



Bachelorgradsoppgave

Isen som ble borte

The ice that disappeared

Kartlegging av endret isbre-areal ved bruk av historiske kart.
Mapping of glacier extent change using historical maps.

Elizabeth Peckel Dahle

GEO375

Bachelorgradsoppgave i Geografi

Avdeling for næring, samfunn og natur
Høgskolen i Nord-Trøndelag - 2015



HINT

SAMTYKKE TIL HØGSKOLENS BRUK AV KANDIDAT-, BACHELOR- OG MASTEROPPGAVER

Forfatter(e): Elizabeth Peckel Dahle

Norsk tittel: Isen som ble borte

Engelsk tittel: The ice that disappeared

Studieprogram: Geografi

Emnekode og navn: GEO375 Bachelor i Geografi

Vi/jeg samtykker i at oppgaven kan publiseres på internett i fulltekst i Brage, HiNTs åpne arkiv

Vår/min oppgave inneholder taushetsbelagte opplysninger og må derfor ikke gjøres tilgjengelig for andre

Kan frigis fra: _____

Dato:

Elizabeth Peckel Dahle

Underskrift

Underskrift



Isen som forsvant

Kartlegging av endret isbreareal ved bruk av historiske kart

The ice that disappeared

Mapping of glacier extent change using historical maps



Skrevet av:

Elizabeth Peckel Dahle

Forord

En bacheloroppgave er avsluttende oppgave som markerer den siste tiden på et bachelorstudie, der mange benytter muligheten til å skrive om det de synes er interessant og vil studere videre eller jobbe med. Jeg har benyttet denne oppgaven til å fokusere på isbreendringer, noe som jeg alltid har lyst til å jobbe med for senere å bli utdannet glasiolog for å studere breer og iskappene på Antarktis og Grønland. Jeg har vært så heldig å få innblikk i hvordan de store forskningsinstituttene jobber med å kartlegge isbreer både nasjonalt og globalt.

Jeg vil rette en stor takk til min lærer og veileder Ivar Svare Holand for å lede meg på rett vei, gi gode råd, privatundervisning i QGIS og støtte til denne oppgaven. Denne oppgaven ville vært umulig å gjennomføre uten din hjelp.

Jeg vil også gi en takk til Kartverket, som har skannet alle historiske kart slik at hver og en kan studere de. Uten disse kartene har denne oppgaven vært umulig.

Jeg vil også rette en stor takk til mine medstudenter for vennskap for livet, samt mine lærere på HiNT som har gitt meg muligheten til å studere geografi og at jeg kan følge min drøm.

En siste takk går til min familie for at dere har holdt ut med meg og støttet meg med de valgene jeg har tatt.

God lesing!

Elizabeth Peckel Dahle
Steinkjer, mai 2015

Sammendrag:

Denne oppgaven tar for seg områdene der fylkene Sør-Trøndelag, Møre og Romsdal og Oppland møtes for å studere endringer i isbrearene ved å sammenligne kartdata fra 1880 og kartdata fra i dag.

Isbrearealet har minsket betraktelig på 135 år, der 142 isbreer har mistet areal eller smeltet helt. På de fire historiske kartene viste det seg å være 150 isbreer, mens kartdata fra i dag har kun 59 isbreer. Det vil si at 91 isbreer har blitt borte. Det totale isbrearealet mellom 1879-88 var på 48,27 km², der de 20 største isbreene utgjorde 28,14 km². I dag består det totale brearealet av 11,11 km² (75,9 % minskning) og de 20 største har et resterende totalareal på 7,30 km² (74,1 % minskning). Hvis man eliminerer isbreene som er borte i dag, og tar kun med isbreer som vises i dag og deres areal i 1879-88, har 34 % smeltet. Det er ikke alle isbreene som har hatt en minskning i arealet. 8 breer har hatt en liten økning, hvor disse utgjorde til sammen 0,97 km², mens de i dag utgjør 1,65 km². Altså en økning på 70 % til sammen.

Metoden ved å sammenligne historiske kartdata med dagens kartdata vil ikke være pålitelig før andre benytter seg av denne metoden og sammenligner sine funn med mine resultat. Hvis jeg sammenligner mine resultat med andre forskningsartikler kommer jeg frem til det samme; isbreene smelter, også på et globalt perspektiv, selv om det finnes unntak der noen isbreer vokser eller forblir stabil. Hovedgrunnen til smeltingen de siste 50 årene er på grunn av menneskelig aktivitet.

Summary

This thesis examines the areas where the counties Sør-Trøndelag, Møre og Romsdal and Oppland meet, to study changes in glacier-area by comparing map data from 1880 and map data from today.

The change in glacier-area has significantly decreased in 135 years, where 142 glaciers have lost areas or melted completely. On the four historical maps, it was 150 glaciers, while the map data from today show only 59 glaciers. This means that 91 glaciers are now gone. The total glacier-area from 1879-1888 was 48.27 km², where the 20 largest glaciers totaled 28.14 km². Today the total glacial-area is 11.11 km² (75.9 % decrease) and the 20 largest have a remaining total area of 7.30 km² (74.1 % decrease). If you eliminate the glaciers that are gone today, and lists only the glaciers that appear today and their acreage in 1879-88, it shows that 34 % has melted. Not all glaciers have had a decrease in acreage. 8 glaciers has had a slight increase, where the total area was 0.97 km², while today they constitute 1.65 km², which means they have grown 70 % in total.

The method by comparing historical data with current map data will not be reliable before other use this method and compares its findings with my result, but if I compare my results with other research articles it shows the same; glaciers are melting, also on a global perspective, although there are exceptions where some glaciers grow or remain stable. The main reason that the glaciers are melting the last 50 years is because of human activity.

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag:.....	4
Summary	5
Figuroversikt	7
Tabelloversikt.....	8
Innledning.....	9
Bakgrunn	9
Tema for oppgaven.....	9
Problemstilling:	10
Disposisjon	11
Del 1	12
Teoretisk bakgrunn.....	12
Isbre og glasiologi	12
Massebalanse og likevektslinje	14
Brehydrologi.....	14
Skille mellom fonn og bre	15
Breene smelter	16
Norske breer kartlagt	18
NVE – kartlegging av Storbreen 1963 - 2010.....	19
GLIMS-prosjektet	22
Klimaforandringer	25
Tregrensen og klimaendringer.....	29
Kart og historiske kart	31
Kartetikk.....	32
Sammendrag.....	33
Metode.....	34
Forskningsdesign.....	34
Om metode	35
1. Valg av studieområde:.....	36
2. GEO-referering av de historiske kartene:.....	37
3. Innhenting av data fra i dag til å sammenligne med	37
4. Digitalisering av breer:.....	37
5. Beregning av brearealene:	38
6. Sammenligning visuelt ved bruk av kart:.....	39

7. Kvantitativ sammenligning av breareal:	39
Del 3	40
Resultat.....	40
Breer som kun inngår i kartdata fra i dag.....	48
Noen isbreer har økt i areal:	49
Hvilke årsaker er det som gjør at breene smelter?	50
Er mine resultater pålitelige?.....	51
Avslutning/konklusjon	53
Referanser.....	55
Vedlegg	57

Figuroversikt

Figur 1: Studieområdet for sammenligningen av kartdata.	11
Figur 2: Her ser vi brefronten til Engabreen, Svartisen i Nordland. Bildet viser den plastiske egenskaper der isen flyter som en sakteflytende væske ned dalen. Foto: Wikipedia.no (2014)	13
Figur 3: Briksdalsbreen, som er en del av Jostedalsbreen. Fotoet viser trenden til at breen smelter (Foto: Atle Nesje, gjengitt i Rønning, 2011).....	16
Figur 4: Estimert havnivåstigning i cm i et 100-års perspektiv. Norge kan få en havstand som er mellom 70-80 cm høyere enn i dag (Nilsen, 2012).....	17
Figur 5: Kartet viser de største breene i Norge (Andreassen, 2012).	18
Figur 6: Storbreen i Jotunheimen 1955 og 2010. Vi ser at breen har minsket noe når vi sammenligner den bare flekken i midten av breen. Foto: NVE	22
Figur 7: RGB (Red, Blue, Green) kompositt fra en Landsat ETM+ av Jostedalsbreen (Foto: Kargel, et. al. 2014).....	24
Figur 8: NAO-indikator mellom 1840 - 2008. Beskriver trykkforskjellen mellom lavtrykket ved Island og høytrykket ved Azorene. Når begge trykksystemene er sterke (høyere enn normalt) er NAO-indeksen høy, som betyr at vestavindsfeltet er sterkere enn normalt (Figur: Hanssen-Bauer, et. al. 2009).	25
Figur 9: Global temperaturendring fra 1880 til 2008 viser temperaturavvik fra gjennomsnittstemperaturen. De blå kurvene viser analyser av temperatur over land og for havoverflaten, mens den røde kurven angir analyser av lufttemperaturen for de nederste 3-5 km av atmosfæren (Figur: Hassen-Bauer, et. al, 2009).....	27
Figur 10: Temperaturavvik fra normalen for Norge 1900-2008 (Figur: Hanssen-Bauer, et. al. 2009).....	27
Figur 11: Disse figurene viser vekstsesongen i Oslo og Bergen mellom 1870 og 2008. Antall dager per år med døgnmiddeltemperatur over 5°C (Figur: Hanssen-Bauer, et. al. 2009)	28
Figur 12: Nylig utvasket bjørk fra Kåppasbreen. Foto: Øberg & Kullmann, 2011	29
Figur 13: Historisk kart fra 1880 og dagens kart over Snøhetta i Dovre kommune (Foto: Kartverket.no og norgeskart.no).....	31
Figur 14: Figuren viser de fire kartbladene fra 1879 til 1888 drapert over et topografisk kartgrunnlag. Rødt felt er dagens breer og blått felt er isbreer fra 1879-88. Se tabell 2 for	

opplysninger om hvert kartblad markert med bokstavene A til D. De svarte merkene rundt hvert kartblad er et resultat av den dreiningen av hvert kartblad som skjer når de gjennom GEO-refereringen tilpasses kartgrunnlaget av i dag.	36
Figur 15: Kartbildet, fra Vinnufjellet, viser historisk kartblad. Her ser vi noen av utfordringene med å digitalisere breer fra de gamle kartene. I de gamle kartene var breer markert med prikkete høydekurver og en lys farge. Mange steder er ikke breene markert lyst, men også de omkringliggende arealene og da kan det være vanskelig å avgjøre skillet mellom isbre og fjell.....	38
Figur 16: Bretunga til Vinnufonna om sommeren (Foto: Frode Nerland, 16.08.2009).....	40
Figur 17: Isbreer slik de ble kartlagt i perioden 1879 – 1888. Det er de blå feltene som representerer isbreene.....	41
Figur 18: Isbreer slik de fremstår i kartdata for målestokk 1:50 000 i dag. De røde feltene representerer dagens isbreer slik de er kartlagt i N50 kartdata.	42
Figur 19: Eggebreen og omkringliggende breer slik de ble kartlagt i 1879 (36D 12; 37C 9; 41B 4;42A 1) og breene slik de fremstår i kartdata laget for målestokk 1:50 000 i dag.	44
Figur 20: Kartet viser isbreene over Snøhetta i Dovre kommune slik de ble kartlagt i 1880 (37C 10; 37C 11; 42A 2; 42A 3) og breene slik de fremstår i kartdata laget for målestokk 1:50 000 i dag.	45
Figur 21: Kartet viser isbreene på Vinnufjellet og omkringliggende breer slik de ble kartlagt i 1879 (41B 8; 41B 11; 41B 12) og breer slik de fremstår i kartdata laget for målestokk 1:50 000 i dag.	46
Figur 22: Kart over isbreene på Storhornet slik de ble kartlagt i 1888 (Rektangel100_42a_1888), og breene slik de fremstår i kartdata laget for målestokk 1:50 000 i dag.	47
Figur 23: Kartet viser breer fra 1879-88 og dagens breer i området rundt Storskrynten, vi ser også Eggebreen helt til venstre i kartet. Vi ser på kartet at to av breene som ikke finnes lenger i dag er så store at det er lite sannsynlig at disse er sen snøsmelting.	49

Tabelloversikt

Tabell 1: Tabellen viser hvor mye havnivået vil stige hvis ismasser smelter	17
Tabell 2: <i>Opplysninger om de fire kartbladene fra 1879 til 1888</i>	35
Tabell 3: <i>Oversikt over de 20 største breene fra 1880 og samme breer i dag. Tabellen viser tallene i kvadratmeter.</i>	43
Tabell 4: Oversikt over arealet og endringer i arealet for de fire isbreene.....	48
Tabell 5: Breer som har økt i størrelse	49

Innledning

Isbreer har alltid vært en del av menneskers historie, de har alltid vært et stort og mektig teppe som ligger over landskapet. Breer er en sensitiv indikasjon på klimaendringer. I Norge brukes breene som energi og er en viktig ressurs for vannkraftverkene fordi de utnytter avrenning fra breer. Isbreer er også et fascinerende element i det norske naturmiljøet (NVE, 2014).

Bakgrunn

Geografi er et tverrfaglig fag og dreier seg om verdensbildet med mangfold, variasjon og samspill, om natur og mennesker, lokale og globale ressurser, der studiet lærer oss sammenhengen mellom disse faktorene (HiNT, udatert). Her kan man lære seg å studere kart, studere berggrunnen, hvorfor landskapet ser slik ut, og lære seg å forstå og bli kjent med verden og sammenhenger i naturen. Interessen for isbreer har alltid vært stor, derfor er denne bacheloren lagt mot naturgeografi, kartlære og glasiologi. Naturgeografi tilbyr blant annet en reise i jordas indre og ytre, forklarer hvilke krefter jorda har og hvordan landskapet har formet seg over tid.

Gjennom faget kartlære har vi lært å lage kart gjennom kartprogrammet QGIS (Quantum Geographical Information System) for forstå kart og lære å lese forskjellige kart. Kartlære og naturgeografi overlapper mye. Et kart viser mer enn oversikt over land og steder, men også ulike kart over berggrunn på et område, hvordan landskapet var for 10 000 år siden eller hvordan havnivået var etter siste istid. Det å kunne lage og lese et kart på en profesjonell måte er en egenskap man kan være stolt av.

Tema for oppgaven

Tema for oppgaven er endring i isbrearealer. Dette er spesielt interessant i dag fordi isbreene fungerer som indikator på klimaendringer. Ideen bak oppgaven er å sammenligne kart fra rundt 1880 med nye kart over de samme områdene, og på den måten si noe om endringer i isbrearealet over et lengre tidsrom.

Hvis en følger isbreenes sykluser og endringer over tid ser en at de beveger seg, øker i størrelse i noen perioder og minker i areal og volum i andre perioder. Hvis en kartlegger de endringene som skjer over lang tid kan man få en indikasjon på klimaendringer. I tillegg kan en følge hvordan en isbre påvirker et områdes landskap, deretter jord, jordsmonn og økosystemene, og til sist mennesker og samfunn. I dette arbeidet konsentrerer jeg meg om selve endringene i breareal.

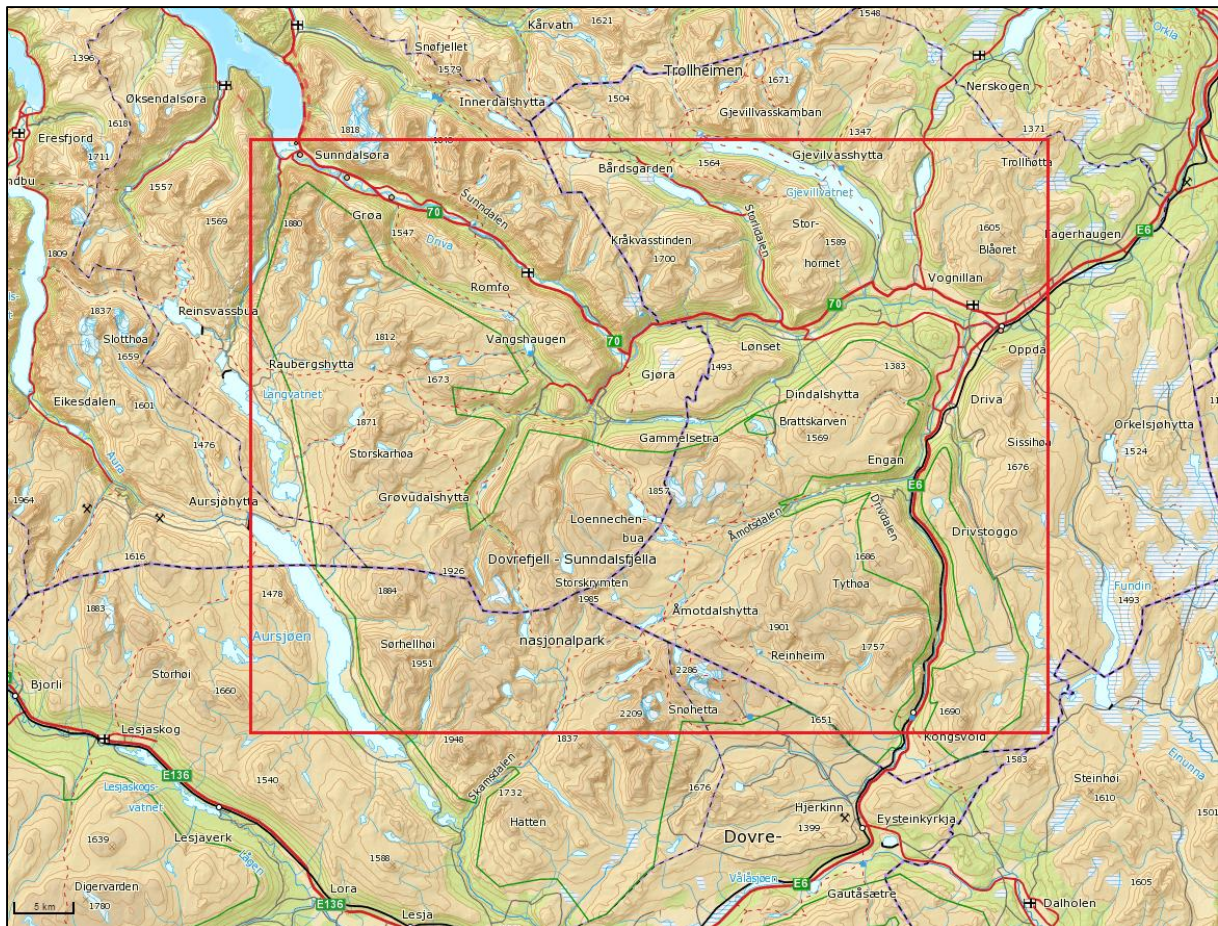
Problemstilling:

Hvilke endringer i isbrearealet finner vi når vi sammenligner kartdata fra 1880 med kartdata fra i dag?

Kjernen i denne oppgaven er å sammenligne skannede kart fra perioden 1879-1888 med dagens kartdata. Dette er for å se hvordan utviklingen til isbreer har vært over en periode på omtrent 130 år. Kartene fra 1880-tallet er rektangelmålinger som var grunnlaget for rektangelkartene og er den første systematiske topografiske kartleggingen i stor målestokk for Norge. Disse kartene ble håndtegnet av norske offiserer, både for militære og sivile formål, for å gi en oversikt landets grenser og hvordan landskapet til Norge så ut. Kartleggingen av Norge siden 1773 er det Kartverket som har ansvaret for (*Kartverket, 2014*).

Det er gjennomført en god del detaljstudier av isbreers fremgang og tilbakegang (NVE, GLIMS-prosjektet, Norsk Polarinstitut, CICERO), men en analyse der man sammenligner gamle og nye kart i store området har ikke blitt gjennomført i Norge før. Som jeg kan se, er det ingen artikler eller forskning om akkurat dette. Det kan både være positivt og negativt, særlig med tanke på utførelse av oppgaven. Dette er en metode for kartlegging som muligens ikke har blitt brukt før, og det finnes ingen forskningsartikler å vise til for hvordan man gjør en slik kartlegging. Ettersom dette metodisk delvis er upløyd mark vier jeg noe plass til diskusjon om resultatets reliabilitet og isbreenes validitet som klimaindikator.

Studieområdet omfatter fjellområdene i fylkene Møre og Romsdal, Oppland og Sør-Trøndelag. Dovrefjell-Sunndalsfjella nasjonalpark utgjør en stor del av området:



Figur 1: Studieområdet for sammenligningen av kartdata.

Disposisjon

Dette er en tredelt oppgave. I første del presenteres teoretisk bakgrunn fra forskning som har kartlagt isbreer og presentering av isbre, kart og klima.

Del to er en gjennomgang av metoden og valg av metode for oppgaven, for å skape reliabilitet til arbeidet. Her vil jeg beskrive mine valg og hvordan jeg gikk frem for å innhente data til oppgaven.

Del tre er sammenligning av data og drøftinger om isbreens utvikling. Her vil jeg presentere mine resultater fra å sammenligne breareal inntegnet i historiske kart med kartdata fra i dag.

Del 1

Teoretisk bakgrunn

Isbre og glasiologi

I dag er det omtrent 9 % (15 millioner km²) av landjorda som er dekket av breer. Under de store istidene i kvartær var det 33 %. Kvartær er tidsperioden vi er inne i nå og kjennetegnes blant annet ved store sykliske variasjoner i klimaet. I dette tidsrommet har jorda hatt 30-40 kalde faser, hvor hver kalde fase hadde en varighet mellom 9000 – 120 000 år. De lengste fasene er kjent som istider, mens de kortere fasene er kjent som mellomistider (*Sulebak, 2007*).

For at en bre skal dannes, må det være større tilførsel av snø enn avsmelting på sommeren over en periode på flere år. Det vil si at en isbre dannes der sommertemperaturen ikke klarer å smelte snøen fra vinteren. Snøfnugg er ganske lett med 0,1 – 0,3 gram i egenvekt. Utover vinteren og sommeren øker snøens egenvekt til ca. 0,6 gram. Snø som ikke har smeltet i løpet av sommeren kalles firn, og snøen må gjennom dette stadiet, før den blir til is. Metamorfofen fra snø til is starter med en gang snøen har lagt seg til ro på bakken, men skjer gradvis og tar lang tid. For at en bre skal dannes av snø må temperatur, vanntilførsel og trykk være riktig. Når det gjelder trykk, så er det hvor mye snø som ligger over. Når firnen har nådd en egenvekt på 0,9 gram kan det kalles for is, og iskrystallene vil vokse videre med stadig omkrystallisering. De aller største iskrystallene finner vi ved brefronten og under breen, noen kan til og med blir så store som fotballer. Dette er fordi omkrystalliseringen har tatt lang tid. Tiden det tar fra snø faller til den har blitt omvandlet til is varierer i tid, avhengig av hvor breen dannes. I tempererte strøk kan det ta mellom 3 til 50 år, mens på kaldere plasser som Antarktis kan dette ta fra 90 til 900 år (*Benn & Evans, 2012; Sulebak, 2007; Myrvold, 2012*).



Figur 2: Her ser vi brefronten til Engabreen, Svartisen i Nordland. Bildet viser den plastiske egenskaper der isen flyter som en sakteflytende væske ned dalen. Foto: Wikipedia.no (2014)

Etter hvert som trykket øker på grunn av større tilførsel enn avsmelting øker trykket og isen presses langsomt nedover fjellsiden. Med et stadig økende trykk, oppfører isen seg som en slags plastisk masse som siger nedover fjellsiden. Hvor fort isen siger nedover avhenger av mengden is og hellingen på terrenget. Isen beveger seg raskere ved større mengde is og brattere terreng. Isen til en bre varierer i hastighet. På toppen og i midten av en bre vil breen normalt gå 3-5 ganger fortere enn den gjør ved bunnen. Hvis ismassen er tykkere over en strekning og har større terrenghelling vil toppen av isen gå fortere i forhold til bunnen (Myrvold, 2012).

Ettersom breer ekspanderer fram og trekker seg tilbake i takt med klimavariasjoner er isbreer svært aktuelle som klimaindikatorer, klimaarkiver eller klimaprodusenter. Når en isbre er en klimaindikator betyr det at breer styres av klimaet, og de har ulike reaksjoner på ulike plasser. En indikator er definert som: *et observert fenomen som viser tilstanden vedrørende et annet, ikke direkte observerbart, fenomen* (helsebibloteket.no, 2009) De er svært sensitive til klimaendringer, hvor man kan se gjennom en isbre at klimaet endrer seg. Isbre som klimaarkiv bruker man breen for å se tilbake på fortiden. Under dannelsen av isbreene dannes det små porer med innestengt luft. Disse små porene inneholder drivhusgasser, og ved å ta prøver av isen ser man fort hvilken konsentrasjon av drivhusgasser som var for 100 000 år siden eller lenger tilbake. En isbre er også klimaprodusenter. Isbreer er store hvite områder, og disse områdene omdanner mindre varme, og kjøler ned lufta over breen. De kan også påvirke havstrømmer og luftstrømmer ved at de kjøler disse ned (Benn & Evans, 2010).

Når en bre legger seg over et område fryser den ned alt i sin vei, men når den smelter vil det frigjøres næringsstoffer som har ligget fryst over lengre tid. Her vil planteliv og dyreliv blomstre igjen (*Benn & Evans, 2010*).

Massebalanse og likevektslinje

Massebalansen i en isbre utgjør tilførsel av snø og is på den ene siden og smelting på den andre siden. Tilførsel av snø og is til en isbre er akkumulasjon, som gjør at breen vokser. Denne snøen og isen blir transportert nedover av isbreens bevegelse til steder og punkter der den smelter, evaporerer eller brekker av som isfjell (kalving). Dette kalles ablasjon. De fleste isbreer kan deles inn i to soner; øvre og nedre sone. Den øvre sonen hvor akkumulasjonen er større enn ablasjonen, og nedre sonen der ablasjonen er større enn akkumulasjonen. Midt mellom disse to sonene ligger likevektslinja. Likevektslinja er punktet hvor akkumulasjonssonen og ablasjonssonen balanserer med hverandre med like mye tilførsel av snø som smelting. Det er når likevektslinja beveger seg oppover isbreen at den smelter, og motsatt når den vokser. Posisjonen til likevektslinja avhenger av lokalt og regionalt klima og topografi. (*Benn & Evans, 2010*)

Brehydrologi

Lagring og transport av vann er en god måte å se hvordan en isbre oppfører seg. Vann er én av hovedårsaken til erosjon og transport av materiale til en isbre. Smeltevann fra en isbre har både positive og negative effekter for omgivelsene ved å gi vann og næring til både mennesker og økosystem, men kan også gi store flomfarer hvis isbreen har mye oppsamlet vann som slippes samtidig. I Skandinavia og Europa brukes mye av smeltevannet fra isbreer i kraftproduksjon (*Benn & Douglas, 2010*).

Vann entrer isbreen på flere måter, det kan være snø og is som smelter på isbreen eller vannet kommer utenfra og renner gjennom breen. Inne i isbreen er det mange små sprekker som vannet renner igjennom helt til det når bunnen av breen hvor en større elv fører alt vannet ut. Det er ingen bestemt vei hvordan vannet renner igjennom isbreen. Det kan renne over breen (supraglasial), gjennom isen (englasial) og under isen (subglasial). Det vannet som renner igjennom eller under isbreen behøver heller ikke å komme ut. Inne i isbreer er det kaldt, ofte kaldere enn på overflaten, og på grunn av kulden vil vannet fryse til is før det rekker å renne ut. Dette gjør at isbreen kan vokse, og selv på en varm sommerdag kan en isbre legge på seg (*Benn & Douglas, 2010*).

Skille mellom fonn og bre

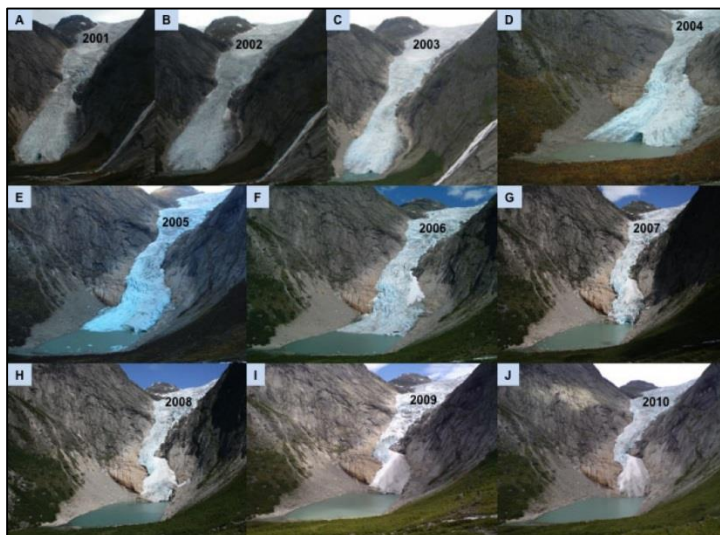
Snøfonner blir dannet ved at snø samler seg i forsenkninger i terrenget, og ofte i le for vinden. Hvert år blir den tykkere på grunn av at det kommer mer snø om vinteren enn sommeren klarer å smelte. De fleste slike snøfonner blir helt borte på varme somre. Noen snø- og isfonner ligger på steder der forholdet mellom vinternedbør og sommertemperaturen ikke skulle tilsi at de kan eksistere. Grunnen til at disse eksisterer er tilstrekkelig transport av tørr snø som kommer med vinden. Det er registrert fonner som ligger noen hundre meter under den regionale likevektslinjen for breer i området. (Nesje, 2012).

I Sør-Norge ligger snøfonnene i le for fremherskende vindretninger fra vest og sørvest. Selv om sommertemperaturen er varm nok til å smelte vekk all snøen har disse snøfonnene ligget i fjellet i flere tusen år. En av hovedforskjellene på fonn og bre er graden av bevegelse. En bre beveger seg fra høyereliggende området til lavere området gjennom tyngdekraften, iskrystallene eller glidning mot underlaget. Bresåler har nær null grader. Noen bresåler kan være fosset fast i fjellet, men det er fremdeles bevegelse i ismassene over bresålen. I motsetning til isbreer har isfonner ingen bevegelse, ofte grunnet permafrost. Det vil si at hele isfonna er fryst fast til underlaget. (Nesje, 2012).

Breene smelter

Siden 1850 har isbreene i Alpene blitt redusert med 50 %. I 2003 var det en svært varm sommer, dette gjorde at isbreene minket med 10 %. Innen 2050 kan breene i Alpene være redusert med 75 %. Utenfor polområdene er det Himalaya som har størst konsentrasjon av isbreer og er kalt «vanntårnet» fordi de fører vann ut i de 7 største elvene i Himalaya og forsyner millioner av mennesker med vann. 70 % av breene på Himalaya trekker seg tilbake, noe som kan gi store konsekvenser for vannføringen i elvene i den varme og tørre årstiden, og dermed også for vannforsyning til jordbruket. Når breene forsvinner vil det innføre store endringer for jordbruk, helse, sykdommer, plante- og dyreliv (Nesje, 2006).

Når isbreer trekker seg raskt tilbake kan det utløse flodbølger over landsbyer som ligger i nedslagsfeltet og fjellsider risikerer å rase ut. Til og med jordskjelv kan bli påvirket av at breene smelter med flere hyppigere skjelv. (Nesje, 2006).



Figur 3: Briksdalsbreen, som er en del av Jostedalbreen. Fotoet viser trenden til at breen smelter (Foto: Atle Nesje, gjengitt i Rønning, 2011)

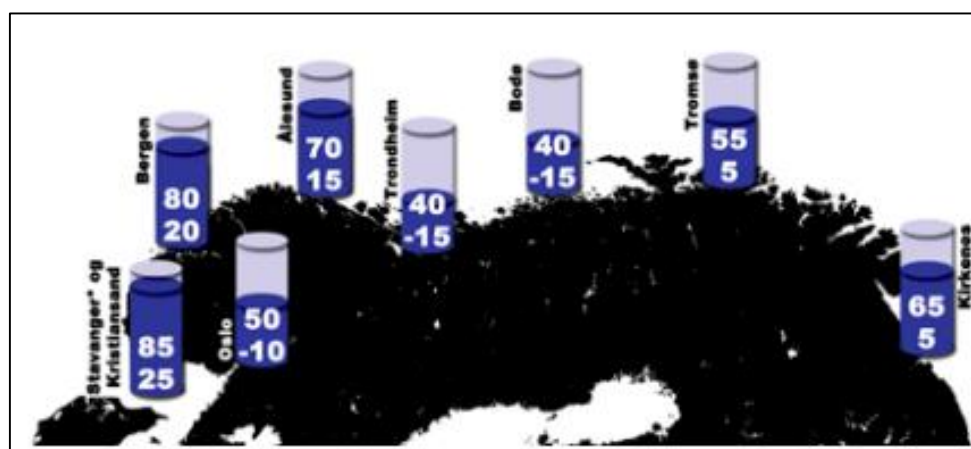
Når is som ligger på land smelter, stiger havnivået. Hvert år stiger det globale havnivået med 2 millimeter på grunn av at landbaserte breer smelter (Nesje, 2006). Grønland og Antarktis har 99 % av all is på kloden til sammen, hvor det er knyttet stor usikkerhet med hva som vil skje med den globale havnivåstigningen i fremtiden. Dette avhenger av temperaturøkningen og kan ta mange tusen år. Observasjoner gjort på Grønland viser at hastigheten til utløpsbreer fra innlandsisen har doblet seg og beveger seg nå 12 km i året. I tillegg har smeltingen på overflaten av isen økt. Disse to faktorene, bevegelse og smelting av innlandsisen, fører til at tidligere beregninger av global havnivåstigning om ca. 100 år på rundt 0,5 meter må revurderes (Nesje, 2006).

Tabell 1: Tabellen viser hvor mye havnivået vil stige hvis ismasser smelter

Område	Prosent av verdens isbreer	Heving av havnivået ved smelting
Landbaserte isbreer	1 %	12 cm
Svalbard		14 mm
Norge		0,34 mm
Grønland/Antarktis	99 %	64 meter

Selv om Skandinavia har mange isbreer vil de ikke utgjøre en stor havnivåstigning, men breene i Alaska, Canada og Antarktis (ikke selve iskappen) utgjør en stor andel av de 12 cm havnivået vil stige hvis de smelter (Rønning, via Radic, 2011).

I den siste mellomistid for ca. 120 000 år siden var det 1-2°C varmere enn det er i dag, hvor havnivået var 4-10 meter høyere på grunn av mindre landis. Forskere vil stadig kunne gi mer presise framskrivninger for global og lokal havnivåstigning, for eksempel gir de nye beregningene mellom 20-80 cm høyere havnivå i Bergen om 100 år. Globalt sett er det estimert en havnivåstigning mellom 50-110 cm (Nilsen, 2012). I de siste 20 årene frem til i dag har havnivået steget med 2-3 millimeter i året. Det er ikke mye, men det er dobbelt så mye som gjennomsnittet for forrige århundre. Selv om havet stiger, er det også områder hvor havflaten har sunket de siste tiårene, som for eksempel Norge, som fremdeles har landheving etter siste istid. Grunnen til at havnivået stiger er økt havtemperatur og smelting av is på land. Det er økt havtemperatur som gjør at havet utvider seg, mens økt saltholdighet har motsatt effekt (Nilsen, 2012).



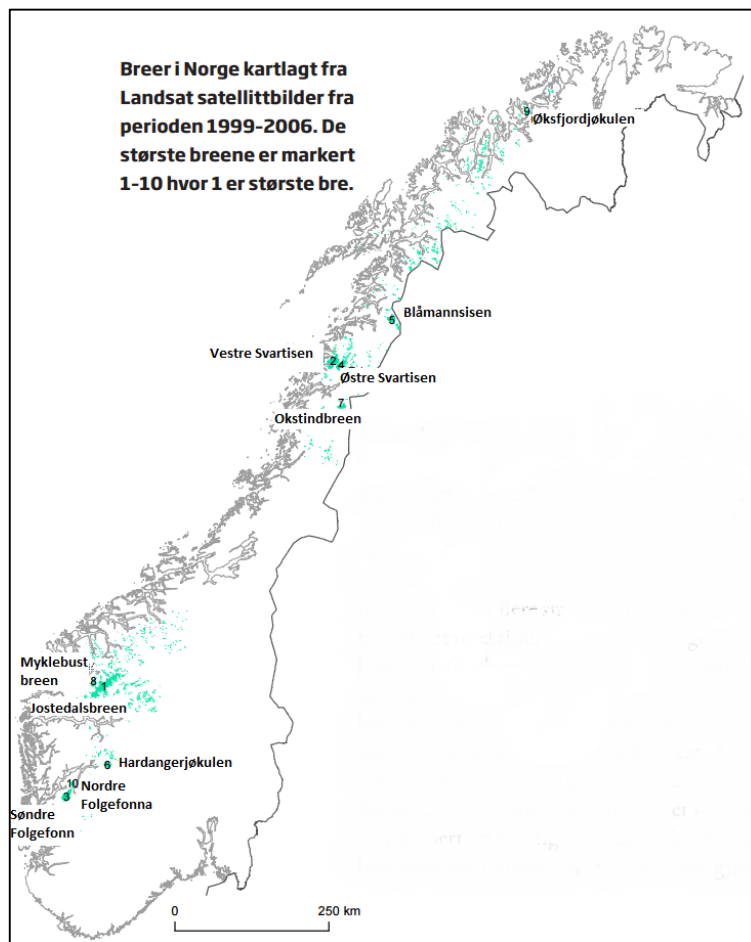
Figur 4: Estimert havnivåstigning i cm i et 100-års perspektiv. Norge kan få en havstand som er mellom 70-80 cm høyere enn i dag (Nilsen, 2012).

Norske breer kartlagt

CICERO har laget et breatlas for å kartlegge alle breer i Norge ved bruk av satellittbilder.

Norge er 385 186 km² (*wikipedia, 2015*), 2692 km² (0,7 % av landarealet) er dekket av bre og flerårig snø. CICERO har sammenlignet isbreene fra eldre topografiske kart og viser en stor variasjon i arealendring og at det norske brearealet er redusert med over 10 % siden 1960-tallet (*Andreassen, 2012*).

Kartleggingen viser at det totalt er 2534 breer i Norge, 1252 av disse ligger i Sør-Norge og 1568 ligger i Nord-Norge. Det var 400 polygoner som ikke ble med, men ble klassifisert som «mulige snøfelt». De ti største isbreene utgjør nesten 50 % av brearealet i Norge. I tidligere kartlegginger som CICERO har gjort var det ikke like mange breer. Det har ikke kommet flere breer, men økningen skyldes hovedsakelig at flere små enheter ble tatt med sammenlignet med andre kartlegginger. Dette er fordi det ble endret metode for kartlegging. Før ble alle breer manuelt inntegnet, men nå er nesten all snø og is automatisk kartlagt, med unntak av noen breer som lå i skygge eller var dekket av skyer som satellitten ikke fikk til å ta bilde av (*Andreassen, 2012*).



Figur 5: Kartet viser de største breene i Norge (*Andreassen, 2012*).

Ulempen med å bruke satellitt for å kartlegge isbreer er at det kan være vanskelig å skille mellom isbreer og snø, særlig i Nord-Norge. Noen av de minste enhetene som også er inkludert er flerårige ismasser. Det kan derfor være litt overdrivelse av utbredelsen (*Andreassen, 2012*).

Denne kartleggingen av Norges breer er blitt brukt til å bregne endringer i breutbredelse ved å sammenligne topografiske kart fra 60-tallet i enkelte områder. Resultatene viser stor variabilitet i endring i breareal. Der Svartisen ligger har brearealet blitt redusert med 1 % i perioden 1968-1999, mens fem platåbreer i Finnmark er redusert med 28 % fra 1966-2006. Totalt har arealene minsket med ca. 12 % fra 1960-tallet. I tillegg til kartlegging av endringer kan denne dataen brukes til beregning av istykkelse, isvolum og modellering. Siden breene smelter mener CICERO at det er behov for å kartlegge endringer i brearealet oftere med andre satellitter som har høyere oppløsning og kan ta hyppigere bilder av breområdene (*Andreassen, 2012*).

NVE – kartlegging av Storbreen 1963 - 2010

NVE har gjort glasiologiske undersøkelser i Norge i lang tid, men kom først med rapporter om undersøkelsene i 1963. De første undersøkelsene ble satt i gang omkring hundreårsskiftet. Etter hvert ble målingene overtatt av Norsk Polarinstitutt, før NVE kom på banen med sine egne undersøkelser. Rapporten fra 1963 viser blant annet målinger av bretungens stilling, hvor de fant ut at det tar ca. 4 år før en variasjon i materialbalansen gir utslag nede ved tungen, avhengig av størrelsen på breen, der målingene ved bretungen ble utført ved hjelp av flyfoto i lav høyde. For store breer vil mindre variasjoner dø helt ut før de når bunnen. Observasjoner av bretungen alene vil ikke kunne gi detaljerte opplysninger om breens materialhusholdning. Det trengs direkte målinger av akkumulasjon og ablasjon på hele breens overflate. Dette ble gjort for første gang i Norge i 1948 av Norsk Polarinstitutt på Storbreen i Jotunheimen. For å måle materialbalansen må man måle all nedbør i fast form som tilføres breen, deretter måle mengden av snø og is som smelter i sommerperioden. Det er forskjellen mellom disse (tilførsel og avsmelting) som gir en nettobalanse som er et uttrykk for breens tilstand (*Østrem & Liestøl, 1964*).

NVE har tatt for seg de største breene som Folgefonna, Hardangerjøkulen, Ålfotbreen, Nigardsbreen, Storbreen, Tverråbreen, Hellstugubreen, Gråstubreen, Blåisen og Storsteinsbreen. På disse breene har NVE målt akkumulasjon, ablasjon og materialbalansen. I dette avsnittet tar jeg for meg kun Storbreen med et tiårs intervall for vise hva NVE fant ut i løpet av 47 år, og fordi denne breen er nærme mitt studieområde:

1963: Sommertemperaturen i Nordland var relativt lav i juni og juli, men høstperioden var unormalt varm. Dette gjorde at sommertemperaturen dette året var 1°C varmere enn gjennomsnittet de siste 15 årene. Totalt ble det akkumulert 5,2 mill. m³ vann (i form av snø) over breen, det tilsvarer et vannlag på 0,96 m. Dette var den laveste akkumulasjonen som hadde vært de 15 årene de hadde målt på breen. I gjennomsnitt mellom 1948-1963 har akkumulasjonen vært på 1,36 m, hvor ablasjonen ble beregnet til 11,6 mill. m³ som tilsvarer et vannlag på 2,14 m. Dette var en stor ablasjon dette året, mye på grunn av den varme sommertemperaturen med 1 grad varmere enn normalt. Materialbalansen dette året hadde minket med 6,4 mill. m³, som tilsvarer 1,18 m i gjennomsnitt (*Østrem & Liestøl, 1964*).

1973: Dette året var det en økning i snømengde fra øst mot vest og var derfor større enn normalt. Vinterbalansen var derfor litt over normalen. Sommertemperaturen var også høyere enn vanlig den første delen av sommeren, men hadde kraftig snøfall i august. Ellers holdt værforholdene omtrent samme mønster som tidligere år. Dette året var ablasjonsverdiene større enn akkumulasjonsverdiene, der ablasjonen var 0,43 m, mens tilsvarende verdi for akkumulasjonen var 0,29 m. Ablasjonen forårsakes av stråling, konveksjon og kondensasjon. Konklusjonen dette året var at variasjonen i sommertemperaturen er faktoren som påvirker mest den årlige nettobalansen på Storbreen. På grunn av værforholdene hadde Storbreen en svak positiv nettobalanse lik 0,08 m (*Liestøl, Messel & Tvede 1975*).

1983: I Sør-Norge var det en uvanlig snørik vinter. Frem til januar hadde alle måneder, unntatt oktober, dobbelt så mye nedbør som normalt. Februar var en ganske tørr måned, men mars hadde det dobbelte av nedbøren. I forhold til normalperioden i 1931-60, lå månedstemperaturen i vinterperioden 0-2 0-2°C over gjennomsnittet. Sommeren hadde normale nedbørsforhold mens temperaturen lå 0-1°C under normalen. Akkumulasjonen dette året ble 1,90 m i vannekvivalent, som var det nest høyeste som var målt frem til 1983 (Den største akkumulasjonen som var blitt målt var vinteren 1948-49). Ablasjonen var beregnet til 1,70 m, som var omtrent gjennomsnittet for de tidligere observasjonen. Breen fikk dermed dette året et lite overskudd med 0,20 m. Totalt, siden 1948, har breen minket over 10 m i spesifikk vannverdi (*Roland & Haakensen 1986*).

1993: Mellom november og mars var det en periode med kraftig lavtrykksaktivitet og sterke vinder som ga store nedbørsmengder over hele landet. Under denne perioden hadde de fleste breområder i Sør-Norge over 200 % av normal nedbørsmengde. I Nordland var det ikke fullt så ekstremt, men her var også nedbøren over normalt, på noen plasser var det opp til 200 % mer nedbør. Akkumulasjonsbalansen ble beregnet til 1,81 m vannekvivalenter. Bare 5 ganger

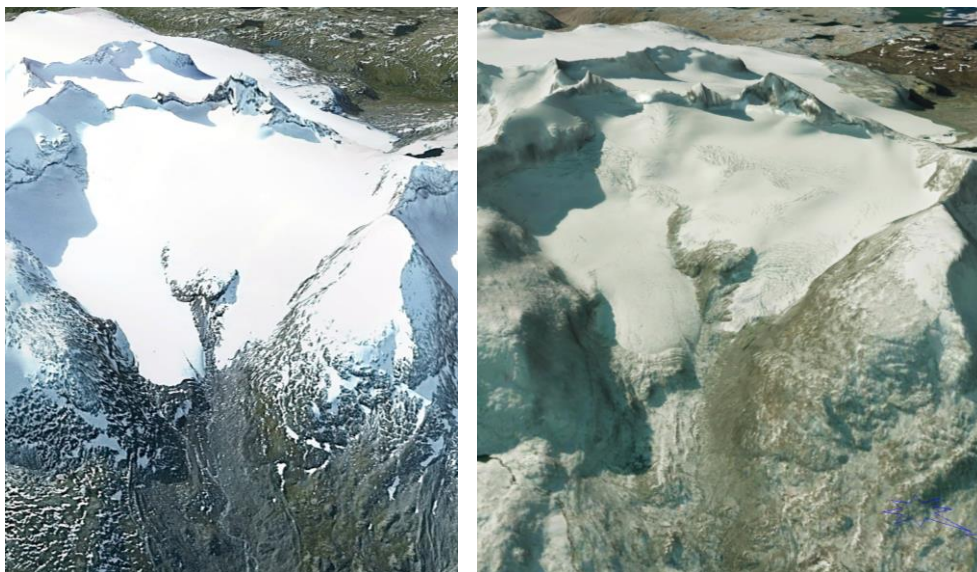
tidligere har det vært målt større akkumulasjon på Storbreen (1949, -67, -83, -89, -90). På grunn av den kalde sommeren med flere snøfall på breens øvre del var ablasjonsbalansen svært liten. Den ble beregnet til 1,06 m vannekvivalenter. Nettobalansen for Storbreen ble 0,75 m i 1993, mens middelveidien i måleperioden ble målt til -0,21 m (*Elvehøy, Haakensen, Kenneth, Kjøllmoen, Kohler, Laumann, Wold & Østrem 1995*).

2003: Sommeren dette året var varmere enn normalt over hele landet med en temperatur 1,8°C over gjennomsnittet, som var den fjerde varmeste sommeren siden 1866. Juli var den varmeste måneden med 3-5°C varmere enn gjennomsnittet. Vinteren dette året var unormalt tørr. Akkumulasjonsbalansen ble beregnet til 0,2 m vannekvivalenter. Det var ingen smelting etter ablasjonsmålingene fra forrige år. Ablasjonsbalansen for 2003 ble beregnet til 0,3 m vannekvivalenter. Dette var den tredje negative sommerbalansen, hvor det har blitt målt større ablasjon på storbreen i 2002 og 1997. Nettobalansen til Storbreen ble beregnet til 0,3 m vannekvivalenter. Det var kun i 2002 at det har vært større ablasjon på Storbreen (*Andreassen, Engeset, Elvehøy, Jackson & Kjøllmoen 2004*).

2010: Sommer- og vintertemperaturen var på lik linje med året 2002/03. Vinteren 2009/10 var kaldere enn normalt med månedlig gjennomsnittstemperatur på ca. -12°C i januar og februar 2010. Akkumulasjonen dette året ble beregnet til 0,2 m vannekvivalenter, som var den laveste akkumulasjonen målt for Storbreen. Ablasjonen ble beregnet til 0,3 m vannekvivalenter. Nettobalansen for Storbreen var negativ dette året med -0,3 m vannekvivalenter, som tilsvarer ca. 1,5 mill. m³ vann (*Andreassen, Elvehøy, Jackson, Kjøllmoen & Giesen 2011*).

Perioden mellom 1949 – 2010 var nettobalansen til Storbreen -19,2 m vannekvivalenter, hvor gjennomsnittet over 62 år er negativ med -0,29 m vannekvivalenter (*Andreassen, Elvehøy, Jackson, Kjøllmoen & Giesen 2011*).

I 1963 var Storbreen var 5,42 km², i 2010 var breen 5.10 km². Breen har ikke minsket like mye som andre breer har, men vi ser et tydelig mønster ved at den har minsket med 0,32 km².



Figur 6: Storbreven i Jotunheimen 1955 og 2010. Vi ser at breven har minsket noe når vi sammenligner den bare flekken i midten av breven. Foto: NVE

GLIMS-prosjektet

GLIMS (Global Land Ice Measurements from Space) observerer verdens isbreer ved å bruke data fra satellittinstrumenter som ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflectance Radiometer). GLIMS har vært i operasjon siden 1999 og i dag er det rundt 200 glasiologer og geologer fra 82 internasjonale forskningsinstitutter. Det er ikke et ukjent fenomen at isbreer smelter, rapporter fra individuelle isbreer fra alle kontinenter sier det samme. GLIMS har tatt i bruk satellittbilder, og disse bildene viser at isbreen smelter globalt. Selv om det er noen få unntak, hvor noen øker og andre forblir stabil, smelter de fleste isbreene. Det forskerne fant ut, var at den største faktoren til smeltingen er av global oppvarming og klimaendringer (Kargel, et. al. 2014).

Selv om denne rapporten har sett på et globalt perspektiv vil jeg forholde meg kun til Norge. Ca. 1 % av det totale arealet i Norge er dekket av isbreer og er viktig for vannkraft, klimaforskning og turisme. Det finnes isbreer over hele Norge, men den største iskappen som finnes i Norge (og fastlandet Europa) er Jostedalsbreen. GLIMS-forskerne har i hovedsak sett kun på Jotunheimen og Svartisen.

De første troverdige observasjonene av isbreer begynte på tidlig 1800-tallet på grunn av at voksende isbreer gjorde store skader på flere gårder (Hoel & Werenskiold, 1962, gjengitt av Kargel, et. al, 2014). De systematiske observasjonene derimot, begynte på tidlig 1900-tallet. Satellittbilder over Norges isbreer kom først i 1972 hvor disse bildene var egnet for kartlegging av forbigående snølinje og snølinjen etter smeltesesongen, som ble brukt til å finne netto balanse til isbreene (Østrem & Haakonsen, 1993, gjengitt av Kargel, et. al, 2014).

Det var under «den lille istid» på 1800-tallet at isbreene i Norge hadde sin maksimumsstørrelse. Etter den tiden har alle isbreer trukket seg tilbake, selv med perioder med masse overskudd på kystnære breer, hvor den siste var i 1990. Tilbaketrekking var spesielt sterk på 1930-tallet på grunn av unormale temperaturer og som et eksempel har Jotunheimen mistet 40 % av sin lengde og 25 % av sitt areal siden den lille istid. Isbreenes massebalanse har gått opp og ned flere ganger etter lille istid. Mellom 1962 og 2000 hadde maritime isbreer et stort masseoverskudd, mens kontinentale isbreer hadde masse-underskudd i samme periode. Etter 2000 hadde alle overvåkede isbreer en negativ netto balanse, men i 2005 og 2007 hadde maritime isbreer igjen en positiv netto balanse (*Andreassen, et. al, 2005, Nesje, et. al, 2008, Hurrell, 1995, Rasmussen, et. al. 2009, gjengitt av Kargel, et. al, 2014*).

En vellykket kartlegging av isbreer ved bruk av fjernmålingsdata krever perfekte forhold, som skyfri himmel og snøfrie områder rundt breene etter ablasjonsperioden i august og september. Dette var noe problematisk over Norge som har hyppig skydekke den perioden og kan ha lokale forhold med snødekke. For at forskerne skulle bli fornøyd med bildene, tok det dem 22 år før de fikk et nesten-perfekt bilde over Jostedalbreen. Andre satellittbilder ble tatt av Norsk Satellittdataarkiv, som senere ble tatt med i GLIMS-arbeidet. I en pilotundersøkelse i Jotunheimen ble anvendbarhet av standard isbre-kartleggingsmetoder testet ved hjelp av terskel-ratio bilder fra rå digitale band. Disse skissene fra Jotunheimen ble sammenlignet med en RGB-kompositt (red, blue, green), som er sammensatt av Landsat-bilde og digitale ortofoto, som ble tatt 1 år fra hverandre, for å finne den mest egnede metoden for denne regionen.

Hvordan en isbre reagerer på klimaforandringer involverer en rekke komplekse prosesser (*Nye 1960, Meier 1984, gjengitt av Kargel, 2014*). Det er lufttemperatur fra de atmosfæriske kondisjonene som påvirker en isbre mest, fordi det er relatert til radiasjonsbalansen, varmeutveksling og kontroll på fuktighet/tørrehet i lufta. Grønland har hatt større svingninger i isstrømmen de siste årene enn tidligere. Det er klimaendringer som er årsaken til at breer på Grønland har hatt brå endringer. På Svalbard har isbreene trukket seg tilbake på grunn av varmere somre enn tidligere. Noen har økt, men dette er «surgende» breer. Det vil si at de øker farten fremover betraktelig, hvor de kan flytte seg flere meter i døgnet på grunn av ekstremt trykk. Siden 1990-tallet til tidlig 2000-tallet har isbreer i Nord-Amerika har raten for negativ massebalanse doblet seg. Dette da bare på litt over et tiår. Tyrkias isbreer har minsket signifikant siden begynnelsen av siste århundre, og fra historiske kalkulasjoner har isbreene minsket på grunn av varmere atmosfære.



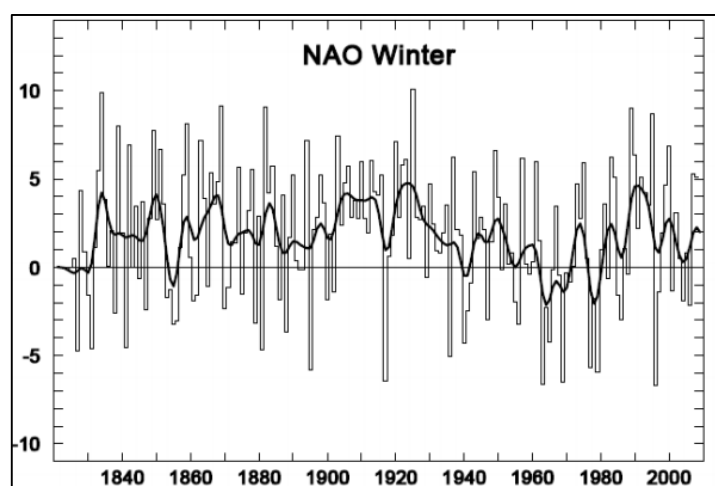
Figur 7: RGB (Red, Blue, Green) kompositt fra en Landsat ETM+ av Jostedalsbreen (Foto: Kargel, et. al. 2014)

Ved å benytte seg av satellittbilder kunne de ta bilder sett rett ovenfra over isbreer rundt om i verden. For å se nærmere på isbreer fra Norge har forskerne tatt i bruk forskning fra NVE, som er det regionale GLIMS-senteret for Norge. Analyser av endringer av isbre ble gjort ved å sammenligne nye Landsat-skisser med tidligere isbreskisser fra N50-kartdata (Svartisen hadde kartdata fra 1968, Jotunheimen hadde fra 1966-1983) (Kargel, et. al 2014). Resultatene av endringer i isbreenes størrelse for Jotunheimen og Svartisen avslørte signifikante forskjeller. I Jotunheimen hadde isbreene minsket med totalt 10 % mellom 1980 til 2003, mens ingen/lite forandringer på Svartisen mellom 1968 til 1999. Grunnen til at det er så store forskjeller, mente forskerne at kartleggingen av isbreer i Jotunheimen i 1968 var noe overvurdert på grunn av mange snøfelt (Andreassen, et. al. 2008, gjengitt av Kargel, et. al. 2014).

Klimaforandringer

Klimaet på jorda er i endring, og det med god dokumentasjon. Klimaparametre avspeiler den globale klimaendringen vi ser i dag: luft- og havtemperaturen øker, CO₂-nivået i atmosfæren øker, havnivået stiger og snø og is smelter fortere enn noen gang. Klimaet på jorda varierer hele tiden, det har det alltid gjort, med mange fysiske årsaker. Problemet i dag er at de siste 30-40 årene endrer klimaet seg raskere enn det som er naturlig. Den siste rapporten fra IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) sier at den globale gjennomsnittstemperaturen har økt med 0,85°C mellom 1880-2012, og temperaturen har økt med 0,6°C siden 1951. På den nordlige halvkule har det vært den varmeste 30-års perioden over de siste 1400 årene i perioden mellom 1983 og 2012. Temperaturen øker over hele kloden, men har økt mest på den nordlige halvkule (Norsk polarinstitutt, 2014).

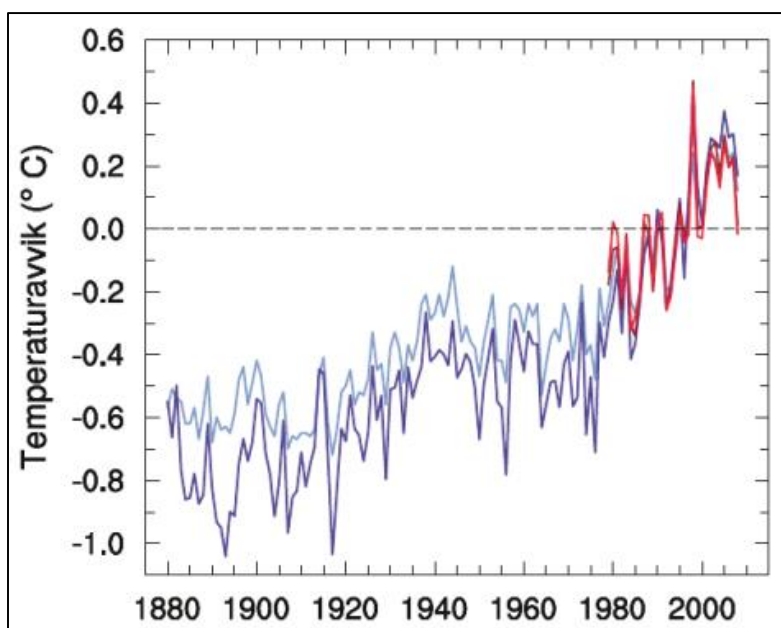
I Norge er årsmiddeltemperaturen varierende, med +1°C, men varierer fra +6°C på kysten av Vestlandet til -4°C i høyfjellet. Sirkulasjonen i atmosfæren gir netto oppvarming i tropene og netto avkjøling ved polene. Denne transporten av luft påvirkes av blant annet jordas rotasjon og topografi. Varmetransporten er knyttet til lav- og høytrykk på mildere breddegrader, og er derfor avgjørende for jordas temperaturfordeling. I tillegg til at temperaturfordelingen er lav- og høytrykk styrende for lokalt vær og klima. Nord-Europa ligger i en sone som er dominert av vestavindsbeltet, som er kjent som området hvor lavtrykk oppstår. Den mest brukte indikatoren til vestavindsbeltet er indeksen for den nord-atlantiske oscillasjonen (NAO) (Hanssen-Bauer, Drengre, Førland, Roald, Børshem, Hisdal, Lawrence, Nesje, Sandven, Sorteberg, Sundby, Vasskog & Ålandsvik, 2009).



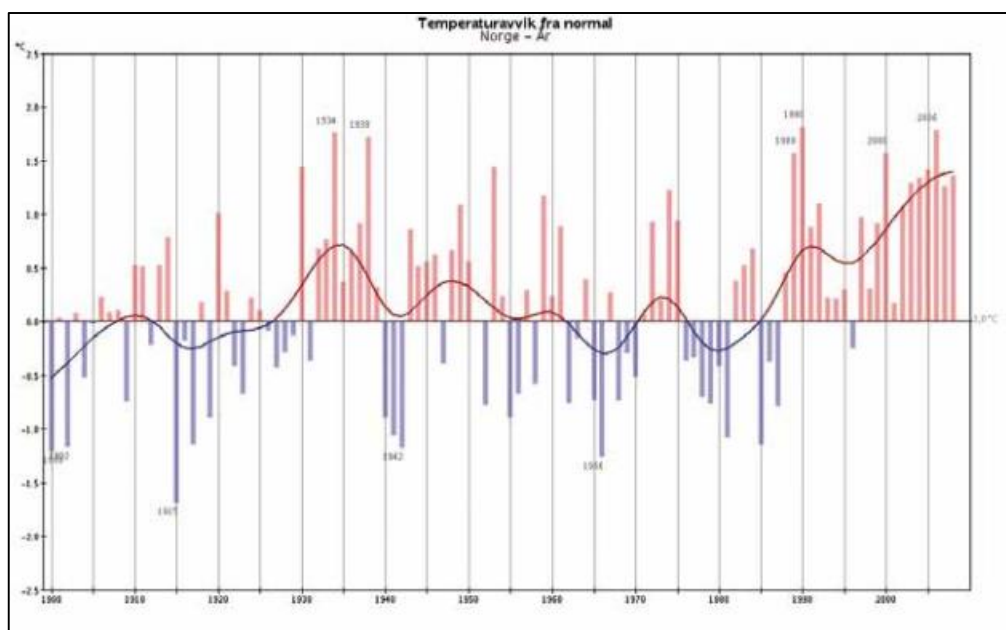
Figur 8: NAO-indikator mellom 1840 - 2008. Beskriver trykkforskjellen mellom lavtrykket ved Island og høytrykket ved Azorene. Når begge trykksystemene er sterke (høyere enn normalt) er NAO-indeksen høy, som betyr at vestavindsfeltet er sterkere enn normalt (Figur: Hanssen-Bauer, et. al. 2009).

Klimaet i Norge er mer gunstig enn hva breddegrad alene skulle tilsi på grunn av beliggenheten i vestavindsbeltet og varm havstrøm. Men Norge har store variasjoner i klimaet, både geografisk og over tid, med tanke på for eksempel solenergi, der Nord-Norge har mørketid og midnattsol. Terrenget i Norge har også mye å si for klimaet, hvor det blir store lokale forskjeller over kortere avstander. Lufttemperaturen er også variert. Landområdet varmes opp og kjøles ned raskere enn havområder, som gir et kontinentalt og maritimt klima (*Hanssen-Bauer, et. al. 2009*). Hvis man ser på havnivåøkningen er det ikke målt noen økning langs norskekysten de siste 100 årene, selv om havnivået har steget med 14 cm denne perioden. Dette er fordi Norge har fremdeles landheving etter siste istid, med over 14 cm per 100 år, som har gjort at havnivået ser ut til å synke (*Hanssen-Bauer, et. al. 2009*)

For klimavariabler som temperatur, nedbør og sjøisutbredelse er det store variasjoner fra år til år og fra tiår til tiår, som i hovedsak skyldes naturlige variasjoner i klimasystemet. Det er langtidstrendene fra de siste 100-150 årene som viser utviklingen av klimaet, som er kombinasjonen av naturlige og menneskeskapte klimaendringer. Den siste IPCC-rapporten sier at det er sannsynlig at de siste 50 årene har vært en signifikant menneskeskapt oppvarming over hele kloden, bortsett fra Antarktis. Selv om temperaturen har vært høyere før, med ca. 1,5 – 2°C høyere for 9000 år siden, stiger temperaturen nå med 0,4°C per tiår siden 1965. Temperaturen gjør også at permafrosten i høyfjellet varmes opp i høyt tempo. Etter temperaturmålinger utført siden 1999 fant man ut at oppvarmingen er merkbar ned til 60 meters dyp i Jotunheimen (*Hanssen-Bauer, et. al. 2009*).



Figur 9: Global temperaturendring fra 1880 til 2008 viser temperaturavvik fra gjennomsnittstemperaturen. De blå kurvene viser analyser av temperatur over land og for havoverflaten, mens den røde kurven angir analyser av lufttemperaturen for de nederste 3-5 km av atmosfæren (Figur: Hassen-Bauer, et. al, 2009).

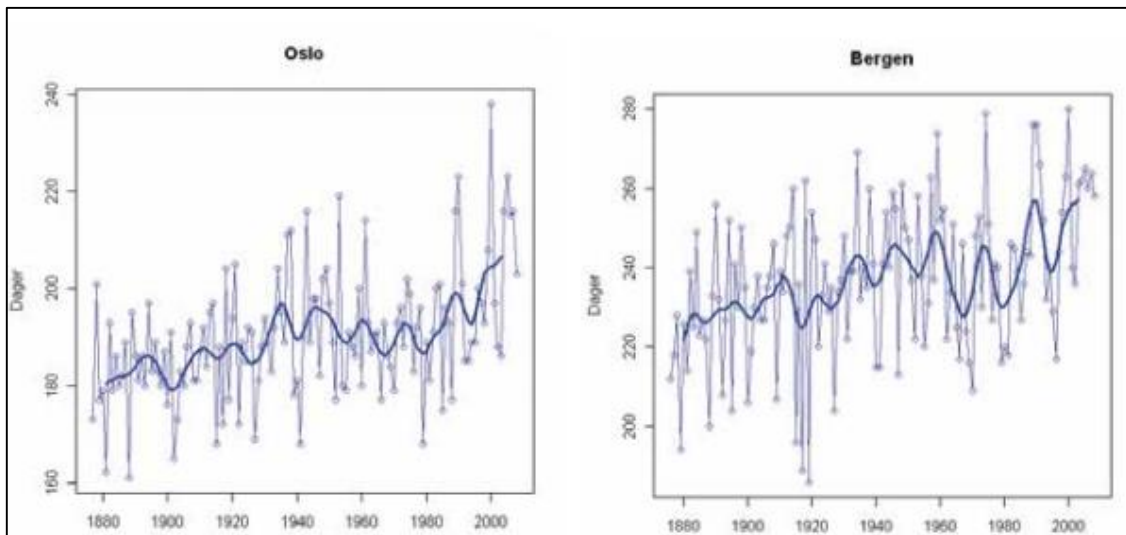


Figur 10: Temperaturavvik fra normalen for Norge 1900-2008 (Figur: Hanssen-Bauer, et. al. 2009)

På grunnlag av instrumentelle målinger er det etablert serier for mildere global lufttemperatur mer enn 150 år tilbake i tid. Figur 9 viser den globale temperaturvariasjonen mellom 1880 og 2008. De blå kurvene viser temperatur over land og hav basert på termometer, mens de røde kurvene er basert på satellittmålinger og er for de nederste 3-5 km av atmosfæren. Figuren gir

en klar indikasjon på en langtids økning av jordas temperatur, hvor de fleste varmeste årene er på slutten av serien. Grunnen til at kurvene går opp og ned er naturlige variasjoner, som vulkanutbrudd, solens syklus og naturlige temperaturvariasjoner i havet, selv med perioder med jevnt økende konsentrasjon av drivhusgasser (Hanssen-Bauer, et. al. 2009).

Hvis vi ser på figur 9 og figur 10 ser vi at utviklingen av årsmiddeltemperatur for fastlands-Norge etter 1900 viser mange likhetstrekk med globaltemperaturen. Det har vært klar tendens for økende temperatur i Norge de siste 100 årene, hvor på 1930-tallet det var en svært mild periode der Svalbard og nordlige områder hadde en temperatur som var nesten like høy som dagens nivå. For resten av Norge har temperaturen økt med ca. 0,08°C de siste 100 år, som er i samme takt som den globale temperaturøkningen (Hanssen-Bauer, et. al. 2009).



Figur 11: Disse figurene viser vekstsesongen i Oslo og Bergen mellom 1870 og 2008. Antall dager per år med døgnmiddeltemperatur over 5°C (Figur: Hanssen-Bauer, et. al. 2009)

Langtidsutviklingen av temperatur i Norge har vært noenlunde den samme, men den største økningen i årstemperaturen siden år 1900 har forekommet i Trøndelag og Nordland/Troms. Figur 11 viser vekstsesongen for Oslo og Bergen mellom 1870 og 2008. De gir klare og tydelige tegn på at vekstsesongen har økt de siste tiårene og at det i dag er en betydelig lengre vekstsesong sammenlignet med 1870 (Hanssen-Bauer, et. al. 2009).

Tregrensen og klimaendringer

Klimaet, i løpet av de siste hundre årene, har påvirket tilbaketrekking av isbreene og flerårig snø rundt om i Sverige. Denne rapporten har i hovedsak tatt for seg trerester som kommer frem der isbreene smelter i fjellområder som er over den regionale tregrensen. Forskere fant rester av furu og bjørk der en gang en botnbre hadde vært. Disse restene lå 400-600 meter høyere over sin nåværende tregrense, og forskerne mener derfor at sommertemperaturen kunne vært 3,5°C varmere for 9600-9500 år siden. Under den neoglasiale kjølingen som kjølte ned jordas klima, gikk både bjørk og furu nedover i høydemeter mellom 9000 og 4000 år siden, til der den er i dag. Dette bekreftes også av at det ikke finnes trerester som er datert yngre enn 4400 år, som betyr at denne perioden var kaldere og mer snørik enn tidligere (Øberg & Kullmann, 2011).



Figur 12: Nylig utvasket bjørk fra Kåppasbreen. Foto: Øberg & Kullmann, 2011

Tregrensa er like skjør til klimaet som en isbre. Med varmere klima vil tregrensen stige og synke hvis det blir kaldere. Forskerne mente at man må bygge opp teorier på tidligere bevis og erfaringer, som den 600 meter høyere tregrensen for 9000 år siden. Trenden som er i dag, er at klimaet blir varmere. Hvis det fortsetter slik det gjør i dag, med estimert 3-3,5°C varmere i løpet av de neste 100 årene, vil øvre alpin grense til lukket skog stige med ca. 500-600 meter. Basert på den regionale tregrensen for det siste århundret kan sannsynligheten for et

slikt scenario stilles spørsmål med på grunn av sterkere vinder, dårlig snødekke og mangel på næringsrik jord, men siden de har funnet trerester så høyt oppe er det ikke umulig (*Øberg & Kullmann, 2011*).

Studien tar for seg tre isbreområder, der isbreene måtte ligge på en høydemeter over tregrensen. Disse områdene har til sammen 12 breer og snøfonner, der samtlige har minsket betraktelig i areal. For eksempel Lillsylen, et område som hadde en liten isbre, men i dag består dette området av kun små is- og snøflekker. Forskerne brukte disse områdene til å finne bjørk og fururester under breene for bevis for at trær hadde levd over den regionale tregrensen. Mønsteret alle tre studieområdene har, er i stor likhet med moderne klimaendringer og deler de samme brede temporale konturene av trefossile data, men med forskjellig antall daterte trefossiler. Det var hovedsakelig under isbreene og snøfonnene man fant trerester, områdene utenfor breene var det ikke tegn til rester av bjørk og furu. Dette kan indikere at trær aldri vokste på disse høydemetrene, men den smeltende isbreen som kan ha tatt med seg trerestene oppover når den trakk seg tilbake. Men det kan ikke utelukkes fullstendig fordi forskere fant store barkfragmenter av dvergbjørk i tynne rå humuslag og torver på disse høydene. Deres hypotese var derfor at det var kun bjørk som vokste på disse høydemetrene og bare på steder der mulighetene for at en isbre kunne dannes. En studie som foregikk mellom 1950-2010 på seks forskjellige steder i Sverige fant ut at tregrensen til bjørk har steget betraktelig de siste 60 årene, der den har steget mellom 105 og 225 meter, der den største stigningen skjedde etter 1972. Det samme skjedde på 1930-tallet, på grunn av den uvanlige varmere perioden (*Øberg & Kullmann, 2011*).

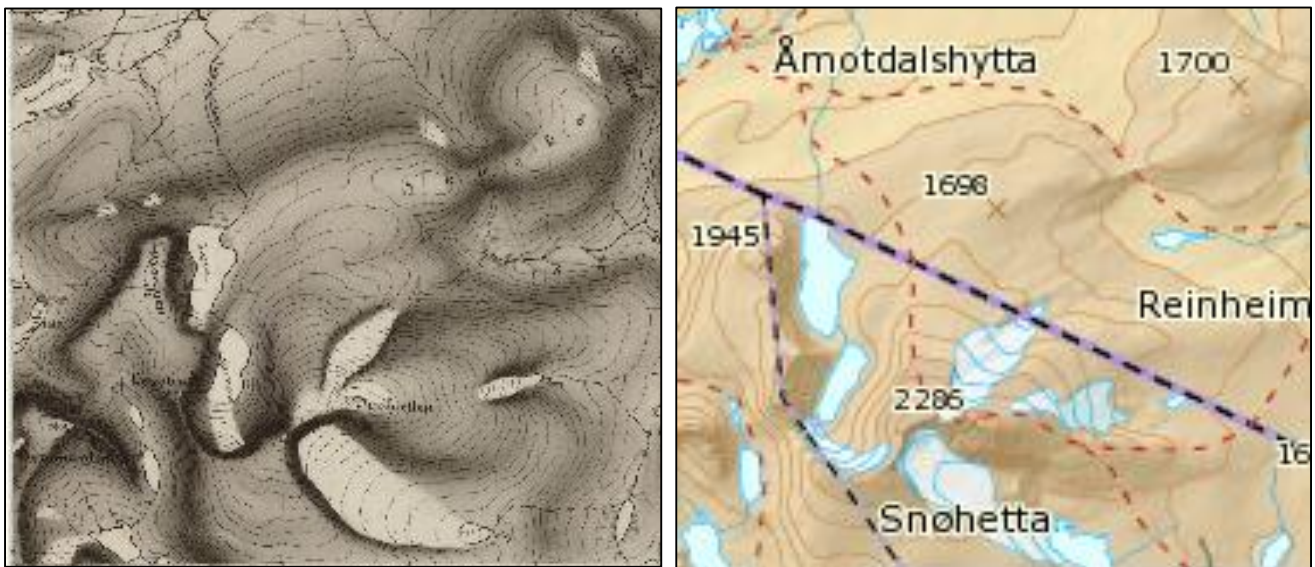
Kart og historiske kart

«Et kart er en forminskjet tegning av en del av jordens overflate sett rett ovenfra. Et godt kart formidler budskapet tydelig og forteller en historie» (Kartverket.no, udatert).

Et kart gir oss et bilde av den delen av verden og den situasjonen som vi har bruk for. Det finnes mange forskjellige kart, ikke bare avbildninger av verden, men også mentale kart som vi selv lager i hodet, som vi bruker hele tiden (Holand, Markhus & Ystad, 2007).

Det er mange symboler (karttegn) i et kart, hvor hvert enkelt symbol representerer noe i virkeligheten. For eksempel kan en rød linje representere E6 eller jernbanelinje. Kart er en forminskjet utgave av virkeligheten av deler eller hele jordoverflaten i en bestemt målestokk og projeksjon, som er metoden for å overføre jordas overflate på et flatt ark. Når man skal ut i terrenget er kart det viktigste hjelpemiddelet (Kartverket.no, udatert).

Målestokken på et kart gir oss et bilde over hvor stort område som er avbildet, og hvor mye 1 cm er i virkeligheten. På et kart med en målestokk 1:50 000 tilsvarer at 1 millimeter på kartet er 50 meter i virkeligheten, detaljer som er mindre enn 1 millimeter er for små, og blir derfor ikke med på kartet (Kartverket.no, udatert).



Figur 13: Historisk kart fra 1880 og dagens kart over Snøhetta i Dovre kommune (Foto: Kartverket.no og norgeskart.no).

Denne oppgaven tar for seg håndtegnet kart og digitale kart. Et digitalt kart har mange likheter med et papirkart, som er over et område, men kraftig forminskjet. Et digitalt kart er definert på denne måten av Gunnar Tenge: «et utvalg av romlige objekter og fenomener fra virkelighet som er kodet og lagret i geografiske databaser» (Tenge, 2005). Historiske kart var opprinnelig tegnet for kartlegging for både militære og sivile formål. De militære formålene

var å kartlegge områdene langs riksgrensa som et ledd i det norske forsvaret mot Sverige. Disse kartene sier mye om Norges utvikling, landskapsforståelse, stedsnavn, samferdsel, kommunikasjon og bosetting (*Kartverket.no, 2014*).

Kartetikk

Etikk er normer for rett og galt, kartetikk er en rettesnor for profesjonshandlingene, fordi kartet skal lages så nær virkeligheten som mulig, være sant og nyttig. Selv om kart har mindre etiske problemstillinger enn medisin, må det være en form for etikk når man lager kart. John Stuart Mill og Jeremy Bentham utformet den moderne utilitarismen på 1800-tallet. *Utilis* betyr «nytte» på latinsk. Etikdens hovedspørsmål er «hva er det gode?». Det «gode» i kart er at det er nyttig. Robert Sach, en amerikansk geograf, skriver at et gode er som «kunnskap om virkeligheten». Et annet viktig element innenfor etikk er å «dele det gode». Utilitarismen har et moralsk prinsipp: størst mulig gode for det størst mulige antall. For kart er dette et gode at tilgjengeligheten for geografisk informasjon bedres og at produksjonen av kart skal være tilgjengelig slik at flest mulig kan øke sin kunnskap om virkeligheten. Kartprogrammer har blitt utbredt slik at enhver kan lage sitt eget kart (*Rød, 2009*). Mitt kartetiske dilemma i denne sammenhengen er å gi en vurdering av reliabiliteten av mine resultater, der jeg vil si at hovedspørsmålet er om metodene som ble brukt for kartlegging på slutten av 1800-tallet var slik at breer kartlagt da er sammenlignbare med hvordan breer blir kartlagt i dag.

Sammendrag

En isbre dannes av snø som har slått seg til ro og varer over flere somre, og er en prosess som kan ta mange hundre år. Av all isen som finnes på jorda, har Antarktis og Grønland 99 %, og alle andre landbaserte isbreer på kloden er den siste prosent. Breer er svært sensitive til klimaendringer, de kjøler ned områder rundt, havstrømmer og luftstrømmer og man kan finne konsentrasjonen av drivhusgasser. Derfor er isbreene gode klimaindikatorer, klimaarkiver og klimaprodusenter. Når isbreene smelter frigjør de næringsstoffer som har ligget fryst i mange tusen år, da kan planteliv blomstre igjen.

Isbreer smelter globalt. Breene i Alpene er redusert med 50 % siden 1850, og man antar at de vil reduseres ytterligere 75 % innen 2050. Breene inneholder store mengder ferskvann som forsyner store områder med rent drikkevann til millioner av dyr, planter og mennesker, hvis disse breene forsvinner vil det være kritisk for omgivelsene som er avhengige av isbreene.

Det er ikke bare mangel på drikkevann som er det kritiske hvis isbreene smelter. Havnivået vil stige på grunn av alt ferskvannet som strømmer ut. I dag stiger det globale havnivået med 2 millimeter hvert år, men hvis alle landbaserte breer smelter gir det en havnivåøkning på 12 cm. Norge merker lite av denne havnivåstigningen på grunn av fremdeles pågående landheving etter siste istid. Men den største usikkerheten for smeltende isbreer er hvis isen på Antarktis og Grønland smelter, som resulterer i en havnivåøkning på ca. 60 meter globalt, men kan ta mange tusen år, avhengig av om lufttemperaturen øker.

Forskere er enige om at verden står ovenfor klimaendringer. I følge forskere fra NVE, Norsk Polarinstittutt, Norsk Klimapanel, CICERO og GLIMS smelter is forttere enn noen gang på grunn av klimaendringene. Hvorfor klimaendringene skjer er det mer diskusjon om, men forskere er enige om at det er kombinasjonen av naturlige svingninger i klimaet og menneskelig aktivitet som er årsaken til global oppvarming. De siste tiårene har den globale lufttemperaturen steget forttere enn noen gang, og dette er på grunn av økende menneskelig aktivitet.

Metode

I dette kapittelet skal jeg ta for meg hvordan jeg har gått frem og hvilken metode jeg har valgt for å belyse min problemstilling.

Forskningsdesign

Et forskningsdesign, eller prosjektutformingsstadiet, er en overordnet plan for hvordan man skal gå fremover for å løse og gi svar på problemstillingen. Et forskningsdesign er like viktig som selve undersøkelsen. Å utføre forskning uten forskningsdesign er som å bygge et hus uten arkitekttegninger. Det er fullt mulig å bygge huset, men utfallet er usikkert. Et forskningsdesign er til for å vise helheten og målet på prosjektet (*Sander, 2014*).

Det er tre grunnleggende forskningsdesign; eksplorerende-, deskriptiv-, og kausalt design. Siden min problemstilling er å vise utviklingen av breer ved å sammenligne kartdata, er forskningsdesignet mitt *deskriptiv design*. Deskriptiv design har som formål å kartlegge en eller flere variabler, og eventuelt se på sammenhengen mellom disse (*Sander, 2014*). I forlengelsen av min problemstilling dukker det opp nye spørsmål som jeg ikke kan svare på i sin helhet, men som jeg kan nærme meg med mitt arbeid: Hvorfor har isen smeltet? Har plasseringen av isbreene noe å si for smeltingen? Er det naturlige årsaker eller menneskeskapte årsaker?

Data for oppgaven er fire historiske kartblad fra 1879 til 1888 og kartbladet N50 i QGIS. Disse kartbladene sammenlignes for å vise hvordan utviklingen til isbreene har vært over 130 år. Forskningsartiklene jeg har skrevet om i teoretisk bakgrunn skaffer informasjon om temaet jeg kan bruke disse for å se hvordan de har kartlagt isbreer. I disse forskningsprosjektene har de innhentet data om breene ved bruk av satellittbilder av forskjellig alder. Jeg bruker derimot gamle og nye kart som kilde og kan derfor sammenligne fortid og nåtid over en mye lengre periode enn det som er mulig ved bruk av satellittbilder.

Om metode

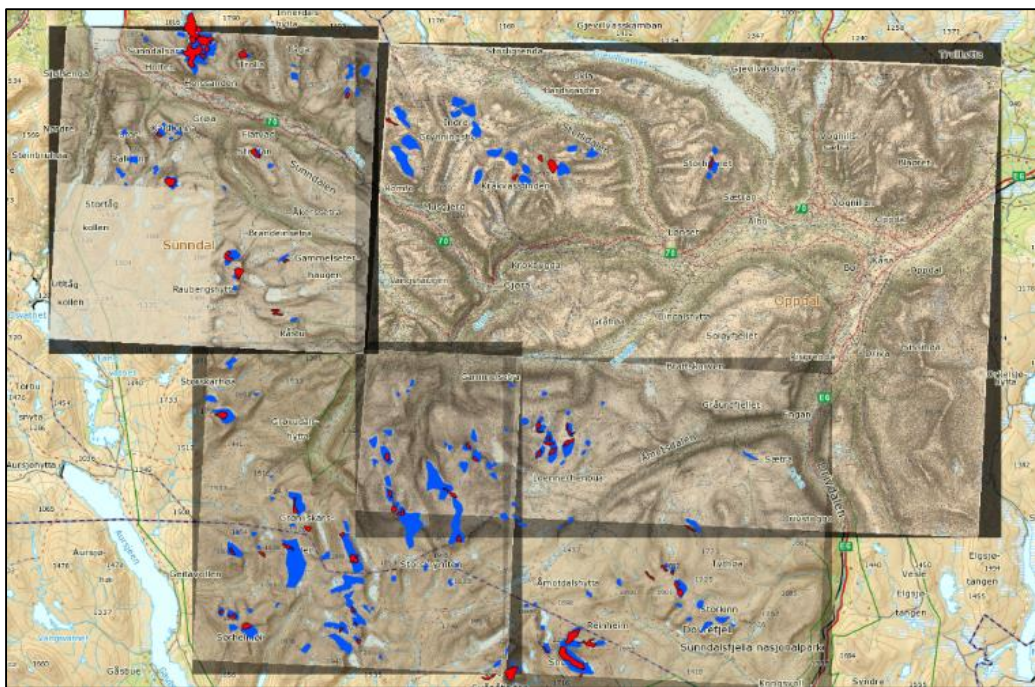
Her vil jeg beskrive hvordan jeg utførte oppgaven i 7 punkter og hvordan jeg kom frem til resultatene. Det var flere utfordringer, hvor den største utfordringen var min erfaring med QGIS. Min kunnskap om QGIS var fra et nybegynnerkurs i QGIS gjennom faget Kartlære i geografistudiet. Ved å gjennomføre denne oppgaven har jeg hatt en bratt læringskurve fordi alle utførelser gjort i QGIS for denne oppgaven lærte jeg for første gang da jeg gjorde dem, med hjelp fra veileder. Bare det å skrive inn informasjon i attributtabelen var en førstegangsopplevelse for meg. QGIS er et kartprogram innenfor verden av geografiske informasjonssystemer hvor man kan lage ulike kartprojeksjoner der kartene kan settes i ulike formater og til ulike bruksområder (*wikipedia, 2015*). De historiske kartene var også noe av en utfordring fordi de var håndtegnet, og derfor vanskelig å skille mellom isbre og snøfonn. På grunn av dette valgte jeg å registrere alt som var tegnet inn som isbre. Materialer som ble brukt i forbindelse med oppgaven var fire historiske kart fra Statens kartverk, QGIS og N50 digitale vektor kartdata fra i dag, samt ulike forskningsartikler som er beskrevet i teorikapitlet. Hoveddelen av resultatkapitlet baserer seg på kartbladene, mens tilleggsinformasjon baserer seg på forskningsartiklene.

De fire kartene som er brukt i denne oppgave ligger over området og er tegnet av:

Tabell 2: Opplysninger om de fire kartbladene fra 1879 til 1888

	Kartbladnavn	År	Målestokk	Område	Internettlenke
A	41B 8; 41B 11; 41B 12	1879	1:50 000	Sunnalsøra og vestlige deler av Sunndal kommune. Tegnet av Kaptein Sørensen	http://www.kartverket.no/historiske/rektangelht50/jpg300dpi/rektangelht50_41b-8_1879.jpg?_ga=1.182196135.1437128786.1410700287
B	37C 10; 37C 11; 42A 2; 42A 3	1880	1:50 000.	Snøhetta, deler av Oppland, Dovre kommune og sørlige deler av Sør-Trøndelag. Tegnet Løytnant Jacobsen	http://kartverket.no/Kart/Historiske-kart/Historiske-kart-galleri/#5/252/4559
C	Rektangel100_1888	1888	1:100 000	Deler av Sør-Trøndelag og Oppdal. Tegnet av Kaptein F. Jakobsen	http://www.kartverket.no/historiske/rektangeltr100/jpg300dpi/rektangeltr100_42a_1888.jpg?_ga=1.144904756.1437128786.1410700287
D	36D 12; 37C 9; 41B 4;42A 1	1879	1:50 000.	Deler av Dovrefjell-Sunnalsfjella nasjonalpark, Sunndal kommune, Oppland og Sør-Trøndelag fylke. Tegnet av Løytnant Heramb	http://www.kartverket.no/historiske/rektangelht50/jpg300dpi/rektangelht50_36d-12_1879.jpg?_ga=1.219372057.1437128786.1410700287

1. **Valg av studieområde:** Det måtte være et område med mange isbreer og område med tidlig kartlegging som har gode og leselige kart. Siden kartene ble håndtegnet er det variert for hvor gode de er, man må for eksempel kunne zoome inn på kartet og fremdeles lese hva som står der. Disse kartene ble håndtegnet frem til 1900-tallet da satellitter tok over, og metoden som ble brukt for å kartlegge et område var å ta i bruk ulike instrument som teodolitt og målebord. Teodolitt måler opp vinkler slik at de kunne beregne posisjonen til de målte trigonometriske punktene. Når de punktene var ferdig beregnet kunne de bruke målebordet, som er en kikkert og linjal for å måle avstander fra et punkt. Dette målebordet måtte forflyttes på fjelltopper rundt om i området de skulle tegne. Å tegne et kart over et område kunne ta opp til 5 år (Kartverket.no, 2014).



Figur 14: Figuren viser de fire kartbladene fra 1879 til 1888 drapert over et topografisk kartgrunnlag. Rødt felt er dagens breer og blått felt er isbreer fra 1879-88. Se tabell 2 for opplysninger om hvert kartblad markert med bokstavene A til D. De svarte merkene rundt hvert kartblad er et resultat av den dreiningen av hvert kartblad som skjer når de gjennom GEO-refereringen tilpasses kartgrunnlaget av i dag.

2. **GEO-referering av de historiske kartene:** Bildene må konverteres inn i QGIS ved å velge fire punkt på hvert bilde. Disse punktene skal være i hjørnene, lengst unna hverandre slik at de blir GEO-referert riktig inn i QGIS på riktige koordinater. Man velger fjelltopper, og må zoome helt inn på fjellet slik at man kan velge samme punkt på N50 kartdataen. Når kartene er GEO-referert inn i QGIS blir de lagt som raster-lag. Da skal de historiske kartene ligge på riktige koordinater oppå N50 kartdataen. Når kartene GEO-refereres blir de vridd slik at de ligger riktig i forhold til jordas krumming. Man ser da svarte marger rundt kartene som sett på bildet ovenfor.
3. **Innhenting av data fra i dag til å sammenligne med:** Dagens kartblad lages i QGIS av kartbladet N50, som er et topografisk Norgeskart. Gjennom QGIS kan man velge hvilket tema man vil belyse, og kartene for oppgaven er temalaget for isbre. For å danne et fullstendig kart og få et oversiktlig bilde av hvordan området ser ut, må flere vektorlag legges til, som elveløp, høydekurver, høydepunkt, isbre, tekst, osv.
4. **Digitalisering av breer:**
 - a) **Historiske breer:** Å digitalisere breene er å markere dem ved å sette punkter rundt breenes kanter. Dette gjøres for å få en oversikt over antall breer, arealet, hvilket historisk kart de er hentet fra og hvor i området de ligger, og skriver dette inn i attributt Tabellen. Når man digitaliserer breene må man være nøye på å følge kantene rundt breen ved å ha en passende målestokk. Det vil si at man zoomer helt inn på breens kanter slik at man tar kun med breen og ikke områder rundt. Når alle breene er med, legges disse i et eget vektorlag. Dette er fordi man skal fjerne de historiske kartene til slutt, men da må breene være igjen, for å få et oversiktlig og ryddig bilde over området. Det er mange utfordringer med å digitalisere breene; breene er hvite med prikkete linjer på kartene, det er da man vet at det er tegnet inn en bre. Men det er også områder som er hvite hvor det ikke finnes bre. På bildet nedenfor er det også hvite områder utenfor de prikkete linjene, om det er bre eller fjell er vanskelig å si. På bildet nedenfor har jeg passe målestokk slik at jeg ser kantene på breen:



Figur 15: Kartbildet, fra Vinnuffjellet, viser historisk kartblad. Her ser vi noen av utfordringene med å digitalisere breer fra de gamle kartene. I de gamle kartene var breer markert med prikkete høydekurver og en lys farge. Mange steder er ikke breen markert lyst, men også de omkringliggende arealene og da kan det være vanskelig å avgjøre skillet mellom isbre og fjell.

b) Dagens breer: Dette er et eget vektor lag som innehar alle breene i hele Norge.

For å avgrense breene må man GEO-referere kantene på de historiske kartene som ligger drapert over N50 kartdataen. Da markerer man kun de breene som er innenfor det valgte området og man kan fjerne alle andre breer utenfor. I denne attributtabelen trengs det kun å registrere brenavn og stedsnavn siden tabellen allerede innehar de andre opplysningene, der registreringene er fra 11. mars 2008, 6. mars 2012 og 6. juni 2013, på noen breer er det ikke siste oppdateringsdato. På grunn av at mange av breene har minsket betraktelig i areal er brenavnet borte, da valgte jeg å registrere alle med det historiske navnet.

5. **Beregning av brearealene:** Jeg kopierte begge attributtabellene inn i Excel for å gjøre beregningene. I Excel sammenlignet jeg alle breene, tok ut de 20 største historiske breene for sammenligning, fire breer i hver ende av området for å sammenligne plassering og fant de breene som har vokst. Denne dataen er resultatkapitlet og stilles frem i form av tekst, temakart og tabeller. Tabell for alle breene har jeg lagt som vedlegg, og inneholder all informasjon om isbreene.

6. **Sammenligning visuelt ved bruk av kart:** Man kan sammenligne kartbildene for å se forskjellen i brearealet. Mange av breene fra 1880-tallet er borte, og det ser man fort når man sammenligner hele området fra 1880 med i dag. På kartbildene har jeg lagt det historiske brearealet under det nye arealet. Så når man zoomer inn på en bre ser man fort endringene i brearealet.
7. **Kvantitativ sammenligning av breareal:**
 - a) Alle breer
 - b) De 20 største breene
 - c) Kun de breene som inngår i kartdata fra i dag

Formålet til oppgaven er å sammenligne breareal fra 1880 med i dag ved å bruke en metode som sammenligner de eldste norske kartene hvor breer har en representasjon som er god nok til at det er mulig å bruke dem i en sammenligning med kartdata fra i dag. De gamle kartgrunnlagene har blitt gjort tilgjengelig av Kartverket slik at jeg kan sammenligne isbreer over et langt tidsrom og stort område. Når man ser på isbreer over et stort område og over et langt tidsrom kan man også se utviklingene av klimaendringene. Kvantitativ metode har talldata, er teoristyrte og har årsaksforklaringer med mange enheter (*Ringdal, 2013*).

Etikk dreier seg om prinsipper, regler og retningslinjer for vurdering av om handlinger er rette eller gale. Forskning har som formål å øke viten, og kan defineres som en kreativ, original og systematisk prosess. Det som er viktig for forskningen er at den skal være til nytte for den eller de forskningen rettes mot (*HiO, 2002*). Etikken i mitt tilfelle er spørsmål om resultatene er pålitelige eller ikke. Siden jeg har flere måter å sammenligne data på, som skal komme til samme konklusjon, er en måte å gjøre resultatene mer pålitelige/reliable.

Del 3

Resultat

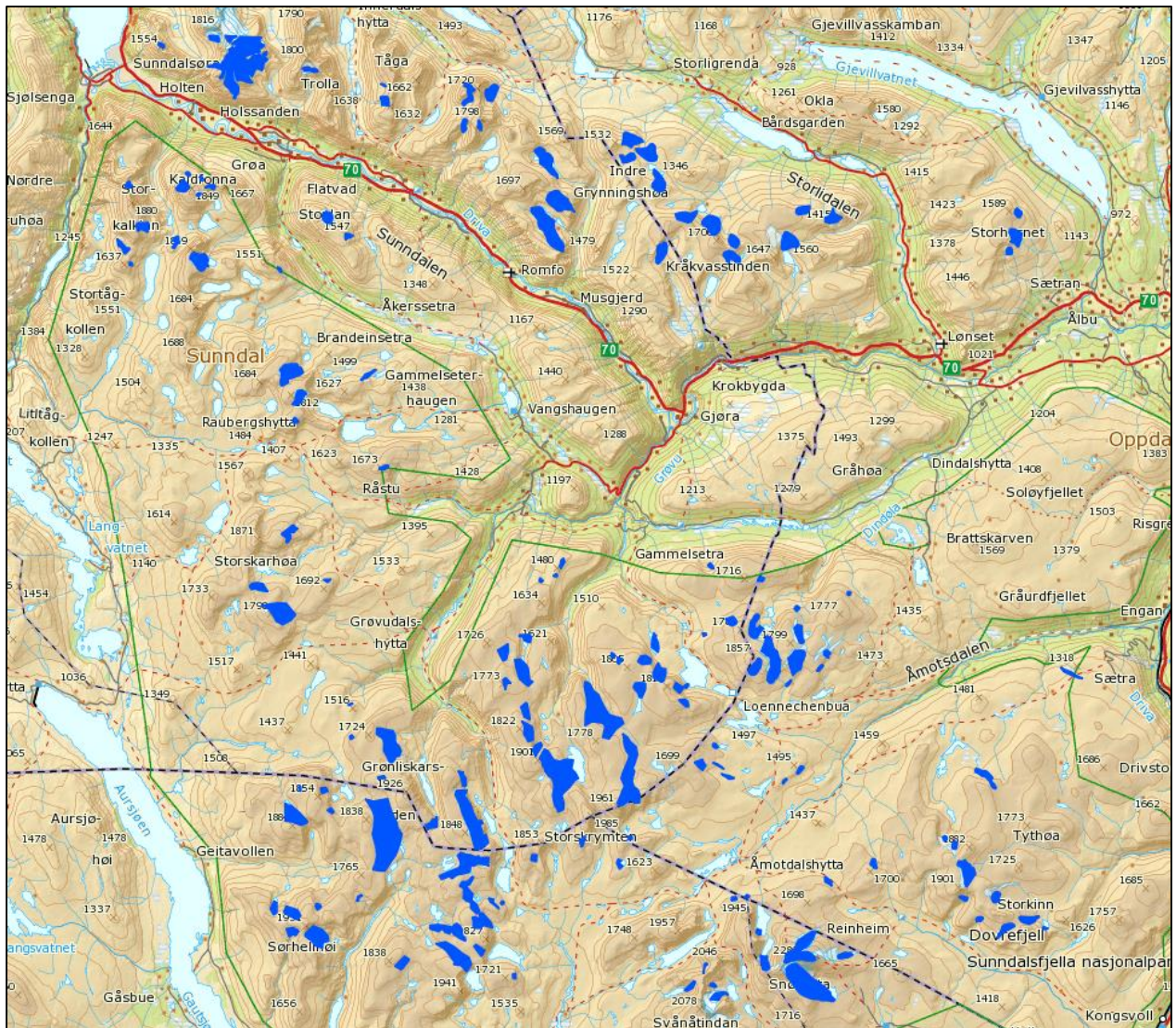
Hvilke endringer i isbrearealet finner vi når vi sammenligner kartdata fra 1880 med kartdata fra i dag?

Resultatet som kommer fra problemstillingen vil legges frem i form av kartbilder, tabeller og tekst. Jeg skal prøve å trekke resultatkapitlet opp mot teorien for å komme frem til hva forskningsetatene mener er årsaken til at isbreene smelter. Grunnen til at dette trekkes opp mot teori er for å se om min metode gir samme utslag som andre forskningsartikler.

Som jeg skrev i teoridelen er det stor enighet om at isbreene smelter, og det skjer raskt. Hva som er årsaken er det mer diskusjon om. Selv om det finnes isbreer som ikke går tilbake, men tvert imot vokser, er den gjennomgående trenden at breer over hele verden går tilbake (Kargel, et. al. 2014). Alle nyere kartdata brukt i resultatkapitlet er fra kartserien N50, som er den vanligste kartserien som brukes i dag.



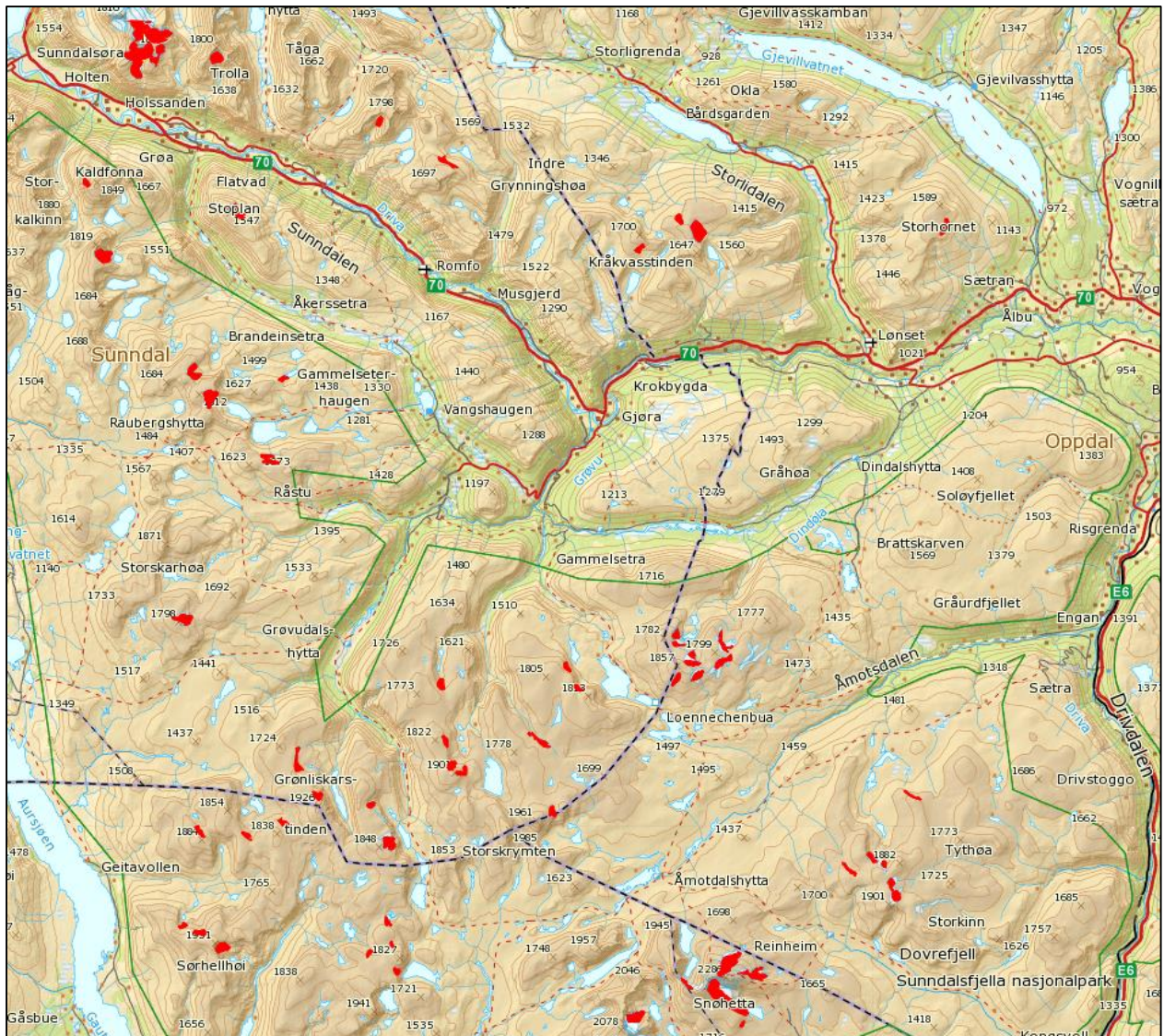
Figur 16: Bretunga til Vinnufonna om sommeren (Foto: Frode Nerland, 16.08.2009)



Figur 17: Isbreer slik de ble kartlagt i perioden 1879 – 1888. Det er de blå feltene som representerer isbreene.

Dette kartet er et oversiktsbilde av historiske breer fra 1880-tallet plassert på topografisk Norgeskart N50 (blå felt). Dette er alle breene som er registrert av de fire historiske kartene over fylkesgrensa til Møre og Romsdal, Oppland og Sør-Trøndelag. De historiske kartene er fjernet fra dette topografiske kartet, slik at man får et mer oversiktlig bilde av de historiske breene, slik at man enklere kan sammenligne breer fra 1880 og i dag.

På dette kartet er det totalt 150 isbreer, med et totalt areal på 48,27 km². Disse breene ligger innenfor de historiske kartene. Hvis vi ser på Vinnufonna som ligger øverst til venstre, er den kuttet rett av. Det samme er gjort med Vinnufonna fra i dag slik at det totale arealet skal blir reliabelt.



Figur 18: Isbreer slik de fremstår i kartdata for målestokk 1:50 000 i dag. De røde feltene representerer dagens isbreer slik de er kartlagt i N50 kartdata.

Dette kartet er et oversiktsbilde av dagens isbreer (røde felt). Vi ser at det er stor forskjell mellom kartene ovenfor. Her er det totalt 59 breer over samme område. Det totale arealet er 11,11 km². Det vil si at 91 isbreer har smeltet helt bort og resterende har minket betraktelig i størrelse. Breene som er synlige i dag utgjorde 36,63 km² av breene fra 1880.

På dette kartet ser vi at alle isbreene har minsket i størrelse, mange er helt borte, andre har smeltet betraktelig. Men siden 1880 har det også kommet noen nye isbreer. Det ligger to isbreer ved Råstu, som ikke vises på de historiske kartene.

Hvis vi ser på Vinnufonna og breene over Snøhetta, har de fremdeles et stort areal i dag. Andre breer er så små i dag at de har mistet sitt navn fra 1880, som for eksempel Eggebreen, som vil bli beskrevet senere i resultatkapitlet.

Her vil jeg gå nærmere på de 20 største isbreene som var i 1880 for å se endringene i brearealet har vært på 135 år.

Tabell 3: Oversikt over de 20 største breene fra 1880 og samme breer i dag. Tabellen viser tallene i kvadratmeter.

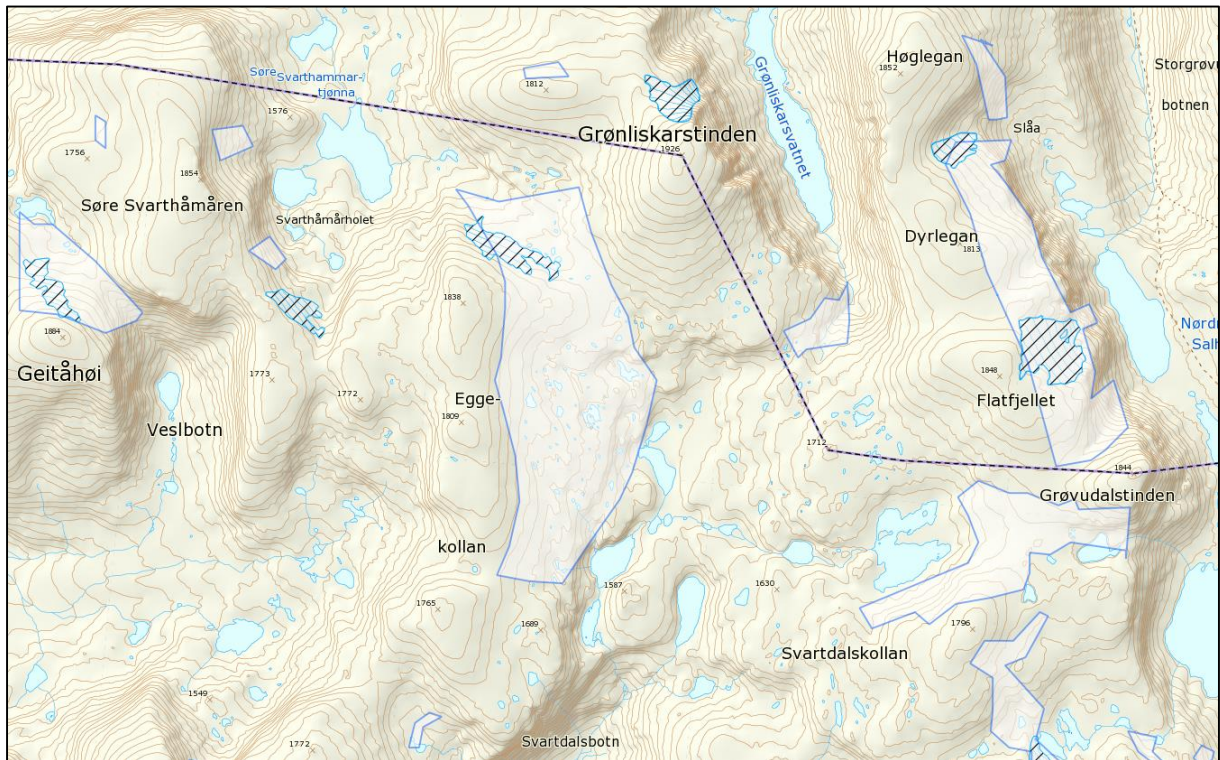
Brenavn	Navn på fjell	Areal km ² 1880	Areal km ² 2008 - 13	Endring areal	Endring %
Vinnufonna	Vinnufjellet	3,52	3,18	-0,34	- 9,7 %
Eggebreen	Eggekollen	3,44	0,15	-3,29	- 95,6 %
	Storkollen	2,38	0,12	-2,26	- 95,0 %
	Reppdalstangan	2,07	0,17	-1,90	- 91,8 %
	Snøhetta	2,00	0,96	-1,04	- 52,0 %
	Litlskrymten	1,74	0,11	-1,63	- 93,7 %
	Nordre Salhøstjønna	1,59	0,34	-1,25	- 78,6 %
	Klingkråket	1,29	0,00	-1,29	- 100,0 %
	Midtre Salhøstjønna	1,09	0,00	-1,09	- 100,0 %
	Snøhetta	1,04	0,54	-0,50	- 48,1 %
	Høgtunga	1,03	0,17	-0,86	- 83,5 %
	Skirådalskollen	1,02	0,34	-0,68	- 66,7 %
	Nordre Svarthammeren	0,92	0,27	-0,65	- 70,7 %
	Lågvasseggen	0,96	0,07	-0,89	- 92,7 %
	Klingkråket	0,77	0,00	-0,77	- 100,0 %
	Seterfjellet	0,70	0,24	-0,46	- 65,7 %
	Sørhellhøi	0,70	0,22	-0,48	- 68,6 %
	Geitåhøi	0,63	0,10	-0,53	- 84,1 %
	Snøfjellskollan	0,63	0,19	-0,44	- 69,8 %
	Kråkbotnen	0,62	0,13	-0,49	- 79,0 %
Totalt de 20 største breene		28,14	7,30	-20,84	-74,1 %
Totalt alle breer		48,27	11,11	-36,63	-75,9 %

Tabellen viser oss at 3 av de 20 største isbreene har forsvunnet helt, 5 isbreer har mistet mer enn 90 % av sitt areal siden 1880, og 9 breer har mistet mellom 60-80 % av brearealet. Av de 20 største er det Vinnufonna som har hatt minst reduksjon i areal. Det er vanskelig å si om når disse isbreene hadde sin topp i smeltingen, men hvis vi ser på Figur 10 i teorikapittelet for «klimaforandringer» ser vi en varmere periode på 1930-tallet i Norge. Dette var en periode som var varmere enn gjennomsnittet. Så dette var kanskje en periode hvor mange av isbreene mistet mye av sin masse.

Det totale arealet for de 20 største breene utgjør 28,14 km². Det vil si at de utgjorde over halvparten av det totale arealet (48,27 km²) til alle 150 isbreene. I dag utgjør de 7,30 km², som også er over halvparten av det totale arealet på 11,11 km² i dag.

I denne delen sammenlignes fire områder fra hvert kart for å se om det er forskjeller i utviklingen av isbreene med tanke på plassering. Disse fire presenteres i form av temakart og tabell.

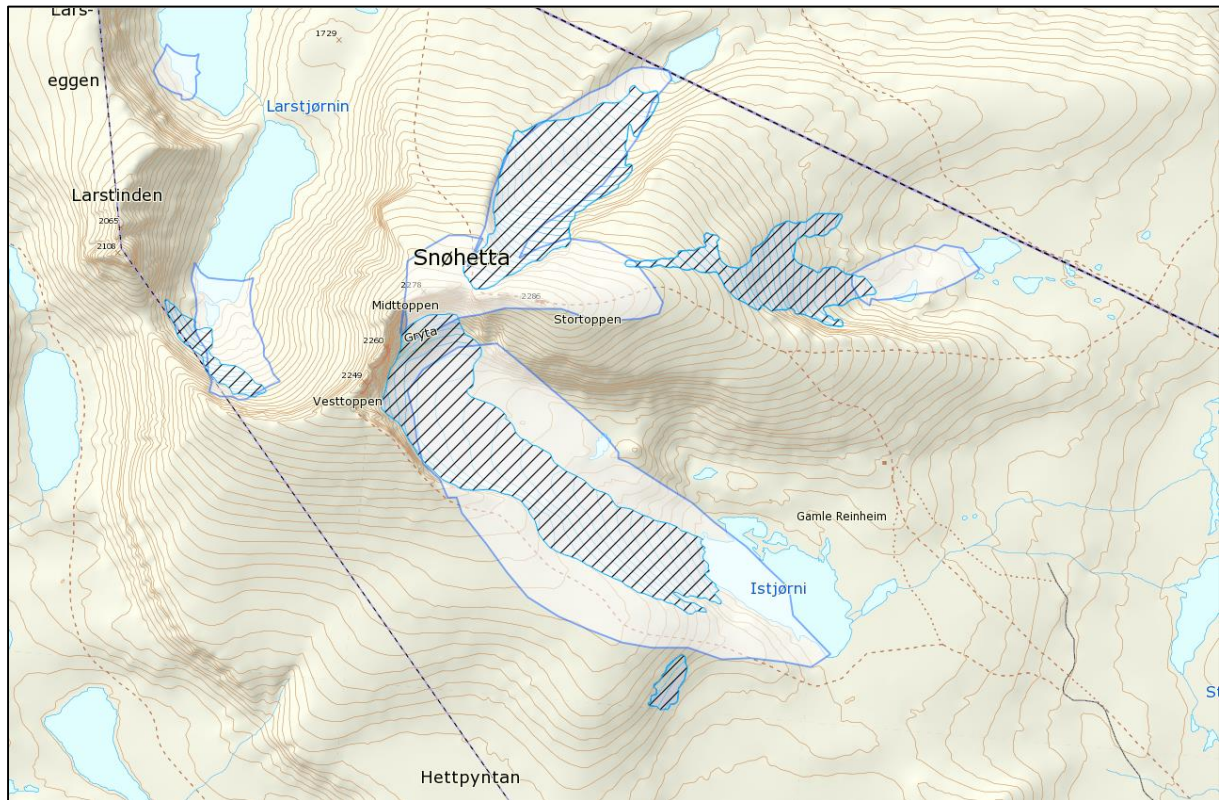
Eggebreen



Figur 19: Eggebreen og omkringliggende breer slik de ble kartlagt i 1879 (36D 12; 37C 9; 41B 4; 42A 1) og breene slik de fremstår i kartdata laget for målestokk 1:50 000 i dag.

Dette kartet viser Eggebreen som lå over Eggekollen (1838 m.o.h.). Denne breen var 3,4 km² i 1879 og lå som en kappe over området. I dag utgjør breen kun 0,15 km², og den har ikke lenger et navn i dag. Eggebreen var den nest største isbreen over dette området i 1879, kun Vinnufonna var større med kun 0,08 km² i forskjell. Eggebreen lå over et stort og åpent område, hvor fjellene rundt gir lite ly for vinden. Noen av fjellene har bratte partier, men disse ligger ikke nærme nok for at de skal gi ly til Eggebreen. Hvis vi ser på Eggebreen som er synlig i dag ligger den på det bratteste partiet på fjellet. Dette kan gi nok ly for vær og vind, slik at ikke hele breen har smeltet bort.

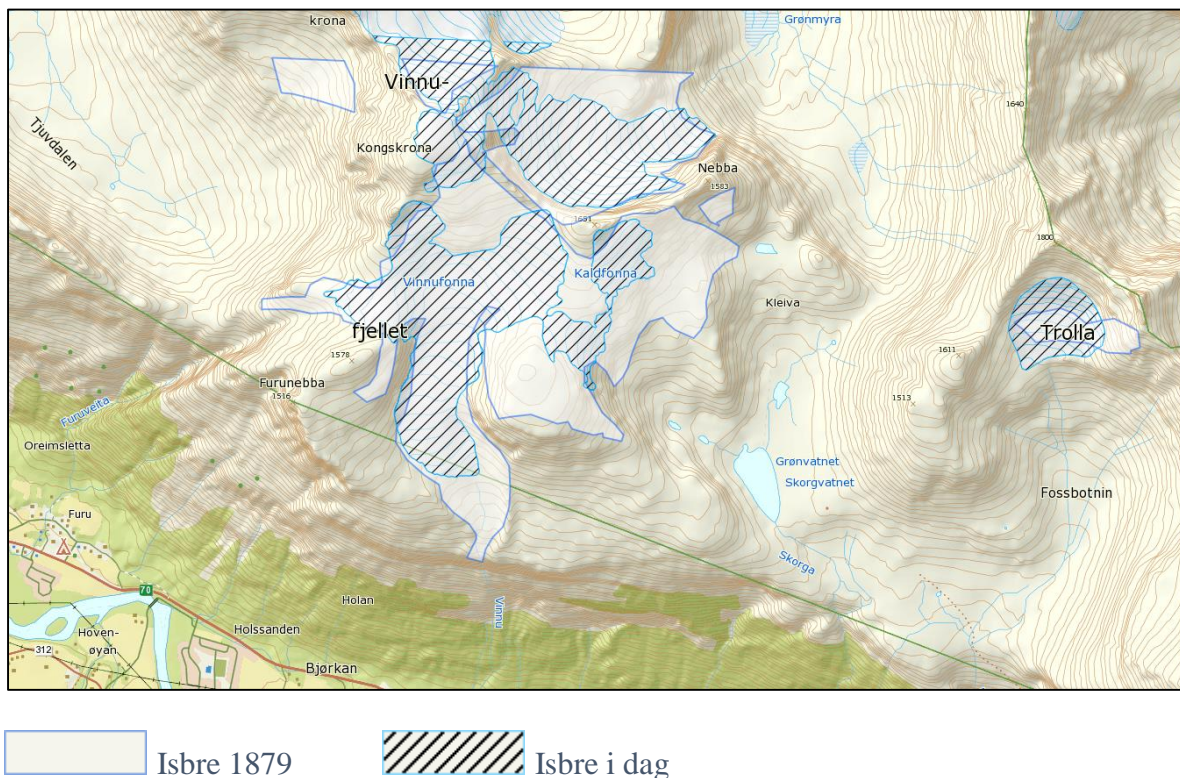
Snøhetta



Figur 20: Kartet viser isbreene over Snøhetta i Dovre kommune slik de ble kartlagt i 1880 (37C 10; 37C 11; 42A 2; 42A 3) og breene slik de fremstår i kartdata laget for målestokk 1:50 000 i dag.

Her er et temakart over isbreene på Snøhetta (2286 m.o.h.). Fremdeles den dag i dag er Snøhetta stor og er en attraktiv turistattraksjon. Men som man ser på kartet så har deler av breene minsket, mens andre har blitt større og til og med flyttet på seg. Dette er den såkalte isstrømmen, og er grunnlaget for at en isbre skal kalles en isbre, den må være i bevegelse. Dette er forskjellen mellom fonn og bre. Hvis vi ser på de to største isbreene har de et samlet areal på 3,04 km², og i dag har de et samlet areal på 1,5 km². Det vil si at de to største breene har smeltet med 50 % siden 1880. Den tredje isbreen, øverst til høyre har beveget på seg. Dette kan være at den store har delt seg, hvor deler av den har vokst sammen med den lille. Breene ligger på østsiden av fjellet Snøhetta som kan ligge i le for vinden som kommer fra vest og kysten. Det er mange bratte partier på dette fjellet, hvor snø kan samle seg opp.

Vinnufonna



Figur 21: Kartet viser isbreene på Vinnufjellet og omkringliggende breer slik de ble kartlagt i 1879 (41B 8; 41B 11; 41B 12) og breer slik de fremstår i kartdata laget for målestokk 1:50 000 i dag.

Dette oversiktskartet viser Vinnufonna som ligger på Vinnufjellet (1818 m.o.h.) i Sogndal kommune i Møre og Romsdal. På grunn av historiske kart er det kun registrert halve Vinnufonna fra 1880. Breen fra 1880 var 3,52 km², og i dag er den 3,18 km². Vinnufonna har smeltet ca. 9 % siden 1879, og har smeltet minst av alle 150 breene, og er den største som er igjen i dag.

Vinnufjellet ligger rett ved Sunndalsfjorden, men på grunn av at Vinnufonna ligger på østsiden av fjellet kan det ha en påvirkning at den kun har smeltet med 9 % siden 1879. Fjellene kan gi ly til fonna, ellers så kan fjellet påvirke vindene som tar med seg snø, slik at snøen faller til ro oppå fonna. Hvis vi ser på østsiden av Vinnufonna ser vi at bretunga har trukket seg tilbake betraktelig. Bretunga på Sørsiden fonna har også trukket seg tilbake, men ikke like mye sammenlignet med bretunga på østsiden.

Storhornet



Isbre 1888 Isbre i dag

Figur 22: Kart over isbreene på Storhornet slik de ble kartlagt i 1888 (Rektangel100_42a_1888), og breene slik de fremstår i kartdata laget for målestokk 1:50 000 i dag.

Fjellet Storhornet (1589 m.o.h.) ligger ikke så langt unna Oppdal. Storhornet hadde opprinnelig 3 isbreer, men har i dag kun 1 igjen. De to minste breene hadde et areal på 0,1 (øverste breen) og 0,08 i 1888. I dag har de smeltet helt bort. Den midterste breen derimot, hadde et areal på 0,34, og i dag er det minket til 0,13. Det vil si at den har smeltet 61,8 % på 127 år. Storhornet ligger lenger inn i landet, men siden dette er et slakt fjell med lite bratte partier ligger isbreene veldig åpent til, med tanke på at det er større kontinentalitet med mindre nedbør, men kaldere vintre. Snøen som faller her, vil ikke falle til ro, men blåse videre med vinden.

Breene ovenfor, som er presentert i temakart var på hvert eget historiske kart for å se om plasseringen hadde noe å si for utviklingen:

Navn på fjell	Brenavn	1879-88	2008-13	Endring i areal	Endring i %
Eggekollen	Eggebreen	3,44	0,15	3,29	-96,5 %
Vinnufjellet	Vinnufonna	3,52	3,18	0,34	-9,7 %
Storhornet		0,34	0,13	0,21	-61,8 %
Snøhetta		3,04	1,5	1,54	-51 %
Totalt:		10,34	4,96	5,38	-52 %

Tabell 4: Oversikt over arealet og endringer i arealet for de fire isbreene.

Som vi ser på tabellen er det svært variert hvordan utviklingen til disse fire isbreene har vært. Plassering har noe å si, men ikke geografisk plassering. Både Snøhetta og Vinnufonna ligger på toppene av fjellet, med mange bratte partier rundt. Dette kan være en årsak til at disse breene har holdt sin størrelse. Vinnufjellet er det fjellet som ligger lengst vest og har stor oseanitet i forhold til de andre breene og økte nedbørsmengder kan i større grad ha kompensert for økt temperatur. Eggebreen ligger i et åpent område, hvor det gir lite ly for vinden når vi ser på kartene. Storhornet ligger også på lesiden av fjellet, men dette er et slakt fjell, med få bratte partier, som gir lite ly for vind og vær.

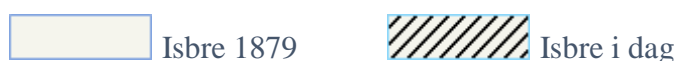
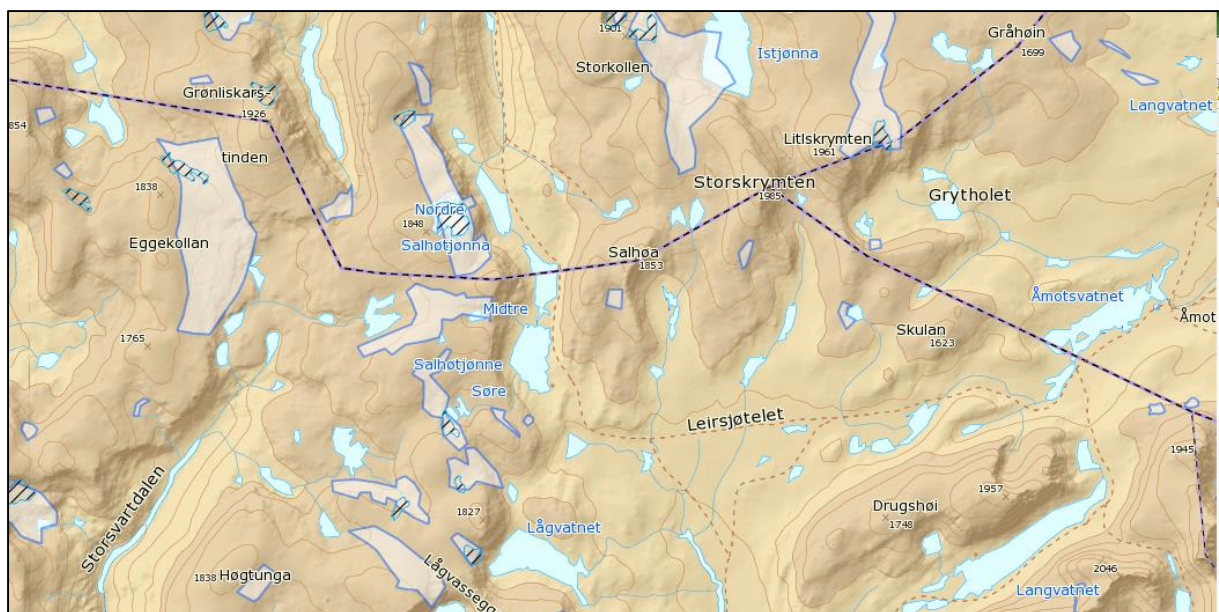
Om åpent område til Eggebreen og Storhornet er årsaken til at de har smeltet mest er vanskelig å si, men på grunn av utseende til fjellene vil jeg anta dette. Geografisk plassering er ikke årsaken fordi det er så variert med utviklingen for disse fire breene. Alle fire breene er på omtrent samme høyde over havet, med ca. 1800 m.o.h. Kun Snøhetta ligger over 2200 m.o.h vil jeg si at høyden har heller ingen påvirkning i utviklingen til disse breene.

Breer som kun inngår i kartdata fra i dag

Det er mange av isbreene fra 1880 som er borte i dag. Som nevnt tidligere har 91 isbreer smeltet helt på ca. 135 år. Hvis man ekskluderer de breene som ikke finnes lengre og ser kun på de gjenværende breene og deres størrelse i 1880, kan man eliminere områder som kan ha vært mulige snøfonner eller sein snøsmelting i 1880.

Det totale arealet for dagens breer er 11,11 km². De samme breene fra 1879-88 hadde et totalareal på 32,95 km². Det vil si at det er 15,32 km² (32 %) som kan ha vært snøfonn. Dette betyr at 34 % av 32,95 km² har smeltet på rundt 135 år.

På kartbildet under har jeg tatt med et område med mange små og store breer. Siden det kunne ta opp til 5 år å kartlegge et område er sannsynligheten for at det ble tegnet inn sen snøsmelting som en isbre er liten.



Figur 23: Kartet viser breer fra 1879-88 og dagens breer i området rundt Storskrymtén, vi ser også Eggebreen helt til venstre i kartet. Vi ser på kartet at to av breene som ikke finnes lenger i dag er så store at det er lite sannsynlig at disse er sen snøsmelting.

Noen isbreer har økt i areal:

Tabell 5: Breer som har økt i størrelse

Navn på fjell	1880	2015	Endring km ²	Endring i %
Søre Svarthåmåren	0,04	0,08	+0,04	+100 %
Grønlikarstinden	0,03	0,12	+0,09	+300 %
Trolla	0,11	0,22	+0,11	+100 %
Seterfjellet	0,25	0,32	+0,07	+28 %
Snøhetta	0,14	0,29	+0,15	+107,1 %
Svånåtindan	0,16	0,30	+0,14	+87,5 %
Lyftningskollen	0,03	0,09	+0,06	+200 %
Stoplan	0,21	0,23	+0,02	+9,5 %
Sum	0,97	1,65	+0,68	+70 %

Selv om det er noen som har økt i areal, har majoriteten smeltet. Det kan være flere årsaker til at disse har økt; vann drenerer inn i isbreen og fryser til is eller plassert i terrenget som gir ly for sol og sommertemperaturer. Alle disse breene er veldig små og må nærmest beregnes som fonner. Når det er snakk om så små breer/fonner, skal det små endringer til for å gi store utslag. 5 av breene ligger i vest. I så fall kan dette støtte opp under at det kan være en tendens at breene reduseres mindre i vest enn i øst.

Hvilke årsaker er det som gjør at breene smelter?

I Norge er 2692 km², eller 0,7 %, av landarealet dekket av bre og flerårig snø. Under «den lille istid» på 1800-tallet hadde isbreene en maksimumsstørrelse. Etter den tiden har de fleste isbreene trukket seg tilbake, hvor det var spesielt stor smelting på 1930-tallet.

Forskningsartikler fra teoretisk kapittel sier at det er kombinasjonen av naturlige årsaker og menneskelig aktivitet som er årsaken til at isbreene smelter de siste 100-150 årene, mens de siste 50 årene er menneskeskapt oppvarming over hele kloden, unntatt Antarktis. På grunn av menneskelig aktivitet har konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren økt, og dermed øker temperaturen. Mellom 1880-2012 har den globale gjennomsnittstemperaturen økt med 0,85°C, og siden 1951 har den økt med 0,6°C. Man ser godt at klimaet har en rask endring, hvor perioden mellom 1983 og 2012 har vært den varmeste 30-års perioden på 1400 år. Selv om det er små unntak, hvor noen isbreer er stabil eller øker, smelter majoriteten av isbreene globalt ifølge GLIMS-prosjektet.

Norges topografi påvirker klimaet, hvor det kan være store lokale forskjeller over korte avstander. Lufttemperaturen er også veldig variert, hvor landområder varmes opp og kjøles ned raskere sammenlignet med havområder. På grunn av varmere atmosfære har isbreene på Svalbard, Nord-Amerika og Europa smeltet betraktelig, og Grønland har større svingninger i isstrømmen. Dette kan være årsaken til at Vinnufonna og Snøhetta fremdeles er store den dag i dag, mens Eggebreen og isbreene over Storhornet er nesten borte.

Det er stor usikkerhet knyttet til iskappene på Grønland og Antarktis, med tanke på fremtidig havstigning og om klimagassene vil avta. Hvis den globale oppvarmingen forsetter gir det varmere hav og smeltende breer, som igjen gir en havnivåstigning mellom 50 og 110 cm de neste 100 årene. Klimaet på jorda er i stadig endring, det har det alltid vært, og varierer hele tiden. Det er mange fysiske og naturlige årsaker til endringer, men problemet nå er at de siste 30-40 årene endrer klimaet seg raskere enn det som er naturlig. Den globale klimaendringen som skjer nå, gir varmere luft og hav, CO₂-nivået øker i atmosfæren, havnivået stiger og snø og is smelter fortere enn noen gang. Temperatur, nedbør og sjøisutbredelse har store variasjoner fra år til år og tiår til tiår, hvor det skyldes naturlige variasjoner i klimasystemet. For 9000 år siden var det varmere enn det er i dag med ca. 1,5 – 2°C, men siden 1965 har temperaturen økt 0,4°C hvert tiår. Dette er på grunn av kombinasjonen mellom naturlige klimaendringer og menneskeskapte påvirkninger.

Er mine resultater pålitelige?

Jeg har benyttet kartprogrammet QGIS for å sammenligne gamle norske kart med kartdata fra slutten av 1800-tallet, med kartdata fra i dag for å finne endringer i isbrearealet over 135 år.

Jeg mener at min metode ved å sammenligne kartdata gir svar på min problemstilling, som er å vise endringer i isbrearealet. Resultatkapitlet viser hvor mye isbreene har smeltet over en periode på 135 år og om plassering har noe å si, hvor bruk av denne metoden bekrefter at isbreene smelter mer enn de vokser, når man ser over en lengre tidsperiode. Ved å benytte kartdataene og QGIS sammen, kan man belyse problemstillingen på en god og oversiktlig måte. QGIS var et hensiktsmessig verktøy til min bruk, og hadde den nødvendige funksjonalitet og var godt egnet. QGIS har den nødvendige funksjonalitet til å gjennomføre innpassing av gamle kart, for digitalisering av de historiske innholdet og for å sammenligne dem med nye data. Andre metoder som kan brukes for å svare på problemstillingen er å være i felten der isbreene ligger for å se på landskapet isbreene har formet når de trakk seg tilbake. Da kan man måle hvor mange meter de har trukket seg tilbake og eventuelt se på hva isbreene har gjort med området over tid. Metoden de brukte for å tegne kart var å bruke instrumenter som målebord og teodolitt. Siden det kunne ta opp til 5 år å tegne et kart over et område (*Kartverket.no, 2014*), vurderer jeg det slik at de gamle kartene faktisk representerer breareal og temmelig permanente fonner. Feltarbeidet var langt mer omfattende ved kartlegging enn nå, og dermed er det lite sannsynlig at omfanget av breene i de gamle kartene bare avspeiler én sen snøsmeltning.

Jeg antar at isbreenes størrelse er korrekte på de historiske kartene, fordi når man ser på innsjøer, fjell og fjorder er de i samme vinkel og størrelse som på kartdataen fra i dag. Man kan også se om størrelsen er riktig ved å se på sporene en isbre legger fra seg når den går frem og når den smelter. Etter lille istid på 1700-tallet var breene på sitt største. Når de begynte å trekke seg tilbake la de igjen sedimenter som ble lagt som en morene. Ved å studere morenene kan man se akkurat hvor stor isbreen en gang har vært. Det er kun på denne måten man kan se om de har tegnet inn riktig areal, så det kan tenkes at noen av isbreene har vært tegnet inn feil. Det er en sjanse man må ta. Det er også en liten sjanse for at det ble tegnet inn snøfokk som en isbre i de historiske kartene, men personene som tegnet visste godt hva en isbre var, fordi det ikke har vært et poeng å kartlegge snødekke som varierer fra år til år.

Når jeg gjorde et søk etter litteratur hvor samme metode har vært anvendt, fant jeg ingenting. Det eneste forskningsinstituttet som har kartlagt isbreer ved bruk av topografiske kart er

CICERO, men disse kartene er fra 60-tallet (*Andreassen, 2012*). Derfor vil jeg si at min kartlegging gir ny kunnskap på dette feltet, fordi det er ingen, så vidt jeg vet, som har benyttet seg av denne metoden før. Men det er viktig å vite at min metode vil ikke være reliabel før andre benytter seg av metoden og sammenligner mine funn med deres eget. Hvis det er samsvar med resultatene vil min metode være reliabel.

Jeg ser kun på to forskjellige tidsperioder, 1880-tallet og 2013. Jeg skulle gjerne hatt mer data fra mellomliggende perioder for å få et mer komplett bilde av utviklingen. Men på grunn av avgrensning av oppgaven valgte jeg kun å konsentrere meg om kartdata fra 1880. Analyse av data fra mellomliggende tidspunkt kan være en naturlig videreføring av oppgaven, fordi det finnes kartdata mellom 1880 og 2015. Det hadde også vært interessant å se isbreene før «den lille istid» for å se hvor mye de vokste. I teorikapittelet har jeg skrevet om global oppvarming og klimaendringer. På 1930-tallet var det en uvanlig varmere periode enn gjennomsnittet, og jeg vil anta at isbreene smeltet mer under denne perioden. Men siden jeg ikke har denne kartdataen med i oppgaven er dette kun noe jeg må anta og stole kun på teorien.

Andre kritiske funn i min metode er at jeg har kartlagt isbreene på de historiske kartene etter kun min tolkning. Siden det bare er en person som har gjort dette, kan det være noen feil som jeg ikke har fått med meg, selv om jeg har gått igjennom resultatene flere ganger. I tillegg til å se på flere tidsperioder ville det også vært svært interessant å kartlegge hele Norge ved å benytte denne metoden for å se om resultatene hadde blitt annerledes, da med tanke på geografisk plassering.

Jeg mener at mine funn er pålitelige fordi jeg bruker karttjenester som ikke kan endres. Det å sammenligne offentlige bilder mener jeg er pålitelig, fordi da kan hvem som helst sjekke bildene med mine funn for å se om jeg har begått feil eller ikke. Artikler i teoretisk bakgrunn bekrefter også mine funn, NVE, CICERO og GLIMS sier at breene smelter, det samme gjør artikkelen til Øberg og Kulmann om tregrensene, der den sier at ved varmere klima vil tregrensen stige. Tregrensen er like skjør som isbreene, og vil påvirkes av klimaendringer (*Øberg & Kullmann, 2011*). Dette gjør metoden for kartlegging av breareal ved bruk av kartdata reliabel.

Jeg stiller meg i utgangspunktet åpen om dette er en metode som kan være nyttig eller ikke. Et svar på dette får man bare når andre prøver ut metoden og sammenligner mine resultat med deres eget. Hvis metoden gir reliable data kan den brukes i andre modeller og øke vår kunnskap om utviklingen til breer og klimaforandringer.

Avslutning/konklusjon

Resultatet av sammenligningen av gamle kartdata fra 1879-88 med kartdata fra i dag viser:

- Det totale isbrearealet har blitt endret fra 48,27 km² til 11,11 km² – 75,9 %
- Antall isbreer har gått fra 150 til 59
- Kartleggingen av 20 største breene viser at utviklingen er omtrent den samme for dem so for alle breene som helhet.
 - o Tre av de største breene har forsvunnet helt, 5 breer har fått redusert arealet med 90 %, men Vinnufonna er et unntak, hvor arealet har redusert med kun 9,7 %.
- 8 breer har vokst fra 0,97 km² til 1,65 km² totalt
- Av de breene som vises i dag hadde de et totalareal på 32,95 km² i 1879-88, der det gjenstår i dag 11,11 km². Det vil si at på 135 år, har de gjenværende 59 breene mistet et totalareal på 34 %.

Det er ikke et ukjent fenomen at isbreene smelter. Det jeg ikke visste derimot var at det var så mange (91 stk.) av isbreene som hadde smeltet helt bort. Rapporter fra mange individuelle isbreer fra alle kontinent bekrefter også mine resultater. Når man bruker metoden jeg har valgt kan man se langtidsutviklingen til isbreene. For å se langtidsutviklingen til breer må de studeres over flere år, fordi en isbre øker og minsker hele tiden. Isbreene er sett på fra et globalt perspektiv konstaterer også at smeltingen er global, der årsaken til at breene går tilbake er lufttemperaturen som stiger på grunn av naturlige svingninger i klimaet kombinert med menneskeskapte klimapådriv (*Kargel, et.al, 2014*). Dette er langtidstrenden de siste 100-150 år, men de siste 50 årene er det menneskeskapte klimaendringer som er hovedårsaken til temperaturøkningen, og dermed endringer i isbrearealet, der den globale gjennomsnittstemperaturen har økt med 0,6°C siden 1951 ifølge den siste rapporten fra IPCC. De siste 1400 årene har den varmeste perioden vært mellom 1983-2012.

Gjennomsnittstemperaturen for Norge har mange svingninger, men trenden er at temperaturen har gått over normalen siden 1990 (*Hanssen-Bauer, et.al. 2009 & Norsk Polarinstitut, 2014*).

Hvordan en isbre reagerer på klimaforandringer inneholder en rekke komplekse prosesser.

Den største faktoren som påvirker isbreene er lufttemperatur fra de atmosfæriske kondisjonene, fordi det er relatert til radiasjonsbalansen, varmeutveksling og kontroll på fuktighet/tørighet i lufta. Nye (1960), Meier (1984) og Kargel, et.al (2014) har sett på Jotunheimen, der breene har mistet 40 % av sin lengde og 25 % av arealet mellom lille istid

og 1930-tallet. Selv om det finnes unntak der noen isbreer vokser eller forblir stabil vil ikke det ha noe å si for det globale perspektivet.

For å videreføre denne oppgaven ville jeg sett på mellomliggende perioder og perioder før 1880 og lille istid. I teoretisk kapittel skrev jeg om global oppvarming, og den uvanlige varme perioden på 1930-tallet. Det hadde vært interessant å se hvor mye breareal som hadde forsvunnet mellom 1880 – 1930 – 1980 – 2015. Da kan man få en klar indikasjon på menneskeskapte klimaendringer hvis isbreene smeltet mer nærmere 2015 enn 1880. Da kan man også sammenligne smeltingen med økningen av klimagasser i atmosfæren for å se om klimagassene har en direkte påvirkning på isbreene. Når en bre trekker seg tilbake kan det gi store konsekvenser til elveløp som gir ferskvann til millioner av mennesker, planter og dyr, vannforsyningen til jordbruk, danning av morenedemte innsjøer som kan føre til oversvømmelser hvis de sprekker. Det mest kritiske med smelting av isbreer er hvis Grønland og Antarktis smelter, der det globale havnivået kan stige over 62 meter (*Nesje, 2006*). Siden kart oppdateres hele tiden, kan en senere undersøkelse om 10 år gi et annet resultat der trenden for smeltingen kan være annerledes. Hvis klimaet følger den samme syklusen den har gjort de siste 2 millioner år vil jorda gå inn i en ny istid. Syklusen til klimaet er at det er istid i 100 000 år og isfritt i 10 000 år. Vi er nå på slutten av denne 10 000 års perioden. Så hvem vet, om 100 år kan isbreene legge på seg igjen, eller har den globale oppvarmingen gått for langt at det ikke er noen vei tilbake?

Når jeg ser på resultatet for denne bacheloren, ser jeg at det er de store isbreene som har smeltet mest. Mange av de små breene er borte, men det er 8 små breer som har vokst. Hvorfor de store har smeltet, og ikke de små ville vært svært interessant å forske på. Hvorfor er de mindre breene mer hardføre enn de store?

Som sagt tidligere vil denne metoden først være reliabel når andre benytter seg av metode og sammenligner mine resultat med sine. Jeg har lyst til å prøve ut denne metoden igjen, men det først om noen år. Da kan jeg se om den samme trenden fortsetter eller om det har blitt andre endringer i isbrearealet. Da kan jeg sammenligne mine nåværende funn med funnene om noen år.

Referanser

- Andreassen, L.M. (2012). Norske breer kartlagt. Klima – Norsk magasin for klimaforskning. CICERO. Lest 19.02.2015, url: <http://www.cicero.uio.no/Klima/12/6/Klima12-06.pdf>
- Benn, D.I. & Evans, D.J.A (2010). *Glaciers & Glaciation*. 2. utgave. Routledge
- Helseth, Sølvi (udatert). *Innføring i kvalitativ/kvantitativ metode*. HiO. Lest 09.02.2015, url: www.su.hio.no/sufag/forelesninger/kval_kvant.ppt
- Hanssen-Bauer, Drengé, Førland, Roald, Børsheim, Hisdal, Lawrence, Nesje, Sandven, Sorteberg, Sundby, Vasskog & Ålandsvik (2009). *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*. Norsk klimasenter. Lest 13.03.2015, url: <file:///C:/Users/Elizabeth/Desktop/BACHELOR/Hanssen-Bauer%20et%20al%202009%20-%20Klima%20i%20Norge%202100.pdf>
- Helsebibloteket.no (21.08.2009) Norske begreper og definisjoner. Lest 21.04.2015, url: <http://www.helsebibloteket.no/kvalitetsforbedring/kvalitetsm%C3%A5ling/begreper-og-definisjoner#>
- Hint.no (udatert). *Geografi. Årsstudium*. Lest 19.02.2015, url: http://www.hint.no/studietilbud/?S_OBJECTID=ABAAAAAEWTZY
- Holand, I., Markhus, G. & Ystad, D. (2007) *Kartlære – tekster til faget Kartlære ved Høgskolen i Nord-Trøndelag*. Lest 23.01.2015, url: <http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/146148/Kompendium%20i%20kartl%C3%83%C2%A6re%20per%202007-09-20.pdf?sequence=1>
- Kargel, S.J., Gregory, J., Leonard, J.G., Bishop, M.Pm, Kääh, A. & B.H. Raup (2014). *Global Land Ice Measurements from Space*. Lest 19.01.2014, url: <http://www.mn.uio.no/geo/forskning/aktuelt/aktuelle-saker/2014/glaciers-glims-2014.pdf>
- Kartverket.no (udatert). *Hva er et kart?* Lest 22.01.2015, url: <http://www.statkart.no/Kunnskap/Kart-og-kartlegging/Hva-er-kart/>
- Kartverket.no (12.11.2014). Kartlegging til lands gjennom tidene. Lest 24.04.2015 18.02.201, url: <http://www.kartverket.no/Kunnskap/Historie/Landkartlegging-gjennom-tidene/>
- Kartverket.no (12.11.2014). *Kartverkets historiske arkiv*. Lest 23.02.2015, url: <http://www.kartverket.no/Kunnskap/Historie/Kartverkets-historiske-arkiv/>
- Myrvold, Magne (2012). *Svartisen*. Forlag: EDBilde
- Naturperler.com (udatert). *Dovre fjell-Sunndalsfjella nasjonalpark*. Lest 30.01.2015, url: <http://naturperler.com/default.asp?pageid=5600>
- Nesje, Atle (30.05.2006). *Isbreene smelter – havnivået stiger*. CICERO. Lest 17.02.2015, url: <http://www.cicero.uio.no/fulltext/index.aspx?id=4182>
- Nesje, Atle (2012). *Brelære*. 2. utgave. Høyskoleforlaget. Lest 29.01.2015, url: http://mimisbrunnr.no/wp-content/uploads/2013/08/6-2013_Forskjellen_paa_bre_og_fonn.pdf
- Nilsen, J. E. Ø. (2012). Nytt fra havstigningsfronten. Klima – Norsk magasin for klimaforskning. CICERO. Lest 19.02.2015, url: <http://www.cicero.uio.no/Klima/12/6/Klima12-06.pdf>
- Norsk Polarinstiutt (04.04.2014). *Globale klimaendringer: status og framtid*. Lest 20.01.2012, url: <http://www.npolar.no/no/tema/klima/klimaendringer/globale-klimaendringer/status-framtid.html>
- NVE (01.12.2014). *Bre*. Lest 14.01.2015, url: <http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Hydrologi/Bre/>
- NVE: Glasiologiske undersøkelser i Norge:
- Østrem G. & Liestøl O. (1964). *Glasiologiske undersøkelser i Norge, 1963*. Meddelelse nr. 4 fra Den Hydrologiske Avdeling, NVE. Lest 15.01.2015, url: http://www.nve.no/Global/Vann%20og%20vassdrag/Hydrologi/Bre/Nedlastinger/1963_meddelese1964_04.pdf
 - Liestøl, O., Messel, S. & Tvede, A.M. (1975). *Glasiologiske undersøkelser i Norge 1973*. Rapport nr. 1-75. Vassdragsdirektoratet. Hydrologiske avdeling. Lest 30.01.2015, url: http://www.nve.no/Global/Vann%20og%20vassdrag/Hydrologi/Bre/Nedlastinger/1973%20rapport1975_01.pdf
 - Roland, E. & Haakensen, N. (1986). *Glasiologiske undersøkelser i Norge 1983*. Rapport nr. 1-86. Vassdragsdirektoratet. Hydrologisk avdeling. Lest 30.01.2015, url: http://webby.nve.no/publikasjoner/rapport/1986/rapport1986_01.pdf

- Elvehøy, H., Haakensen, N., Kenneth, M., Kjølmoen, B., Kohler, J., Laumann, T., Wold, B. & Østrem, G. (1995). *Glasiologiske undersøkelser i Norge 1992 og 1993*. Hydrologiske avdeling. Lest 30.01.2015, url: http://webby.nve.no/publikasjoner/publikasjon/1995/publikasjon1995_08.pdf
- Andreassen, L.M., Engeset, R.V., Elvehøy, H., Jackson, M. & Kjølmoen, B. (2004). *Glasiologiske undersøkelser i Norge 2003*. NVE. Lest 30.01.2015, url: http://webby.nve.no/publikasjoner/report/2004/report2004_04.pdf
- Andreassen, L.M., Elvehøy, H., Jackson, M., Kjølmoen, B. & Giesen, R.H. (2011). *Glasiologiske undersøkelser i Norge 2010*. NVE. Lest 30.01.2015, url: http://webby.nve.no/publikasjoner/report/2011/report2011_03.pdf

Ringdal, K. (2013). *Enhet og mangfold. Samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode*, 3. utgave. Fagbokforlaget

Rød, Jan Ketil (2009). *Verktøy for å beskrive verden. Statistikk, kart og bilder*. Tapir akademisk forlag.

Rønning, A (27.01.2011). *Små breer vil smelte*. Lest 17.02.2011, url: <http://forskning.no/klima-miljoovervakning-geofag-polarforskning-vaer-og-vind/2011/01/sma-breer-vil-smelte>

Sander, Kjetil (28.02.2014). *Metodetriangulering*. Lest 09.02.2015, url: <http://kunnskapssenteret.com/metodetriangulering/>

Sander, Kjetil (10.04.2014). *Hva er et forskningsdesign, og hvordan velge riktig forskningsdesign?* Lest 13.01.2015, url: <http://kunnskapssenteret.com/hva-er-forskningsdesign/>

Skolediskusjon.no (udatert). *Bildeanalyse*. Lest 12.02.2015, url: <http://skolediskusjon.no/kompendier/norsk/bildeanalyse>

Statkart.no (12.11.2014). *Kartverkets historiske arkiv*. Lest 14.01.2015, url: <http://www.statkart.no/Kunnskap/Historie/Kartverkets-historiske-arkiv/>

Tenge, G. (27.09.2005). *Hva er digitale kart?* Lest 18.02.2015, url: http://www.tenge.no/bilder_filer/Hva%20er%20digitale%20kart.pdf

Thagaard, Tove (2013). *Systematikk og innlevelse – en innføring i kvalitativ metode*. 4. utgave. Fagbokforlaget.

Tørdal, Ragna M. (udatert). *Bildeanalyse*. Lest 12.02.2015, url: <http://ndla.no/nb/node/112321>

Universitet i Oslo og Akershus (2002). *4.0 Metode*. Lest 13.02.2015, url: http://home.hio.no/~kjellaug/studentprosjekt/klasseA_2002/kap4.htm

Wikipedia.org (3.02.2015). *Norge*. Lest 19.02.2015, url: <http://no.wikipedia.org/wiki/Norge>

Øberg, L & Kullmann, L (2011). *Recent Glacier Recession - a New Source of Postglacial Treeline and Climate History in the Swedish Scandes*. Mid Sweden University/Umeå University. Hentet 01.05.2015, url: http://www.landscapeonline.de/archive/2011/26/Oeberg_Kullman_LO26_2011.pdf

Wikipedia.org (04.02.2015). *QGIS*. Lest 17.02.2015, url: <http://en.wikipedia.org/wiki/QGIS>

Bilder:

Nerland, F (16.08.2009). *Fjellet i bilder*. Hentet 24.03.2015, url:

<http://fjelletbilder.no/keywords/Vinnufonna/picture6098.html>

Kartverket.no (03.09.2014). *Kartografiens utvikling*. Hentet 09.02.15, url:

<http://www.kartverket.no/Kunnskap/Historie/Landkartlegging-gjennom-tidene/Kartografiens-utvikling/>

NVE (2015). *Storbreen – 2636*. Hentet 30.01.2015, url:

<http://glacier.nve.no/viewer/GPP/no/nve/GlacierPictureInfo/2636>

Norgeskart.no. Kartutsnitt 09.02.2015:

<http://norgeskart.no/?sok=jotunheimen#10/154323/6820242/+hits>

Wikipedia. No (2014). *Isbre*. Hentet 30.01.2015, url: <http://no.wikipedia.org/wiki/Isbre>

Vedlegg

Tabell 2: Tabellen viser alle registrerte breer fra historiske kart og dagens breer fra samme område. Ikke alle dagens breer er med i denne tabellen. Det er 6 breer som vises i dag, men ikke i 1880, disse er da ikke tatt med i tabellen. Det er også flere breer som har delt seg pga. smelting, disse breene er lagt sammen i forhold til breen i 1880.

ID	Navn på rektangelkart	NAVNFIJELL	NAVN	Areal km ² 1880	Areal km ² N50 kartdata	Endring i areal	Endring i %
1	37c-10_1880	Snøhetta		2	0,95	-1,05	-52,5 %
2	36d-12_1879	Storskarhøa		0,25	0	-0,25	-100,0 %
3	36d-12_1879	Håkodalsløa		0,25	0	-0,25	-100,0 %
4	36d-12_1879	Nordre Svarthammeren		0,92	0,27	-0,65	-70,7 %
5	36d-12_1879	Langtjønna		0,01	0	-0,01	-100,0 %
6	36d-12_1879	Glupskaret		0,02	0	-0,02	-100,0 %
7	36d-12_1879	Geitåhøi		0,63	0,09	-0,54	-85,7 %
8	36d-12_1879	Høgtunga		1,03	0,16	-0,87	-84,5 %
9	36d-12_1879	Kvithådalshøa		0,06	0	-0,06	-100,0 %
10	36d-12_1879	Kvitådalshøa		0,01	0	-0,01	-100,0 %
11	36d-12_1879	Kvitådalshøa		0,02	0	-0,02	-100,0 %
12	36d-12_1879	Nonsfjellkollen		0,13	0	-0,13	-100,0 %
13	36d-12_1879	Høgtunga		0,02	0	-0,02	-100,0 %
14	36d-12_1879	Søre Svarthåmåren		0,02	0	-0,02	-100,0 %
15	36d-12_1879	Søre Svarthåmåren		0,04	0,08	+0,04	+100,0 %
16	36d-12_1879	Søre Svarthåmåren		0,06	0	-0,06	-100,0 %
17	36d-12_1879	Grønlikarstinden		0,03	0,12	+0,09	+300,0 %
18	36d-12_1879	Nonsfjellkollen		0,24	0	-0,24	-100,0 %
19	36d-12_1879	Raudbekkjekollen		0,08	0	-0,08	-100,0 %
20	36d-12_1879	Raudbekkjekollen		0,2	0	-0,2	-100,0 %
21	36d-12_1879	Raudbekkjekollen		0,31	0,09	-0,22	-71,0 %
22	36d-12_1879	Storkollen		0,16	0,13	-0,03	-18,8 %
23	36d-12_1879	Nonsfjellkollen		0,58	0,13	-0,45	-77,6 %
24	36d-12_1879	Høgtangan		0,03	0	-0,03	-100,0 %
25	36d-12_1879	Høgtangan		0,05	0	-0,05	-100,0 %
26	36d-12_1879	Høgtangan		0,2	0,08	-0,12	-60,0 %
27	36d-12_1879	Gråhøsteinslægda		0,36	0,07	-0,29	-80,6 %
28	36d-12_1879	Høgtangan		0,28	0	-0,28	-100,0 %
29	36d-12_1879	Gråhøsteinslægda		0,12	0	-0,12	-100,0 %
30	36d-12_1879	Storvatnet		0,02	0	-0,02	-100,0 %
31	36d-12_1879	Reppdalstangan		2,07	0,16	-1,91	-92,3 %
32	36d-12_1879	Litlskrymtan		1,73	0,11	-1,62	-93,6 %

33	36d-12_1879	Storkollen		2,38	0,12	-2,26	-95,0 %
34	36d-12_1879	Skirådalen		0,19	0	-0,19	-100,0 %
35	36d-12_1879	Slettjellet		0,02	0	-0,02	-100,0 %
36	36d-12_1879	Blåfjellet		0,04	0	-0,04	-100,0 %
37	36d-12_1879	Storvatnet		0,1	0	-0,1	-100,0 %
38	36d-12_1879	Gråhøin		0,15	0	-0,15	-100,0 %
39	36d-12_1879	Nordre Salhøtjønna		0,13	0	-0,13	-100,0 %
40	36d-12_1879	Grønlikaret		0,18	0	-0,18	-100,0 %
41	36d-12_1879	Eggekkollen	Eggebreen	3,43	0,14	-3,29	-95,9 %
42	36d-12_1879	Svartdalsbotn		0,03	0	-0,03	-100,0 %
43	36d-12_1879	Sørhellhøi		0,05	0	-0,05	-100,0 %
44	36d-12_1879	Geitådalsbrun		0,13	0,06	-0,07	-53,8 %
45	36d-12_1879	Geitådalsbrun		0,29	0,11	-0,18	-62,1 %
46	36d-12_1879	Skuggen		0,15	0	-0,15	-100,0 %
47	36d-12_1879	Sørhellhøi		0,69	0,21	-0,48	-69,6 %
48	36d-12_1879	Høgtunga		0,2	0	-0,2	-100,0 %
49	36d-12_1879	Lågvasseggen		0,85	0	-0,85	-100,0 %
50	36d-12_1879	Lågvasseggen		0,03	0	-0,03	-100,0 %
51	36d-12_1879	Lågvasseggen		0,13	0,07	-0,06	-46,2 %
52	36d-12_1879	Lågvasstinden		0,56	0,05	-0,51	-91,1 %
53	36d-12_1879	Lågvasstinden		0,43	0,03	-0,4	-93,0 %
54	36d-12_1879	Søre Salhøtjønne		0,53	0,07	-0,46	-86,8 %
55	36d-12_1879	Lågvasstinden		0,05	0	-0,05	-100,0 %
56	36d-12_1879	Lågvasstinden		0,02	0	-0,02	-100,0 %
57	36d-12_1879	Midtre Salhøtjønna		1,08	0	-1,08	-100,0 %
58	36d-12_1879	Salhøa		0,07	0	-0,07	-100,0 %
59	36d-12_1879	Nordre Salhøtjønna		1,59	0,33	-1,26	-79,2 %
60	36d-12_1879	Storskrymtan		0,06	0	-0,06	-100,0 %
61	36d-12_1879	Skulan		0,06	0	-0,06	-100,0 %
62	36d-12_1879	Svånåtindan		0,1	0	-0,1	-100,0 %
63	36d-12_1879	Skuleggen		0,03	0	-0,03	-100,0 %
64	41b-8_1879	Vinnufjellet	Vinnufonna	0,11	0	-0,11	-100,0 %
65	41b-8_1879	Vinnufjellet	Vinnufonna	3,52	2,29	-1,23	-34,9 %
68	41b-8_1879	Vinnufjellet	Vinnufonna	0,02	0	-0,02	-100,0 %
69	41b-8_1879	Trolla		0,11	0,22	+0,11	+100,0 %
70	41b-8_1879	Såtbakkollen		0,01	0	-0,01	-100,0 %
71	41b-8_1879	Såtbakkollen		0,15	0	-0,15	-100,0 %
72	41b-8_1879	Storsomrungnebba		0,26	0	-0,26	-100,0 %
73	41b-8_1879	Storsomrungnebba		0,32	0	-0,32	-100,0 %
74	41b-8_1879	Storsomrungnebba		0,05	0	-0,05	-100,0 %
75	41b-8_1879	Storsomrungnebba		0,12	0,09	-0,03	-25,0 %

76	41b-8_1879	Kvannbottn		0,09	0,06	-0,03	-33,3 %
77	41b-8_1879	Råstu		0,05	0	-0,05	-100,0 %
78	41b-8_1879	Seterfjellet		0,05	0	-0,05	-100,0 %
79	41b-8_1879	Seterfjellet		0,25	0,32	+0,07	+28,0 %
80	41b-8_1879	Seterfjellet		0,7	0,24	-0,46	-65,7 %
81	41b-8_1879	Serkjenebba		0,02	0	-0,02	-100,0 %
82	41b-8_1879	Stoplan		0,07	0	-0,07	-100,0 %
83	41b-8_1879	Stoplan		0,21	0,23	+0,02	+9,5 %
84	41b-8_1879	Kaldfonna		0,06	0	-0,06	-100,0 %
85	41b-8_1879	Kaldfonna		0,02	0	-0,02	-100,0 %
86	41b-8_1879	Kaldfonna		0,02	0	-0,02	-100,0 %
87	41b-8_1879	Kaldfonna		0,23	0,08	-0,15	-65,2 %
88	41b-8_1879	Kaldfonna		0,03	0	-0,03	-100,0 %
89	41b-8_1879	Tårnet		0,1	0	-0,1	-100,0 %
90	41b-8_1879	Dordinakkan		0,5	0,34	-0,16	-32,0 %
91	41b-8_1879	Tågvatna		0,02	0	-0,02	-100,0 %
92	41b-8_1879	Tågvatna		0,15	0	-0,15	-100,0 %
93	41b-8_1879	Storkalkin		0,21	0	-0,21	-100,0 %
94	41b-8_1879	Øygarden		0,07	0	-0,07	-100,0 %
95	41b-8_1879	Vinnufonna	Vinnufonna	0,04	0	-0,04	-100,0 %
96	42a_1888	Kråkbotnen		0,61	0,12	-0,49	-80,3 %
97	42a_1888	Klingkråket		0,77	0	-0,77	-100,0 %
98	42a_1888	Klingkråket		1,28	0	-1,28	-100,0 %
99	42a_1888	Nonshøa		0,42	0	-0,42	-100,0 %
100	42a_1888	Nonshøa		0,5	0	-0,5	-100,0 %
101	42a_1888	Nonshøa		0,21	0	-0,21	-100,0 %
102	42a_1888	Indre Gynningshøa		0,42	0	-0,42	-100,0 %
103	42a_1888	Svartdalskollen		0,37	0	-0,37	-100,0 %
104	42a_1888	Svartdalskollen		0,36	0	-0,36	-100,0 %
105	42a_1888	Kråkvasstinden		0,56	0	-0,56	-100,0 %
106	42a_1888	Kråkvasstinden		0,22	0	-0,22	-100,0 %
107	42a_1888	Kråkvasstinden		0,29	0,09	-0,2	-69,0 %
108	42a_1888	Sandåfjellet		0,5	0,43	-0,07	-14,0 %
109	42a_1888	Storhaugen		0,21	0	-0,21	-100,0 %
110	42a_1888	Storhaugen		0,28	0	-0,28	-100,0 %
111	42a_1888	Gruva		0,1	0	-0,1	-100,0 %
112	42a_1888	Storhornet		0,34	0,13	-0,21	-61,8 %
113	42a_1888	Omnråa		0,08	0	-0,08	-100,0 %
114	37c-10_1880	Skirådalskollen		0,29	0,11	-0,18	-62,1 %
115	37c-10_1880	Skirådalskollen		1,01	0,34	-0,67	-66,3 %
116	37c-10_1880	Snøfjellsollan		0,62	0,19	-0,43	-69,4 %

117	37c-10_1880	Snøfjellskollan		0,03	0	-0,03	-100,0 %
118	37c-10_1880	Snøfjellskollan		0,04	0	-0,04	-100,0 %
119	37c-10_1880	Snøfjellskollan		0,07	0	-0,07	-100,0 %
120	37c-10_1880	Snøfjellskollan		0,25	0,14	-0,11	-44,0 %
121	37c-10_1880	Steinkollen		0,39	0,16	-0,23	-59,0 %
122	37c-10_1880	Steinslægda		0,15	0	-0,15	-100,0 %
123	37c-10_1880	Svartdalen		0,04	0	-0,04	-100,0 %
124	37c-10_1880	Blåfjellet		0,05	0	-0,05	-100,0 %
125	37c-10_1880	Svartdalskollen		0,02	0	-0,02	-100,0 %
126	37c-10_1880	Tjønngluptjønna		0,26	0,07	-0,19	-73,1 %
127	37c-10_1880	Lyftningfonnkollen		0,03	0,09	+0,06	+200 %
128	37c-10_1880	Namnlauskollen		0,07	0,05	-0,02	-28,6 %
129	37c-10_1880	Storbrean		0,53	0,26	-0,27	-50,9 %
130	37c-10_1880	Gravhøa		0,1	0	-0,1	-100,0 %
131	37c-10_1880	Larstinden		0,22	0,07	-0,15	-68,2 %
132	37c-10_1880	Styggedalen		0,06	0	-0,06	-100,0 %
133	37c-10_1880	Storkinn		0,06	0	-0,06	-100,0 %
134	37c-10_1880	Storkinn		0,16	0	-0,16	-100,0 %
135	37c-10_1880	Storkinn		0,24	0	-0,24	-100,0 %
136	37c-10_1880	Storkinn		0,02	0	-0,02	-100,0 %
137	37c-10_1880	Storkinn		0,19	0	-0,19	-100,0 %
138	37c-10_1880	Store Langvasstinden		0,02	0	-0,02	-100,0 %
139	37c-10_1880	Larseggen		0,04	0	-0,04	-100,0 %
140	37c-10_1880	Åmotsflyin		0,02	0	-0,02	-100,0 %
141	37c-10_1880	Gråhøin		0,05	0	-0,05	-100,0 %
142	37c-10_1880	Gråhøin		0,02	0	-0,02	-100,0 %
143	37c-10_1880	Gråhøin		0,02	0	-0,02	-100,0 %
144	37c-10_1880	Gråhøin		0,06	0	-0,06	-100,0 %
145	37c-10_1880	Gråhøin		0,04	0	-0,04	-100,0 %
146	37c-10_1880	Skardkollen		0,07	0	-0,07	-100,0 %
147	37c-10_1880	Skardkollen		0,09	0	-0,09	-100,0 %
148	37c-10_1880	Snøhetta	Snøhetta	1,03	0,54	-0,49	-47,6 %
149	37c-10_1880	Snøhetta	Snøhetta	0,14	0,29	+0,15	+107,1 %
150	37c-10_1880	Svånåtindan		0,16	0,3	+0,14	+87,5 %
151	37c-10_1880	Store Langvasstinden		0,04	0	-0,04	-100,0 %
152	37c-10_1880	Larseggen		0,05	0	-0,05	-100,0 %
Totalt for breer 1880				48,27	11,11	- 36,63	76 %