-polarization», og «Quad-polarization». Forskjellen på disse går på hvilke kombinasjoner av vertikal og horisontal polarisering transmitteren sender ut og mottakeren mottar.

Fordelen med å kunne motta både vertikalt og horisontalt polariserte signal er at man får to ulike bilder av et bestemt område. Disse bildene vil ha ulik polarisering, slik at lysforholdene vil være forskjellige. Ved å sammenligne disse bildene vil man enklere kunne analysere landskapets karakteristikk. I tillegg vil man kunne få en variert grad av detaljert data fra bildebehandlingen ved ulike kombinasjoner av vertikal og horisontal polarisering fra transmitter og mottaker (Campbell & Wynne, 2011).

3.1.2 Spotlight

Denne modusen brukes for å få best mulig vinkeloppløsning fra SAR-systemet. Bildene som er gjort med «Spotlight mode» vil ha den beste oppløsningen som SAR-systemet i RADARSAT-2 kan produsere, med en vinkeloppløsning ned til én meter. For å oppnå denne oppløsningen så er man avhengig av at radarstrålingen styres elektrisk, slik at man kan beholde strålen på samme område over en lengre periode. Prinsippet for denne modusen vises i Figur 5. På grunn av dette så vil bildene fra denne modusen ha en fast bestemt størrelse langs satellittens bane. I tillegg er skårbredden (swath width) lavest av alle modusene, med en størrelse på mellom 18 og 25 km (MDA, 2018).



Figur 5 Spotlight (MDA, 2018)

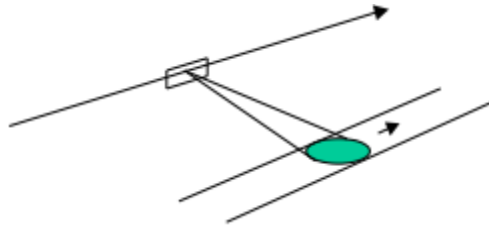
3.1.3 Single Beam

«Single beam mode» er den mest anvendte bildebehandlingen, med hele 15 ulike moduser å velge fra. Blant disse finner man den med det mest versatile bruksområdet som er «Standard single beam». Ved bruk av denne vil man kunne oppnå bilder med høy vinkeloppløsning (mellom 12 og 15 meter), i tillegg til at skårbredden til strålingen dekker opp til 100 meter. I motsetning til Spotlight-modusen, så kan radarstrålingen følge satellittens bane, som derfor gjør at den dekker et større

område i satellittens langsgående retning, som vist i Figur 6. Disse egenskapene gjør den attraktiv for flere ulike formål, blant annet for å overvåke/administrere naturressurser (eoPortal, 2019).

Blant andre moduser innenfor «Single beam»-kategorien finner man «Wide» og «Fine». «Wide» brukes for å kunne dekke et større område, men med en litt lavere oppløsning enn «Standard»-modusen. Mens «Fine»-modusens fungerer omtrent motsatt, ved at dens karakteristikker gjør den bedre til bruk hvor høyere vinkeloppløsning er viktigere enn større skårbredde.

I tillegg til disse finnes det mange andre å velge mellom, med blant annet diverse verdier for innfallsvinkel på radarstrålingen, skårbredden og vinkeloppløsningen, samt ulike typer polarisering.



Figur 6 Single Beam (MDA, 2018)

3.2 ANVENDELSE AV SAR-SYSTEMETS DATA

Som tidligere nevnt er det mangfoldige bruksområder for dataen RADARSAT-2 samler inn. Avhengig av karakteristikken til radarstrålingen, kan man velge å fokusere på små områder med høy bildeoppløsning, store områder med lav bildeoppløsning, eller noe midt imellom. Dette gjør satellittens tjenester verdifull for flere typer sektorer.

RADARSAT-2 tilbyr sine tjenester til både privat og offentlig sektor, hvorav dens hovedfokusområder består av å utføre kystovervåkning, følge med på klimaendringer, og å kontrollere naturressurser som for eksempel olje og gass.

Blant satellittens oppdragsgivere finner man «Norsk romsenter». De har benyttet seg av RADARSAT-2 sine tjenester gjennom hele dens livsløp. Her brukes dataene satellitten innhenter til å overvåke isbreer på norsk jord, kontrollere oljesøl, og finne bortkomne skip, m.m. (eoPortal, 2019)

I tillegg til «Norsk romsenter» finner man oppdragsgivere som ESA. De bruker RADARSAT-2 sine tjenester hovedsakelig for å overvåke mengden is som befinner seg i og rundt det baltiske hav og det arktiske hav under vintersesongen. Dette er nyttig informasjon både for å forstå klimaendringene, men også for å kunne bidra til maritim transport forekommer på et mest mulig trygt grunnlag.

4 DELKONKLUSJON

RADARSAT-2 og Sentinel-2 er begge versatile jordobservasjonssatellitter. Den ene med et kraftig SAR-system og den andre med MSI.

RADARSAT-systemet opererer innenfor tre forskjellige hovedmoduser for bildebehandlingen, hvorav radarstrålingens karakteristikk kan varieres med hele 20 ulike moduser. Her kan blant annet polarisering og innfallsvinkel av signal endres, og resulterende bilder kan dekke alt fra store til små områder, med varierende grad av vinkeloppløsning. Det gjør at data hentet fra RADARSAT-2 kan brukes i forbindelse med mange ulike jordobservasjonsoppdrag. Det være seg fra overvåkning av store havområder til å analysere områder hvor opphenting av naturressurser kan være aktuelt.

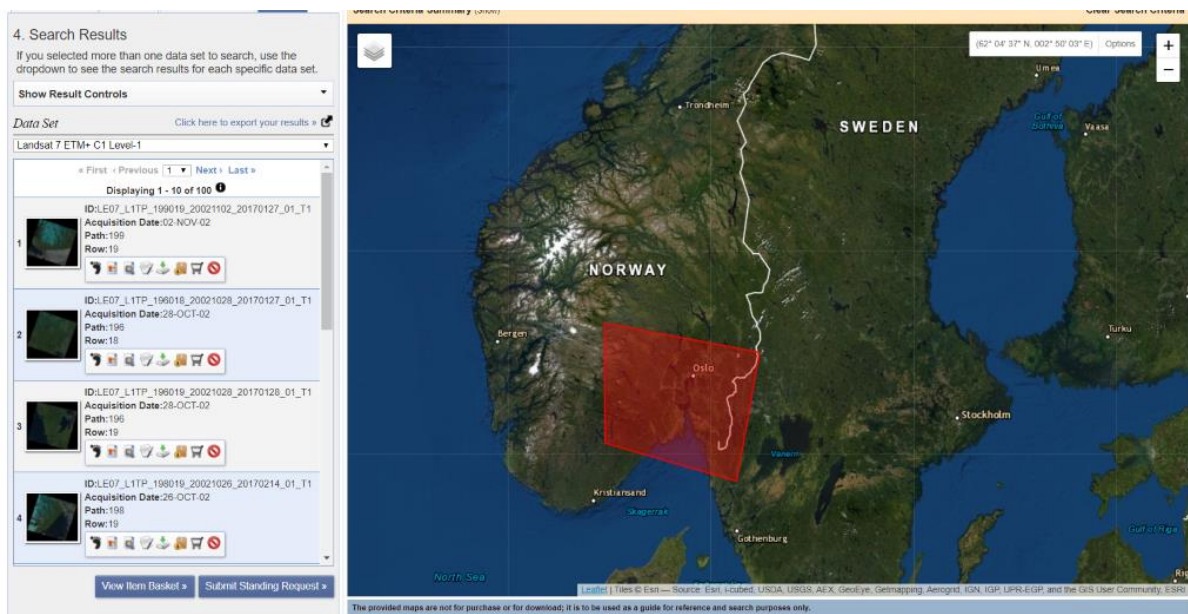
Sentinel-2 tar multispektrale bilder i 13 spektralbånd som er nøye utvalgt for å kunne gi oss forskjellige typer informasjon og samtidig la oss utføre atmosfæriske korreksjoner på disse. Systemet har hele landoverflaten på jorden som dekningsområde og gjør overflygninger minst hver 5. dag på samme område. Denne frekvensen gjør dataen til ferskvare og man kan se endringer som oppstår brått eller historiske trender ut i fra denne. Dette gjør satellittsystemet svært nyttig innen jordobservasjon på land. Når dette kombineres med resten av Copernicus-programmet vil man ha tilnærmet «full oversikt».

5 PRAKTISK DEL

Velger å bruke EarthExplorer fra U.S. Geological Survey på www.earthexplorer.usgs.gov. Det har vært en god kilde for multispektrale satellittbilder i sanntid i mange år.

Velger et område: En del av Østlandet slik som Figur 7.

Søker opp data fra Januar 2000 til Januar 2003, og setter skydekke til mindre enn 30%. Velger altså vekk data som er dekket med for mye skyer.



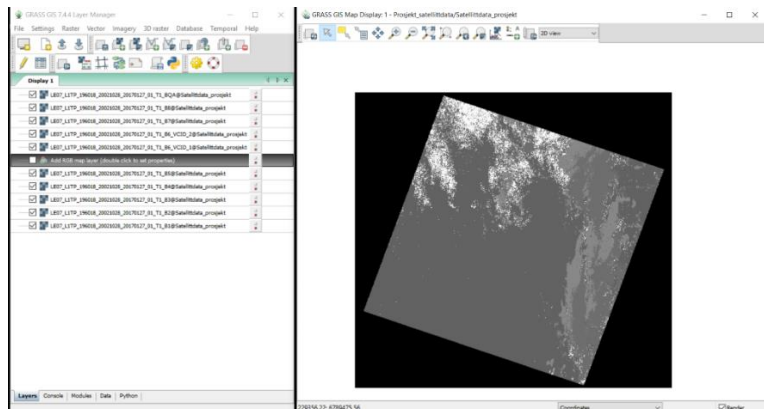
Figur 7 Vi velger ut et område på østlandet.

Vi velger en pakke, laster ned dataen og bruker programmet GRASS GIS for å behandle bildene våre. Først importerer vi rasterdata. Vi laster altså inn alle de forskjellige spektrale banda. Bildene er fra Landsat 7 som bruker banda i.

Hvert band er «svart-hvitt» som i Figur 8, men vi kan kombinere dem i forskjellige kombinasjoner og bruke farger for å få frem informasjon vi er ute etter. Hver pixel er 8-bit, så høyeste verdi er 255 og laveste er 0.

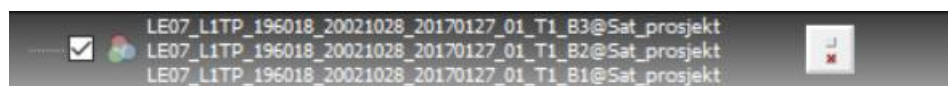
Tabell 2 Spektralbåndene til Landsat 7

Band	Wavelength	Wavelength Range (nm)
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896

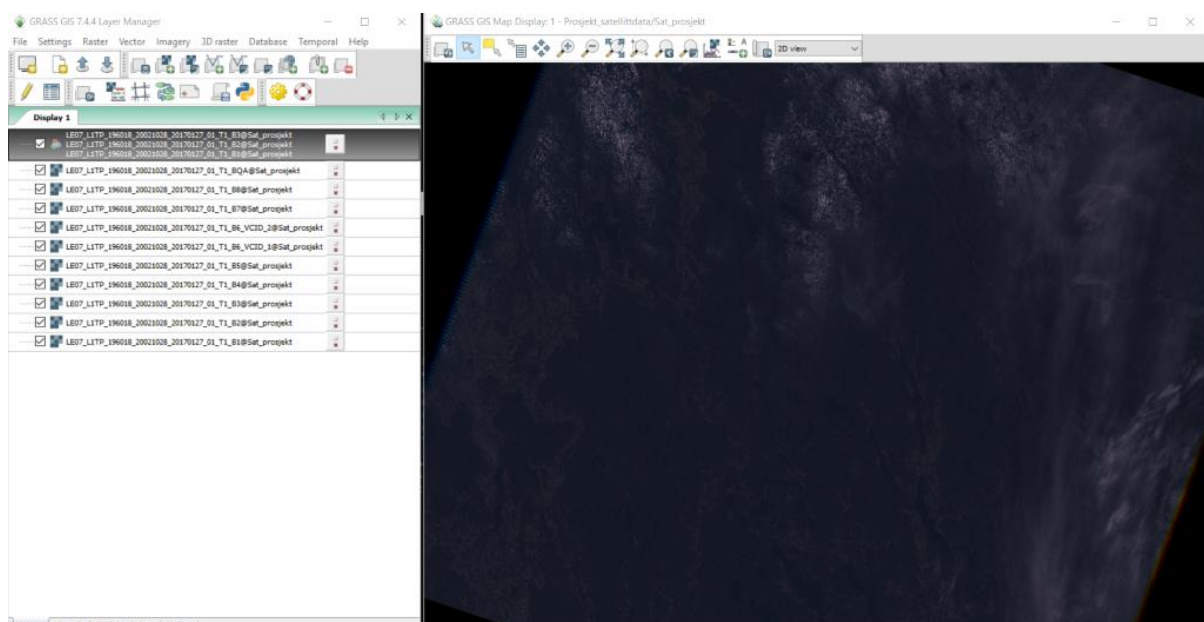


Figur 8 Enkeltbånd i GIS

Lager RGB bilde i GIS ved å bruke 3 band som vist i Figur 9. Bruker band 3 som rød, band 2 som grønn og band 1 som blå. Forskjellige band kan settes sammen i andre kombinasjoner, men de tre bandene som er brukt er nyttige for å fremheve det naturlige bilde av jordoverflaten. Figur 10 er det bildet som vi ville sett dersom vi så jordoverflaten direkte med våre egne øyne.



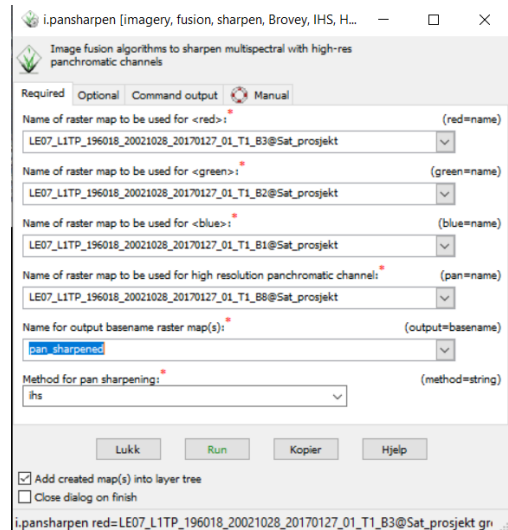
Figur 9 Kombinerte bånd i GIS



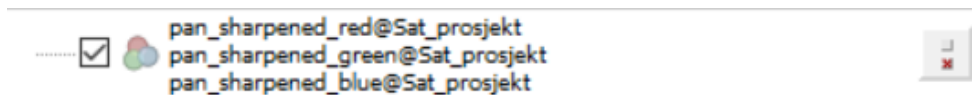
Figur 10 Slik ser RGB bildet ut med det første. Det er veldig mørkt.

1. Skal nå utføre pan-sharpening. Det kan gjøres ved å bruke band 8, som er et pankromatisk band. Pankromatisk betyr at det er sensitivt for alle bølgelengder. Grunnen til at dette bandet kan forbedre oppløsningen til bildet vårt er fordi det pankromatiske bandet har en bedre romoppløsning enn de andre båndene. Vi kan bruke dette til vår fordel for å forbedre skarpheten til det multispektrale bildet vårt. Bruker funksjon «i.pansharpen» og legger til bånd som skal forbedre oppløsning, band 1, 2 og 3. Legger til band 8 som pankromatisk band, og velger navn på de 3 nye band: pan_sharpened.

Deretter lager vi et RGB bilde igjen med de nye 3 banda som i Figur 12.

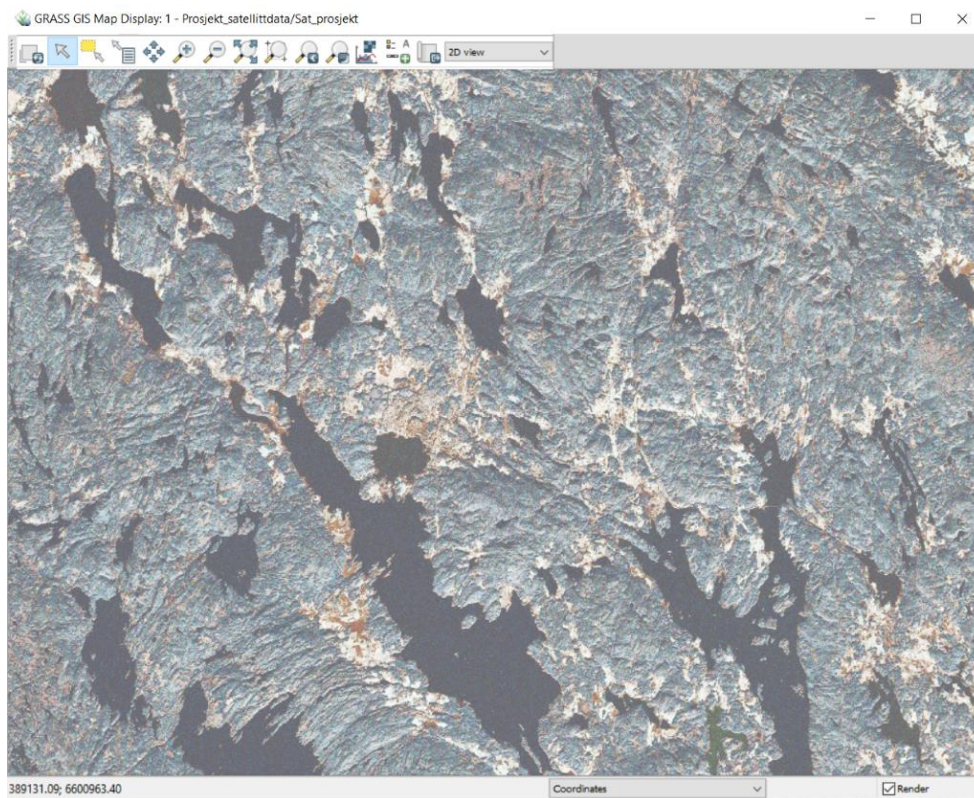


Figur 11 Utfører pan-sharpening



Figur 12 Nytt multispektralt bilde med pan-sharpened band

Nå ser vi at bildet har mye høyere oppløsning.

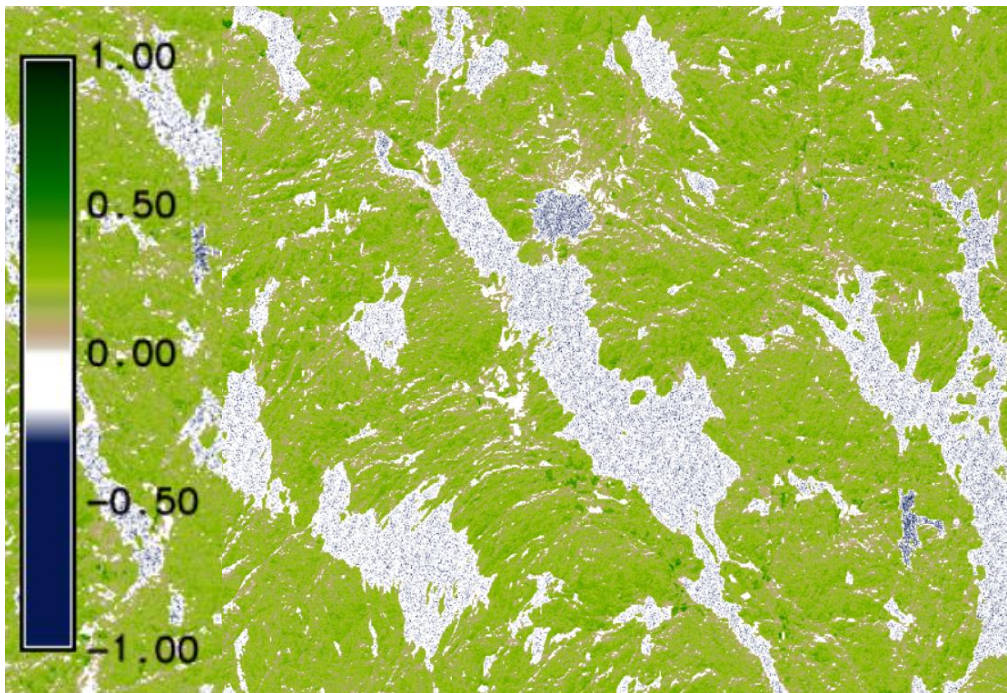


Figur 13 Bedre oppløsning og lysere. Det er zoomet inn her for å vise detaljer.

2. Atmosfæriske effekter gjør at bildet vårt blir tåkete. Dette kan fjernes ved å gjøre om de digitale verdiene om til radians eller reflektans. Bruker funksjon «i.landsat.toar», og setter inn nødvendig informasjon. Finner metadata filen og datoen bildene ble tatt. *Etter mye testing og feiling så får vi ikke dette til, blir et nesten svart bilde*

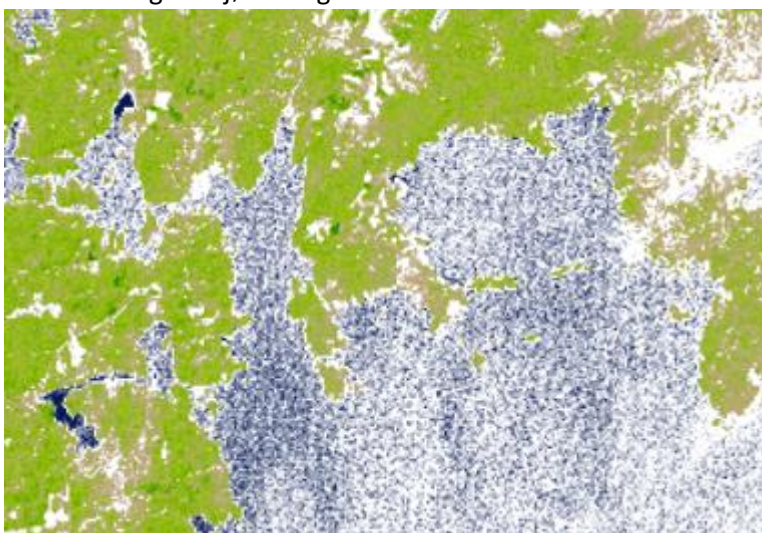
etter radiometrisk korleksjon. Usikker på hva det kan være. Fortsetter foreløpig med forrige bilde som ikke er korrigert for atmosfære. Dette fører til at senere prosesser ikke vil fungere optimalt.

3. Skal lage en NDVI av området. NDVI står for Normalized Difference Vegetation Index. Det forteller oss mer om høyden til bildene. For å finne NDVI bruker vi bandene rød og nær-infrarød. Det er bandene 3 og 4. Bruker funksjon «i.vi» og legger inne bandene. Resultatet vises under i Figur 14.



Figur 14 NDVI av et utklipp av bildet vårt

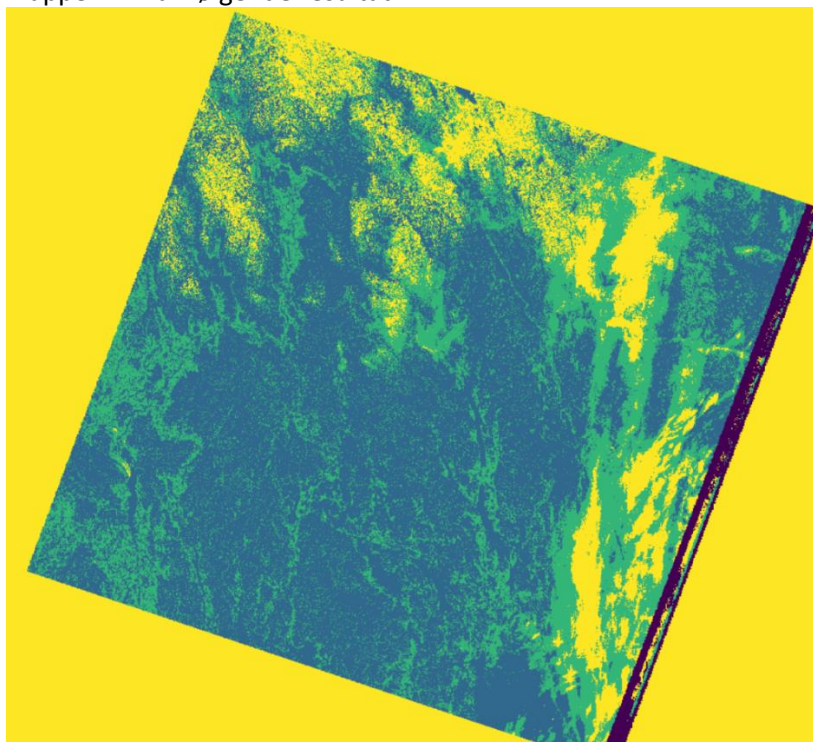
Mye av det som er hvitt her er vann. Dersom det hadde vært en sjø ville det vært blått, fordi da ligger det litt lavere. Men ettersom det er innsjøer, vil mye av det være hvitt, fordi det ligger høyere. Blått betyr at det ligger lavest, og grønt betyr at det ligger høyest, med hvit imellom. Dersom man zoomer ut og ser sjøen i Figur 15 vil man altså se mer blått:



Figur 15 NDVI hvor vi ser at sjøen har mer blått enn innsjøene

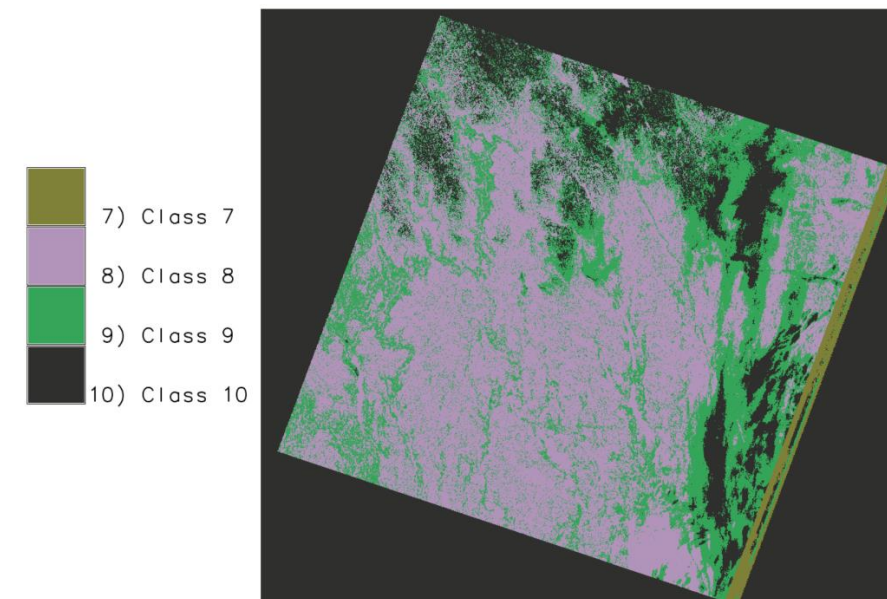
4.

- a. Skal utføre unsupervised klassifisering av en del av bildet. Unsupervised betyr at programmet helt av seg selv kommer med signaturene. Først lager vi en gruppe, med alle bandene fra 1-8 (kaller den «test_grp»), og en undergruppe innenfor som heter «fra.1-7» med de 7 første bandene. Det er viktig å opprette en slik gruppe for de neste stegene. Bruker deretter funksjonen «i.cluster» og henter frem gruppen vi nettop lagde. Så velger vi antall klasser vi ønsker - vi velger 10 først. Filen lagres. Deretter bruker vi funksjonen «i.maxlik» og henter frem gruppen vår «test_grp» og kjører funksjon. Den bruker da signaturene vi lagde og klassifiserer mappen. Vi får følgende resultat:



Vi ser at vi har kun 4 klasser, mens vi lagde 10. Usikker på hvorfor de 6 andre ble borte, men det får gå.

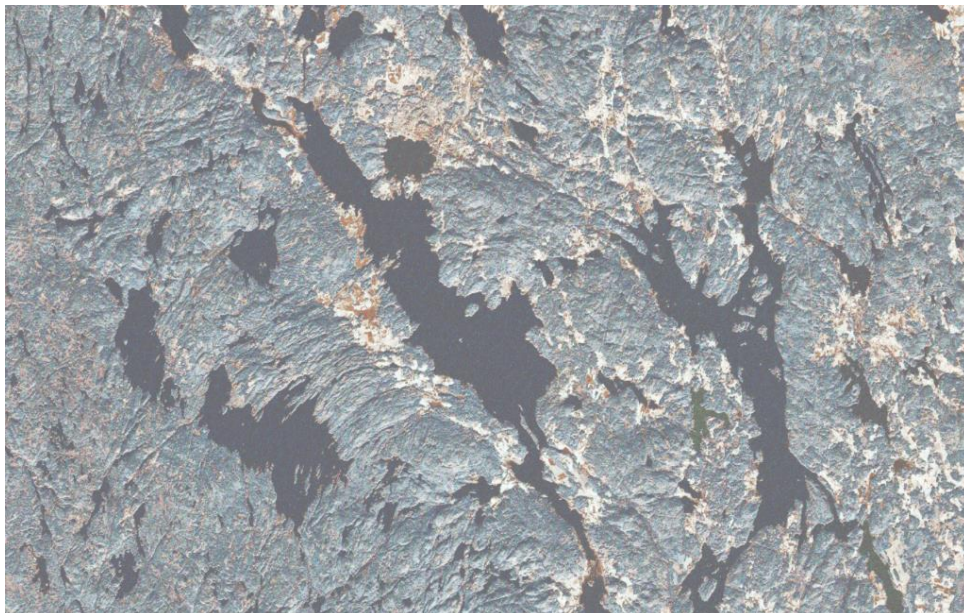
Velger å forandre fargene til tilfeldige farger. Bruker funksjon «r.colors» og setter fargekode til «random» frem til vi finner en fargekombinasjon som ser grei ut. Det er ikke viktig hvilke farger det er fordi klassene er uavhengig av hverandre, men det er greit å ha en fargekombinasjon som ser grei ut. Bruker «raster legend» for å vise hvilken klasse hver farge tilhører. Dette er vist under i Figur 16.



Figur 16 Unsupervised klassifisering med definering av fargene

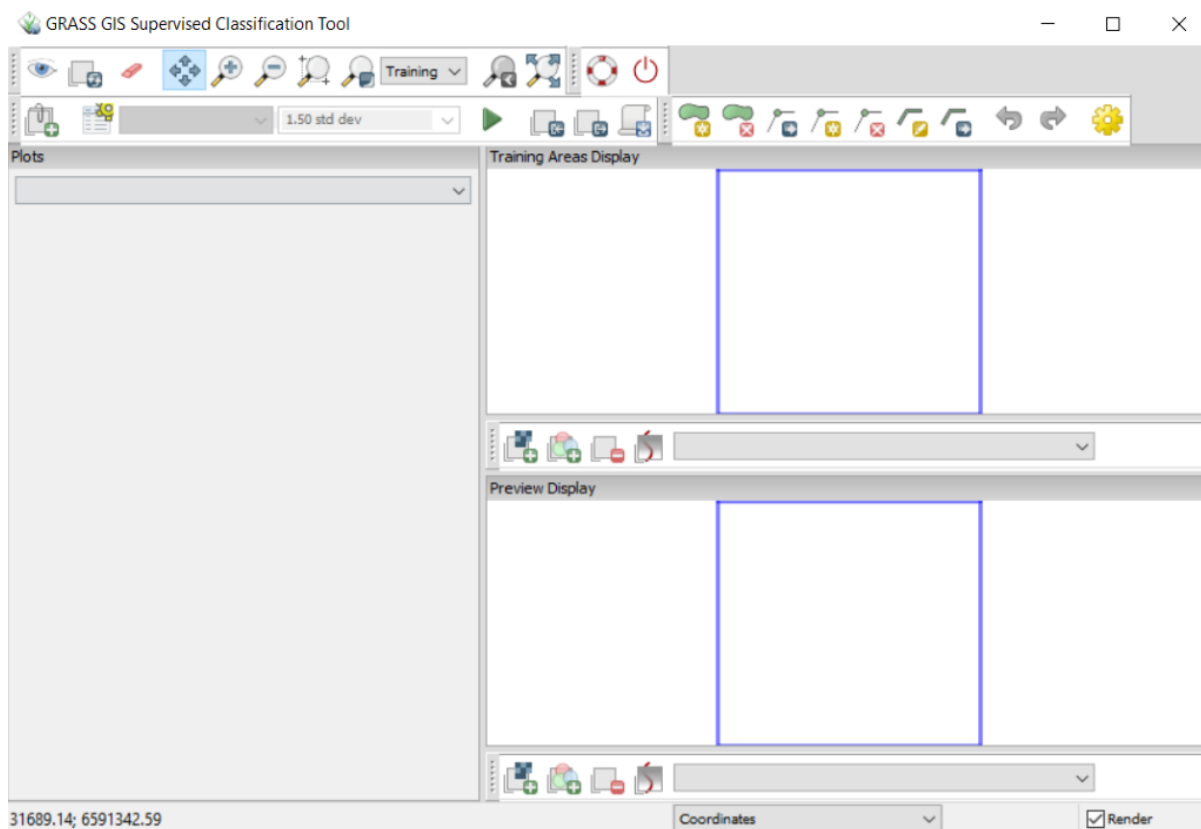
Har nå laget en unsupervised klassifisering med 4 klasser for hele bildet.

Skal nå utføre supervised klassifisering. Det går ut på at vi delvis manuelt klassifiserer bildet. Resten av klassifiseringen vil deretter utføres av programvaren. Dette kan være en fordel dersom man har god kompetanse innenfor bildebehandling, fordi man får mer kontroll på hva som klassifiseres. Forslag til klasser kan være skog, fjell, innsjø, hav, togbaner, hus osv. På vårt kart har vi ikke så veldig mye forskjellige, men vi kan fortsatt dele opp i en god del klasser. Velger 3 klasser: Skog, vann og skyer. Går tilbake til det pankromatisk-sharpened bildet vårt i Figur 17.



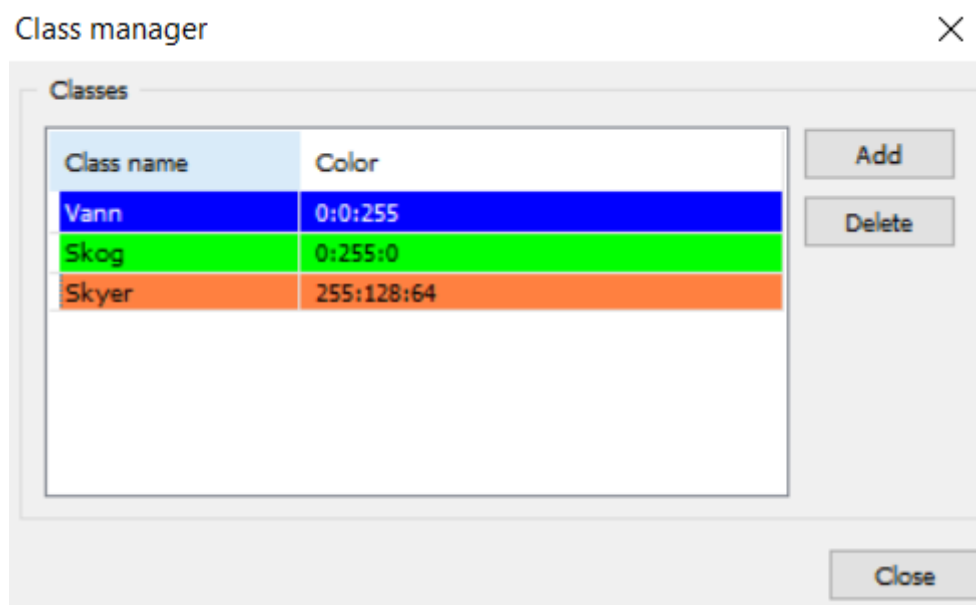
Figur 17 Et utdrag av det pan-sharpenede bildet vårt

Åpner Supervised Classification Tool som vist i Figur 18 med funksjon “g.gui.iclass”.



Figur 18 Supervised Classificatoin Tool

Vi lager de egendefinerte klassene «Skog», «Vann» og «Skyer», og velger tilhørende farger som vist i Figur 19.

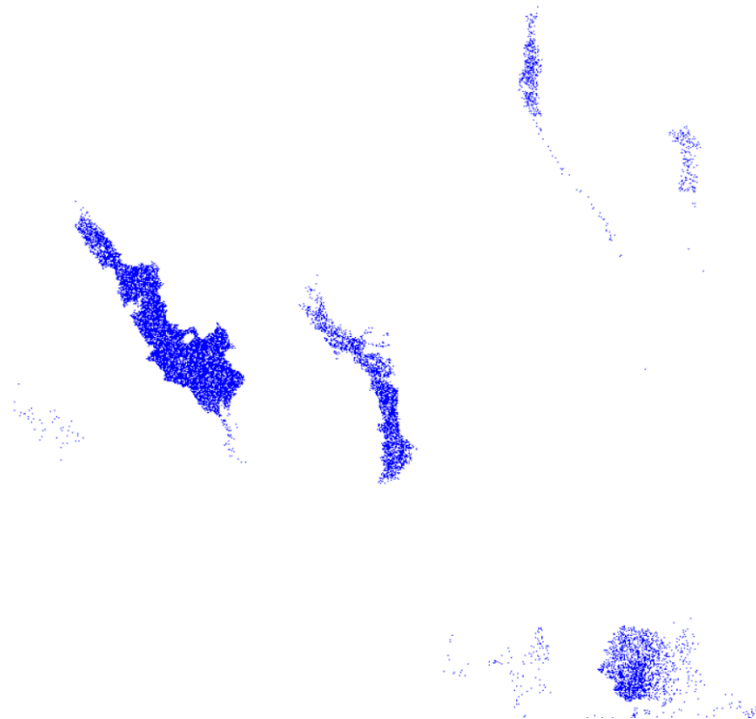


Figur 19 Egendefinerte klasser

For å definere klassen vann, velger vi ut et område (det er litt zoomet ut på bildet til høyre). Utvalget og GIS sin markering av klassen på bildet vises under i Figur 20 og Figur 21.

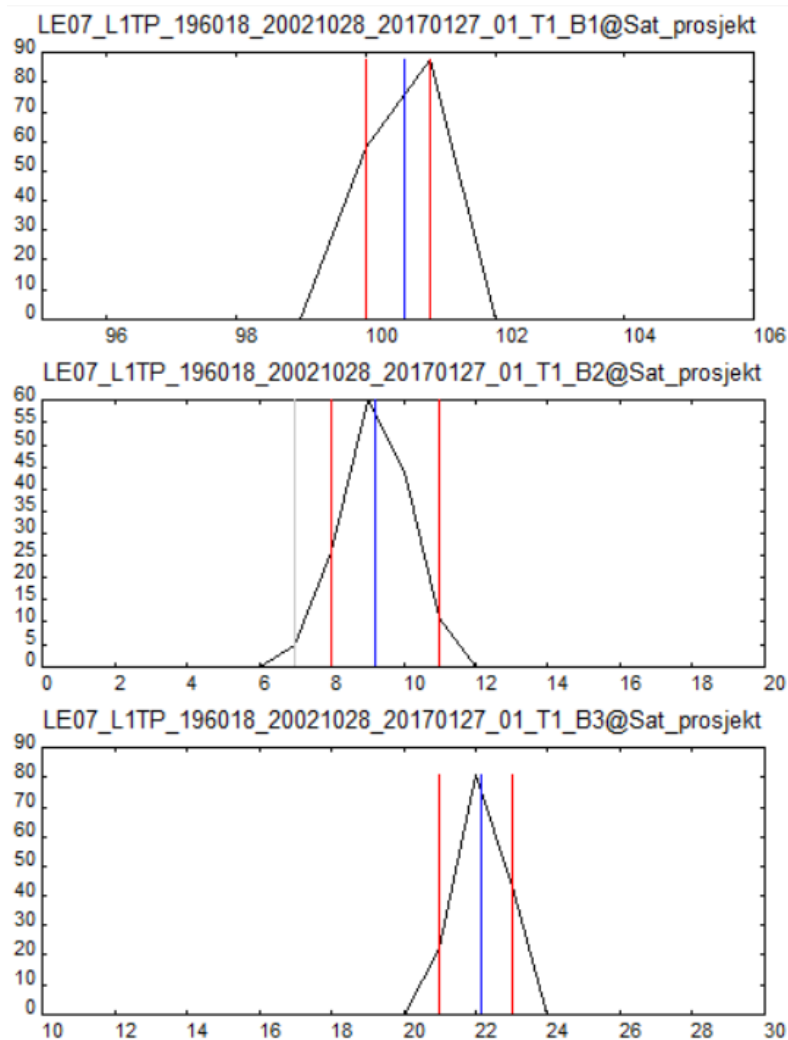


Figur 20 Området som skal definere klassen



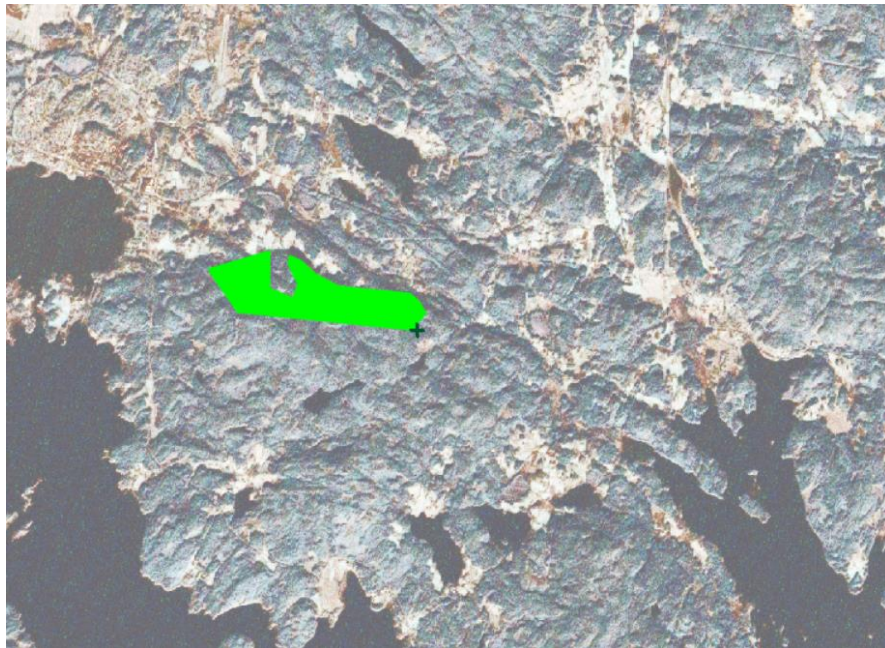
Figur 21 Programmet markerer områdene som faller innenfor klassen

Vi kan se at denne fungerte forholdsvis dårlig. Vi tror det er fordi vi ikke fikk til å fjerne atmosfæriske forstyrrelser tidligere. Det fører til at vi har mye grønt og rødt i vann-områdene våres, som vi kan se på histogrammene i Figur 22 nedenfor. I tillegg burde vi hatt mer blått, eller mørkere blått. Fra histogrammet kan vi se at fra vårt avmerkede område er det rundt 100 blått, hvor 255 er maks verdi. I tillegg ser vi at det er en del rødt og grønt som burde vært omtrent 0. Dette ville vært bedre om bildet vårt var mer filtrert.

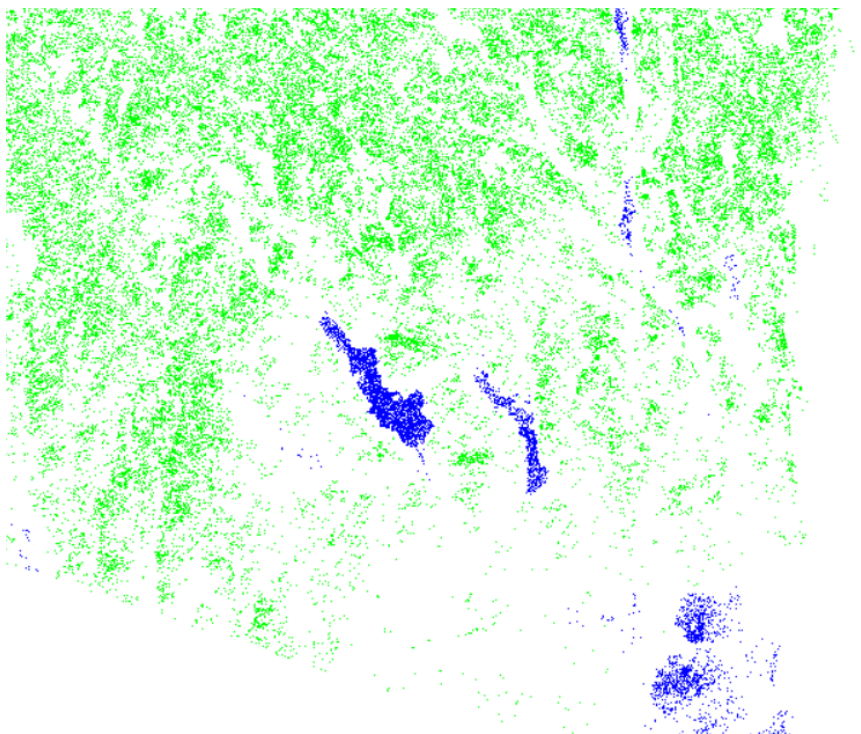


Figur 22 Histogram fra vannområdet vi valgte over. Fra øverst: Blått, grønt, rødt.

Neste steg er å definere skog-klassen. Vi velger ut et område og lar GIS fylle ut resten av bildet som vist under i Figur 23 og Figur 24.



Figur 23 Utvalgt område for skog



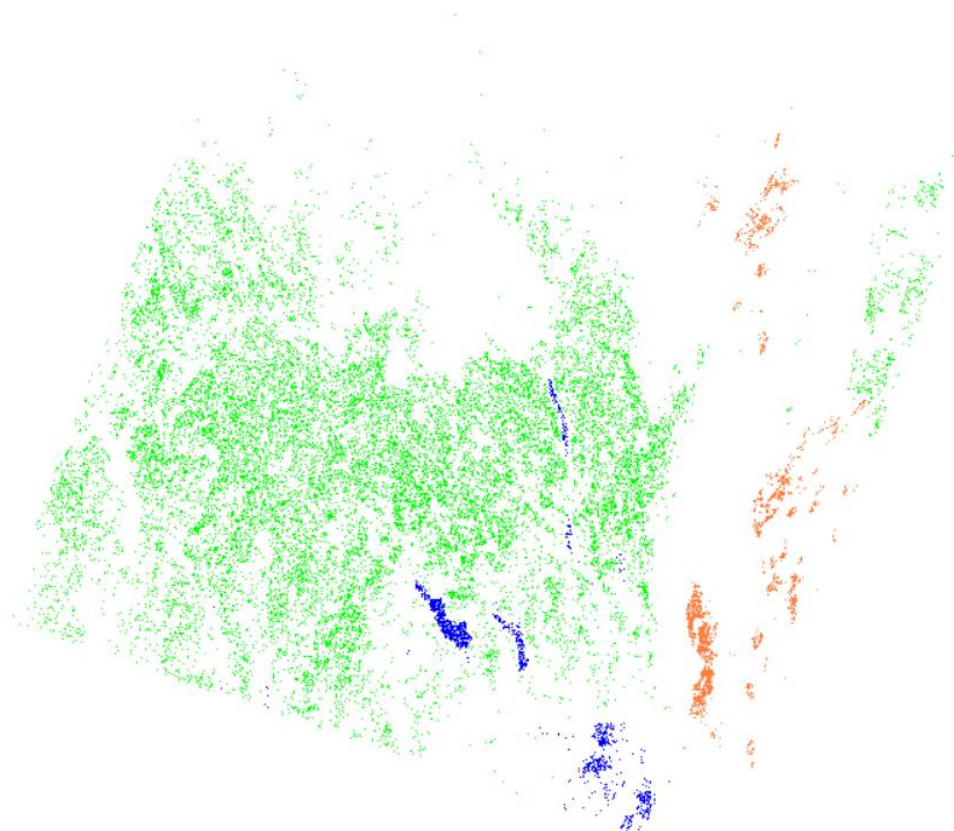
Figur 24 GIS markerer på bildet området som faller innenfor klassen

Dette fungerte litt bedre. Kunne fortsatt vært bedre dersom bildet var klarere.

Definerer til slutt klassen for skyer, og gir fargen til området oransj, for å skille seg ut fra bakgrunn og GIS markerer tilsvarende områder i bildet som vist under i Figur 25 og Figur 26.

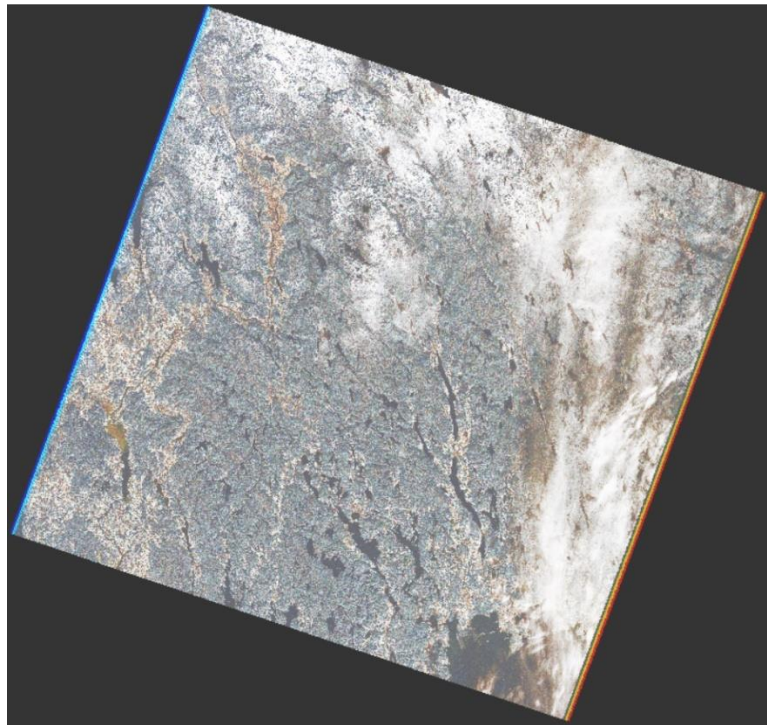


Figur 25 Utvalgt område for skyer

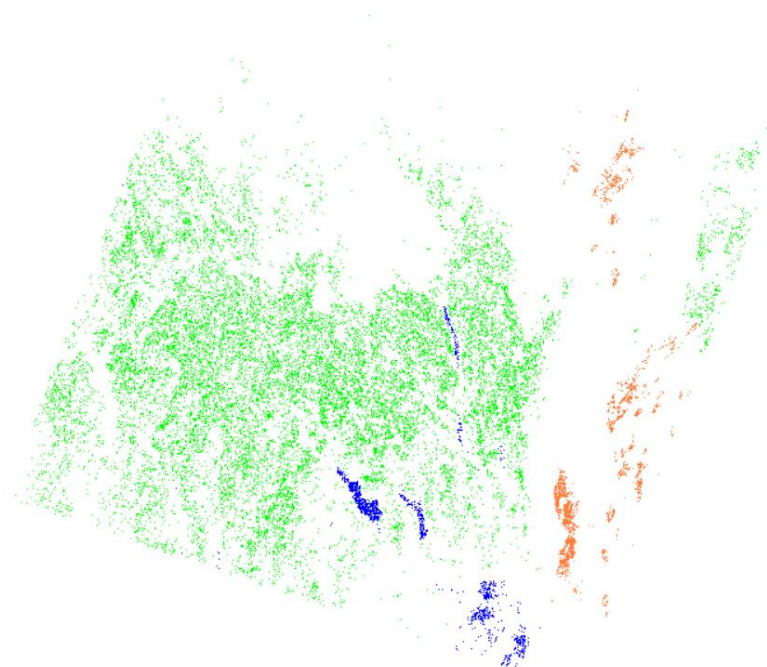


Figur 26 GIS markerer områdene som faller innenfor klassen for oss

Dette fungerte litt, men kunne vært bedre. Vi sammenligner hele pan-sharpened bildet vårt med det supervised klassifiserte bildet vårt i Figur 27.



Figur 27 Pan-sharpened bilde



Figur 28 Supervised klassifisert bilde.

Vi ser at klassifiseringen har fungert en del. Det ville nok fungert bedre dersom vi hadde fjernet atmosfæriske effekter. I tillegg ville det nok fungert bedre dersom vi hadde definert klassene grundigere på flere måter.

Dersom man lager mer avanserte klasser kan man lage klasser til elver, togbaner, boligstrøk osv. Vi brukte kun bandene 1-3 (og det pankromatiske bandet), men vi kunne brukt andre band i tillegg, som for eksempel band 4 som kan være bra for å definere jordbruk for eksempel.

6 METODE

6.1 TEORETISK DEL

Dette prosjektet gjennomfører vi utelukkende ved litteratursøk. Et litteratursøk vil gi oss tilstrekkelig innsikt til å løse oppgaven og det er en utmerket metode for samarbeid mellom nettstudenter. Materialet vi har basert prosjektet på er i hovedsak hentet fra de respektive romfartsorganisasjonene, samt underorganisasjoner av disse. Disse kildene anser vi som svært pålitelige.

Det finnes mye informasjon om de valgte satellittene, ofte med små variasjoner som gjerne følger med forskjellige utgivelsesår.

6.2 PRAKTISK DEL

Vi har utført den praktiske delen av denne oppgaven i programmet GIS med den kunnskapen vi har tilegnet oss i løpet av faget.

7 BEARBEIDING

Vi har studert to forskjellige jordobservasjonssatellitter i dette prosjektet, og vi har også jobbet med data fra en jordobservasjonssatellitt og utført mye av det vi har lært i løpet av faget.

Vi har lært mye om to forskjellige observasjonsmetoder, multispektral og SAR. Selve observasjonsmetodene er relativt ulike men bruken av de er ganske lik. Alt fra utforming til oppskytning er faktisk veldig likt med unntak av nyttelasten.

For å finne ut hvordan en satellitt fungerer må man gjennomgå mye dokumentasjon fra både før byggingen av satellitten er påbegynt og etter at satellitten er skutt opp i bane. Vi har sett at det alltid gjøres tilpasninger i utviklingsprosessen og at det noen ganger kan være store forskjeller på den kravspesifikasjonen og det endelige produktet. I de fleste tilfeller er dette et resultat av en tilpasning etter en uforutsett utfordring, men i noen tilfeller kan det også være et resultat av at ny teknologi er tilgjengelig og pålitelig nok til at man kan gjøre en oppgradering med utelukkende positive følger. Å oppgradere minnet til Sentinel-2 til NAND-flash er et eksempel på dette.

I begge satellittstudiene har vi funnet en stor vilje til å opprettholde kontinuerlig og bakoverkompatibel overvåking på så mange måter og områder som mulig. Vi ser at de store romfartsorganisasjonene er opptatte av at dekningsgraden aldri skal bli dårligere enn den allerede er. Dette gjelder også en del kommersielle aktører som har hatt operative satellittnettverk som for eksempel SPOT-programmet gående i flere år. Dette kommersielle tilbudet peker på et marked for jordobservasjonstjenester.

Selv om det er et marked for dette er de store organisasjonene, som gjerne finansieres offentlig, opptatte av at data de samler inn skal være tilgjengelig for allmennheten.

Vi ser selv etter arbeidet vårt med multispektrale bilder at det er store muligheter for å dra nytte av data som samles inn. Det lille forsøket vi har gjort med de synlige spektralbåndene for å hente ut skog, vann, og skyer på et bilde viser at med flere typer observasjonsdata tilgjengelig vil man ved sammenligning og klassifisering kunne hente ut mye nyttig data.

Akkurat det siste poenget ville vært klarere for oss hvis vi ikke hadde fått problemer med radiometrisk korreksjon i oppgave 3 på den praktiske delen.

Dersom vi skulle gjort noe annerledes ville vi selv valgt å kun bruke tid på observasjonsmetodene, ikke hele satellittene, og vi ville tildelt den praktiske oppgaven mer av den totale tiden.

8 KONKLUSJON

I dette prosjektet har vi fått et innblikk i hvordan jordobservasjon gjøres i praksis. Vi har også studert to av de metodene som brukes til å observere jorda fra verdensrommet.

Vi vil konkludere med at det lille innblikket vi har fått gjør det helt klart at jordobservasjon er et bredt fagfelt, og at det er et marked, både kommersielt og humanitært, for den informasjonen som samles inn. Vi ser helt klart at det forsøket vi gjorde på å klassifisere land, sjø, og skyer kan utvides enormt og man kan få ut utrolig mye informasjon av denne dataen som er fritt tilgjengelig.

Romfartsorganisasjonene er opptatt av at informasjonen skal være kontinuerlig og tilgjengelig så dette gjelder både sanntidsinformasjon og historisk data.

9 REFERANSER

Blau, P. (2019). *Sentinel-2*. Hentet fra Spaceflight101:

<http://spaceflight101.com/copernicus/sentinel-2/>

Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). Introduction to remote sensing. I J. B. Campbell, & R. H. Wynne, *Introduction to remote sensing*.

Center for International Earth Science Information Network. (u.d.). *Synthetic Aperture Radar Sensors*. Hentet fra CIESIN Thematic Guides: <http://ciesin.columbia.edu/TG/RS/sarsens.html>

eoPortal. (2019, November 10). *Copernicus: Sentinel-2*. Hentet fra eoPortal Directory: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2>

eoPortal. (2019). *RADARSAT-2*. Hentet fra eoPortal Directory: <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/r/radarsat-2>

ESA. (2007). *Sentinel-2 Mission Requirements Document*.

ESA. (2012). *Sentinel-2*.

ESA. (2019). *Sentinel-2*. Hentet fra ESA Earth Observation Missions: <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/sentinel-2>

MDA. (2018). *RADARSAT-2 PRODUCT DESCRIPTION*. Hentet fra MDA Corporation: https://mdacorporation.com/docs/default-source/technical-documents/geospatial-services/52-1238_rs2_product_description.pdf?sfvrsn=8

Moreira, A., Prats-Iraola, P., Younis, M., Krieger, G., Hajnsek, I., & Papathanassiou, K. P. (2013, Mars). A Tutorial on. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*.