

Det naturvitenskapelige og teknologiske fakultet  
Institutt for geovitenskap

## Geometriske og kinematiske studier av post-kaledonske rift-margin forkastninger og bruddsett mellom Tjeldsundet og Bjarkøy, Sør-Troms.

Therese Mortensen Johnsen

*GEO-3900 Masteroppgave i geologi*

*Mai 2018*





## Sammendrag

Dette studiet har fokus på analyse og korrelasjon av post-kaledonske riftstrukturer i nordre Nordland og Sør-Troms, hvor målet er å sammenligne antatte paleozoiske og mesozoiske sprø forkastninger på land med lignende strukturer på havbunnen og i fjorder og sund. Ved bruk av høyoppløselige digitale verktøy fra land (kartverket, norgebilder, norgei3d) og på havbunnen (mareano), tar denne masteroppgaven utgangspunkt i en regional analyse av sprø tektoniske lineamenter i Tjeldsundet, Vågsfjorden, på Hinnøya og øyene i området.

Lineamentsanalysen viser at de antatte sprø forkastningene har dominerende strøkretninger NNØ-SSV, NØ-SV og ØNØ-VSV. Dette er også antatt å være hovedretningen på kaledonsk deformasjon. Feltundersøkelser viser at kaledonsk deformasjon har styrt den sprø forkastningsteknikken som er påvist i studieområdet. Dette støttes av regionale trender i gravimetriske og magnetiske datasett.

Feltundersøkelsene viser til to regionale lineamenter; Fiskefjord- og Ramsundlineamentet. Fiskefjordlineamentet, vest for Tjeldsundet, faller mot SØ og er syntetisk til forkastningene i Tjeldsundet, som separerer ut horstområdene i vest (Lofoten og Vesterålen). Ramsundlineamentet, på østsiden av Tjeldsundet, er antitetisk til forkastningene i Tjeldsundet. Geometriske og kinematiske (kataklastitter, forkastningsmel og glidestriper) data dokumentert på lokalitetene langs de studerte lineamentene er det påvist sprø forkastningsaktivitet. De ulike lineamentene forgreines og danner et komplekst system av rombiske mønstre med ulik skala. Dette er antatt å være sprø forkastningssystemer. Disse systemene viser at studieområdet er preget av et horst-graben landskap som underbygges av dominerende landskapstrekk både på land og i fjordene. De studerte regionale lineamentene i studieområdet tolkes til å være en del av Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset som strekker seg fra Lofoten i sør til Vannøya i nord.





*«Veien blir til mens du går deg vill.»*

Dag Evjenth



## Forord

Endelig er dagen for innlevering her! Fem år på institutt for geovitenskap er over, og det har gått altfor fort. Det er de beste fem årene i livet mitt, hvor jeg har møtt fantastiske personer, mye motgang, og gode utfordringer. Alt dette, og mye mer, har formet meg til personen jeg er i dag. Jeg har ikke kommet meg gjennom disse årene, og spesielt året med masterskriving, uten alle de flotte menneskene jeg har rundt meg.

Først vil jeg takke hovedveileder Steffen Bergh, som har gitt meg gode råd, støtte og tilbakemeldinger. Jeg har lært mye det siste året, og det takket være deg. Jeg vil også takke biveileder Tormod Henningsen, som tok flere turer ut i felt for å samle inn både bergartsprøver og målinger. Vi har hatt mange gode diskusjoner, og det setter jeg pris på. En ekstra takk for innsatsen de siste dagene før innlevering.

Takk til veileder i Statens Vegvesen, Finn Sverre Karlsen, for hjelp i felt og tilbakemeldinger før innlevering. Jeg håper Statens Vegvesen og Hålogalandsveien ser nytten i oppgaven min.

Tusen takk til alle hjemme i Harstad, både venner og familie, for gode ord og støtte underveis. En ekstra takk til Linn, som ble med ut i felt, og Lena og Ingelin for alle samtaler. Og til mamma, pappa og lillebror Stian, dere er gull verdt. Tusen, tusen takk for at dere har hjulpet meg gjennom tiden i Tromsø, det betyr uendelig mye for meg.

Til alle mine fantastiske venner på studiet, dere har virkelig gjort hverdagen. Jeg vet ikke hva jeg skulle gjort uten dere. Takk for alt det sosiale, og all hjelp til masteroppgaven. Det blir rart med en hverdag uten dere.

Til slutt vil jeg takke min forlovede, Mats, som har holdt ut med mine opp- og nedturer gjennom hele studiet – du er best!

**Therese Mortensen Johnsen, 15. mai 2018**



## Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon .....	1
1.1	Bakgrunn og ramme for studiet .....	1
1.2	Formål med oppgaven .....	3
1.3	Regional geologi .....	4
1.3.1	Berggrunnen i sørlige Troms og nordlige Nordland .....	4
1.3.2	Post-kaledonsk tektonikk: utviklingen av en passiv kontinentalmargin .....	7
1.4	Metoder og verktøy .....	13
1.4.1	Feltarbeid .....	13
1.4.2	Regional kartlegging og analyse.....	15
1.4.3	Analyse av tynnslip .....	17
1.5	Definisjoner og begreper .....	18
2	Resultater .....	21
2.1	Regional oversikt og lineamentstolkning .....	21
2.1.1	Supplerende geofysiske data: gravimetri og magnetometri.....	24
2.1.2	Landskapstrekk i studieområdet.....	25
2.2	Beskrivelser og feltobservasjoner .....	26
2.2.1	Ramsundlineamentet .....	26
2.2.2	Fiskefjordlineamentet .....	44
3	Diskusjon.....	64
3.1	Regional oversikt og lineamentstolkning .....	64
3.1.1	Gravimetrisk og magnetisk tolkning .....	65
3.2	Diskusjon av forkastninger og bruddplan langs Ramsund- og Fiskefjordlineamentene 67	
3.2.1	Ramsundlineamentet .....	67

3.2.2	Fiskefjordlineamentet .....	69
3.3	Regionale implikasjoner .....	73
3.3.1	Geometrisk sammenheng mellom lineamenter og sprø forkastninger .....	73
3.3.2	Relativ alder og tektonisk modell .....	77
3.4	Implikasjoner for Hålogalandsvegen .....	80
4	Konklusjon .....	82
	Referanseliste .....	84

# 1 Introduksjon

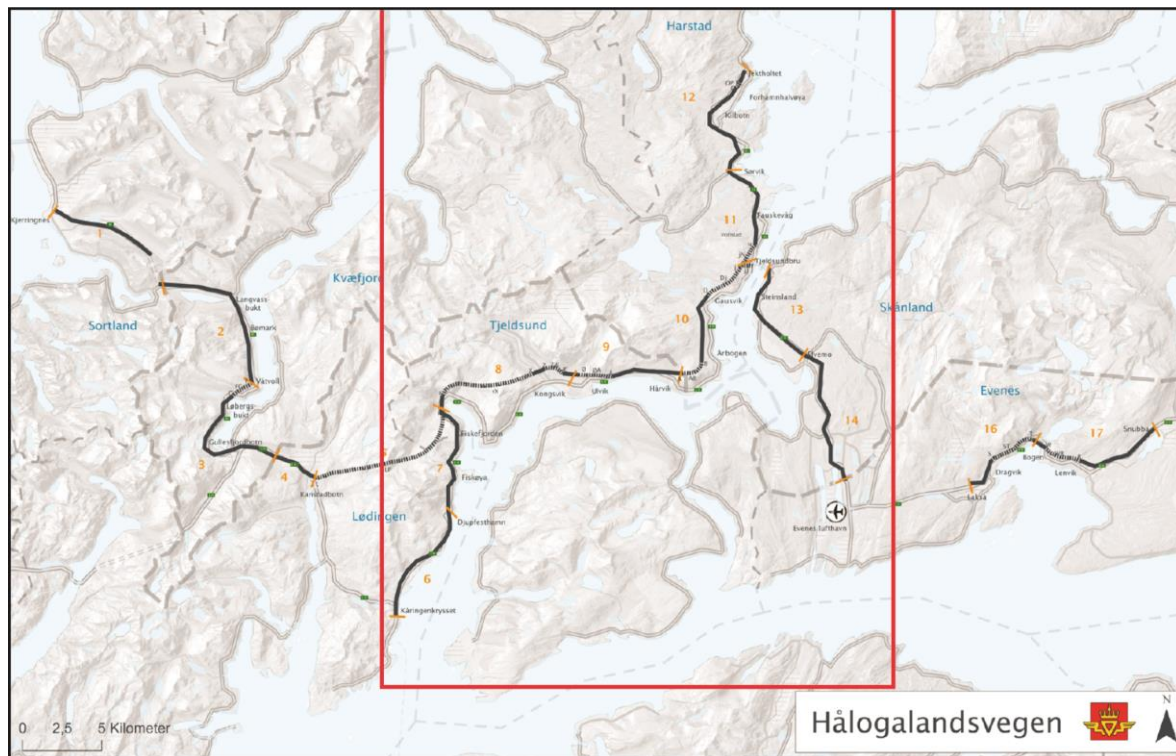
## 1.1 Bakgrunn og ramme for studiet

Dette masterprosjektet inngår i et større regionalt prosjekt ved UiT i regi av ARCEX, med fokus på korrelasjon av post-kaledonske riftstrukturer langs Nord-Norges kontinentalmargin fra Lofoten i sør til Finnmark i nord. Målet for slike studier er å sammenligne antatte paleozoiske og mezosoiske sprø forkastninger på land med lignende strukturer på havbunnen i fjorder og sund.

Ved bruk av tilgjengelige digitale høyoppløselige verktøy fra land og på havbunnen utenfor, tar masteroppgaven utgangspunkt i en regional analyse av sprø tektoniske lineamenter i Tjeldsundet, Vågsfjorden, på Hinnøya og øyene i området. Sammenligningen med strukturer på sokkelen vil baseres på tidligere studier og litteratur. Feltundersøkelsene skal gi en beskrivelse av forkastningenes geometri og kinematikk, for å bedre forstå prosessene som dannet og utviklet den nordnorske kontinentalsokkelen.

I Lofoten og Vesterålen er det gjort mange studier på å korrelere sprø forkastningssystemer mellom land og sokkel, og knytte dem til rifting og dannelse av den nordnorske passive kontinentalmarginen (Øvreid, 1995, Olesen et al., 1997, Brekke, 2000, Bergh et al., 2007, Hansen, 2009, Osmundsen et al., 2010, Færseth, 2012, Hansen et al., 2012, Forthun, 2014). Disse studiene viser at kontinentalmarginen er utviklet som et resultat av flere rifthendelser fra midten av paleozoikum til tidlig kenozoisk tid, og videre havbunnsspredning knyttet til åpningen av Norge-Grønlandshavet frem til i dag (Talwani and Eldholm, 1977). På Vest-Troms marginen nord for Lofoten, mellom Vesterålen og Senja, Andfjorden og Tjeldsundet, er det gjort relativt få onshore-offshore strukturstudier (Tessensohn and Piepjohn, 2000, Øvreid, 1995, Indrevær et al., 2013). På bakgrunn av dette vil denne masteroppgaven kunne gi en bedre forståelse av prosessene som har dannet det tektonisk styrte landskapet vi i dag ser i denne regionen.

I masterprosjektet inngår også et samarbeid med Statens Vegvesen. Statens Vegvesen satte i 2014 i gang med planlegging av prosjektet Hålogalandsvegen. Prosjektet berører syv kommuner i Nordland og Troms fylker, der hensikten er å knytte regionen tettere sammen og redusere reisetiden mellom Sortland, Harstad og Evenes (Statens-Vegvesen, 2017a). Planforslaget viser til ca. 160 km ny vei, derav 34 km tunnel (Figur 1) (Statens-Vegvesen, 2017b).



Figur 1: Oversikt over Hålogalandsveien og prosjektets omfang. Den røde ruten rammer inn studieområdet for den regionale tolkningen og feltundersøkelsene (Statens-Vegvesen, 2017b).

Ved å forstå geologien og strukturgeologien i et gitt område er man best tjent med grundig kartlegging av dette. Gode grunnundersøkelser gir et optimalt grunnlag for god planlegging av tunnelbygging. Denne masteroppgaven skal blant annet kunne fungere som et geologisk verktøy for Statens Vegvesen og Hålogalandsvegen.



## 1.2 Formål med oppgaven

Målet med masterprosjektet er først å identifiserer strukturstyrte landskapselementer (lineamenter) som kan representerer sprø, post-kaledonske forkastninger og bruddsystemer i berggrunnen. Deretter skal forkastningenes geometri beskrives og bevegelsesmåten/kinematikken til forkastningene bestemmes, analyseres og tolkes, og til slutt skal forkastningenes regionale betydning diskuteres. I den anvendte delen av oppgaven vil resultatene kunne si noe om hva SVV kan forvente seg å støte på av geologiske utfordringer i utbyggingen av deres prosjekt.

Nedenfor listes det opp spesifikke oppgaver som skulle gjøres for å nå målene med prosjektet:

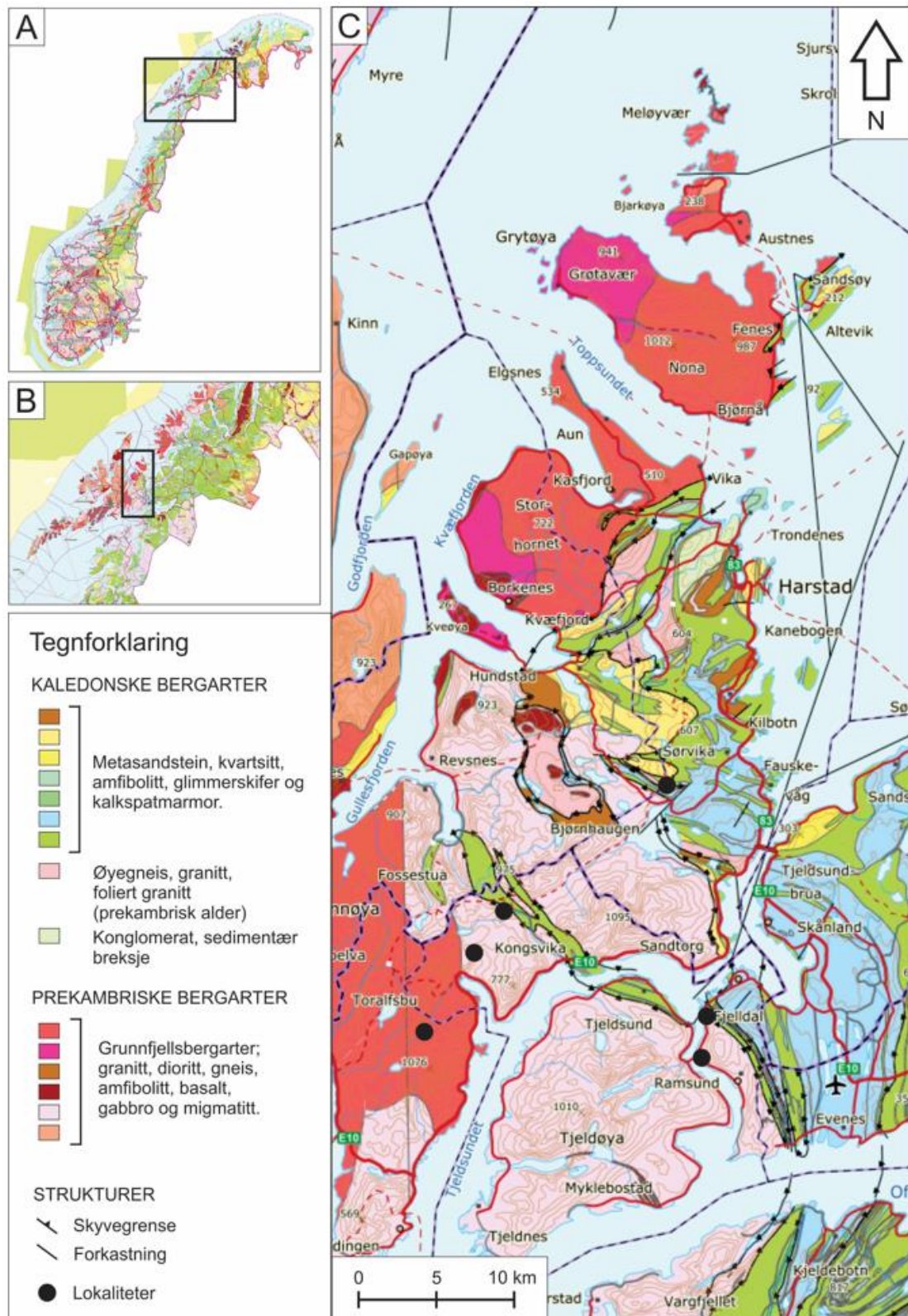
1. Regional analyse av høyoppløselige satellittdata ([www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)) skal brukes til å tolke lineamenter på land og i fjordene ([www.mareano.no](http://www.mareano.no)) som spesielt kan utgjøre sprø forkastninger. Magnetiske og gravimetrisk data skal tolkes, og regnes som supplerende data i den regionale tolkningen.
2. Strukturgeologiske feltundersøkelser med detaljkartlegging av sprø forkastninger og sprekker på utvalgte lokaliteter i Sør-Troms, henholdsvis Ramsundet, Fiskefjorden, Kongsvikdalen og Storvatnet. Det skal samles inn geometriske og kinematiske data, og prøver av forkastningsbergarter for å klassifisere bergartene og beskrive omvandling og kataklase. Innsamlede data skal brukes til å lage geologiske profiler i studieområdet, og brukes til regional tolkning og korrelasjon av forkastninger i Tjeldsundområdet.
3. De innsamlede dataene er også grunnlag for regional sammenligning med riftmargin forkastninger, implikasjoner for regional tolkning og tidligere arbeid gjort i Lofoten og Vesterålen, samt relasjon til den grunne kontinentalsokkelen utenfor.
4. Anvende resultatene til nytte for Statens Vegvesen i forbindelse med planlegging og utbygging av Hålogalandsveien.

## 1.3 Regional geologi

### 1.3.1 Berggrunnen i sørlige Troms og nordlige Nordland

Berggrunnen i Sør-Troms og de nordlige delene av Nordland kan deles inn i tre hovedenheter (Gustavson, 1966, Gustavson, 1974, Björklund, 1987, Zwaan et al., 2002, Augland et al., 2013): 1. et prekambrisk underlag av metamorfe og plutonske bergarter, 2. en autokton til par-autokton neoproterozoisk til kambrisk sedimentær lagrekke med konglomerater og sandsteiner, og 3. kaledonske alloktone skyvedekker med karbonatbergarter (marmor og dolomitt) og glimmer- og kvartsrike skifre, inklusiv linser av det prekambriske underlaget.

Det studerte området befinner seg langs Tjeldsundet mellom Hinnøya og Tjeldøya, samt Ramsundet, hvor berggrunnen består av både prekambriske gneiser og kaledonske marmor og meta-sedimentære bergarter (Figur 2).



Figur 2: Berggrunnskart over deler av Hinnøya og langs Tjeldsundet. Indekskart/berggrunnskart over Norge (A) og Troms fylke (B), hvor studieområdet for masteroppgaven er rammet inn i svart. C) Berggrunnskart over studieområdet, med tegnforklaring. Kartet er modifisert etter [http://geo.ngu.no/kart\(bergrunn/](http://geo.ngu.no/kart(bergrunn/).

De prekambriske bergartene i studieområdet, hovedsakelig granitt og diorittisk til granittisk gneis (Figur 2), tilhører grunnfjellsprovinserne i Lofoten/Vesterålen (Corfu, 2004, Bergh et al., 2008), som kan følges nordover til det vestlige Troms (Bergh et al., 2010) og østover, via Tysfjordkulminasjonen til Nord-Sverige (Björklund, 1987). Store deler av Tjeldøya og Hinnøya, samt de sørvestlige delene av Senja, dekkes av Tysfjord- og Lødingen-granittene (Andresen and Tull, 1983, Andresen and Tull, 1986, Corfu, 2004). I Lofoten og Vesterålen opptrer arkeiske og proterozoiske orto-, paragneiser og migmatitter, som er intrudert av proterozoiske magmatiske bergarter (Bergh et al., 2008, Corfu, 2004).

De autoktone til par-autoktone neoproterozoiske til kambriske meta-sedimentære enhetene finner man på de østlige delene av Hinnøya, Grytøya og Sandsøya. Enhetene tilhører Storvatn/Torneträskgruppen og er direkte avsatt på det prekambriske underlaget (Björklund, 1987, Van Winkle et al., 1996).

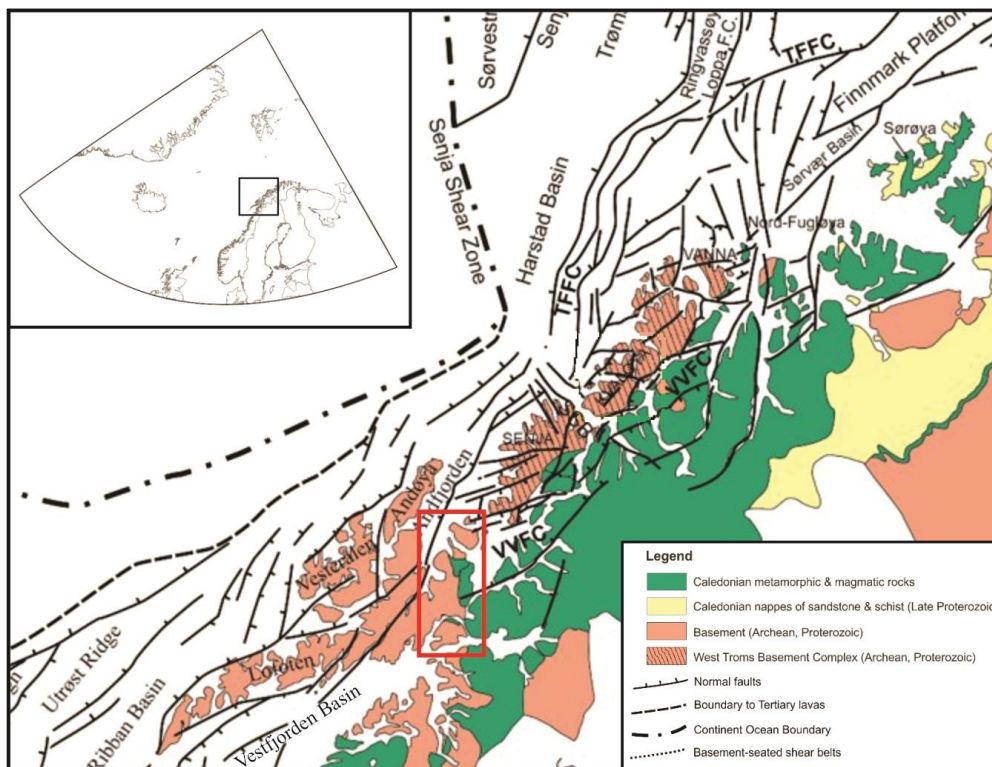
De kaledonske alloktone skyvedekkenene befinner seg over det prekambriske grunnfjellet og de neoproterozoiske til meta-kambriske sedimentære enhetene (Gustavson, 1966, Gustavson, 1974, Zwaan et al., 2002), og er lokalisert i de østlige delene av studieområdet (Figur 2). De kaledonske bergartene i studieområdet er delt inn i dekkeserier som inngår i to ulike dekkekomplekser. Gausvikdekkekomplekset består av bergarter fra midtre og undre dekkeserie, og er lokalisert langs den østlige siden av Ramsundet, vest for Ramstad og Evenes, og innover på Hinnøya (Zwaan et al., 2002). Over Gausvikdekkekomplekset ligger Evenesdekkekomplekset, som utgjør den vestlige flanken av Ofotensynformen (Gustavson, 1966, Gustavson, 1974, Augland et al., 2013). Det kalkspatmarmordominerte Evenesdekkekomplekset utgjør den øvre dekkeserien i de kaledonske bergartene i studieområdet (Zwaan et al., 2002).

De prekambriske bergartene er generelt massive (granitter), hvor gneisene kan være godt foliert (Andresen and Tull, 1983, Andresen and Tull, 1986, Van Winkle et al., 1996). Skyvekontakten mellom de prekambriske og kaledonske bergartene i studieområdet har middels til slakt fall i varierende retninger (Van Winkle et al., 1996, Øvereng, 2003). I Evenesområdet, i den vestlige flanken av Ofotensynformen, preges de de kaledonske bergartene av store- og småskala folding (Zwaan et al., 2002).

### 1.3.2 Post-kaledonsk tektonikk: utviklingen av en passiv kontinentalmargin

I kystnære områder fra Lofoten i sør til Senja i nord (Figur 3) er lineære tektoniske elementer godt nylig på flybilder og digitale, topografiske bilder og kart, hvor landskapet mange steder tydelig er kontrollert av slike lineamenter (Osmundsen et al., 2010).

Hovedstrukturelementene i og utenfor studieområdet karakteriseres av NNØ-SSV og NØ-SV orienterte rygger og bassenger begrenset av ekstensjonsforkastninger med varierende strøk (Figur 3). Strukturene som ikke tydelig sammenfaller med prekambriske eller kaledonske elementer, tolkes til å være sprø mesozoiske og kenozoiske forkastninger og bruddplan. Disse forkastningene tilhører Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset, som er med på å avgrense Lofotryggen og Vest-Troms gneisryggen som en NØ-SV orientert riftmarginhorst (Bergh et al., 2007, Olesen et al., 1997, Indrevær et al., 2013). Dette er også kaledonidenes hovedstrøkretning (Ramberg et al., 2013).



Figur 3: Regionalt tektonisk kart over Lofoten-Vesterålen og den sørvestlige Barentshavmarginen som viser berggrunnen og sprø, mesozoiske forkastninger (Indrevær et al., 2013). Studieområdet er markert med en rød ramme.

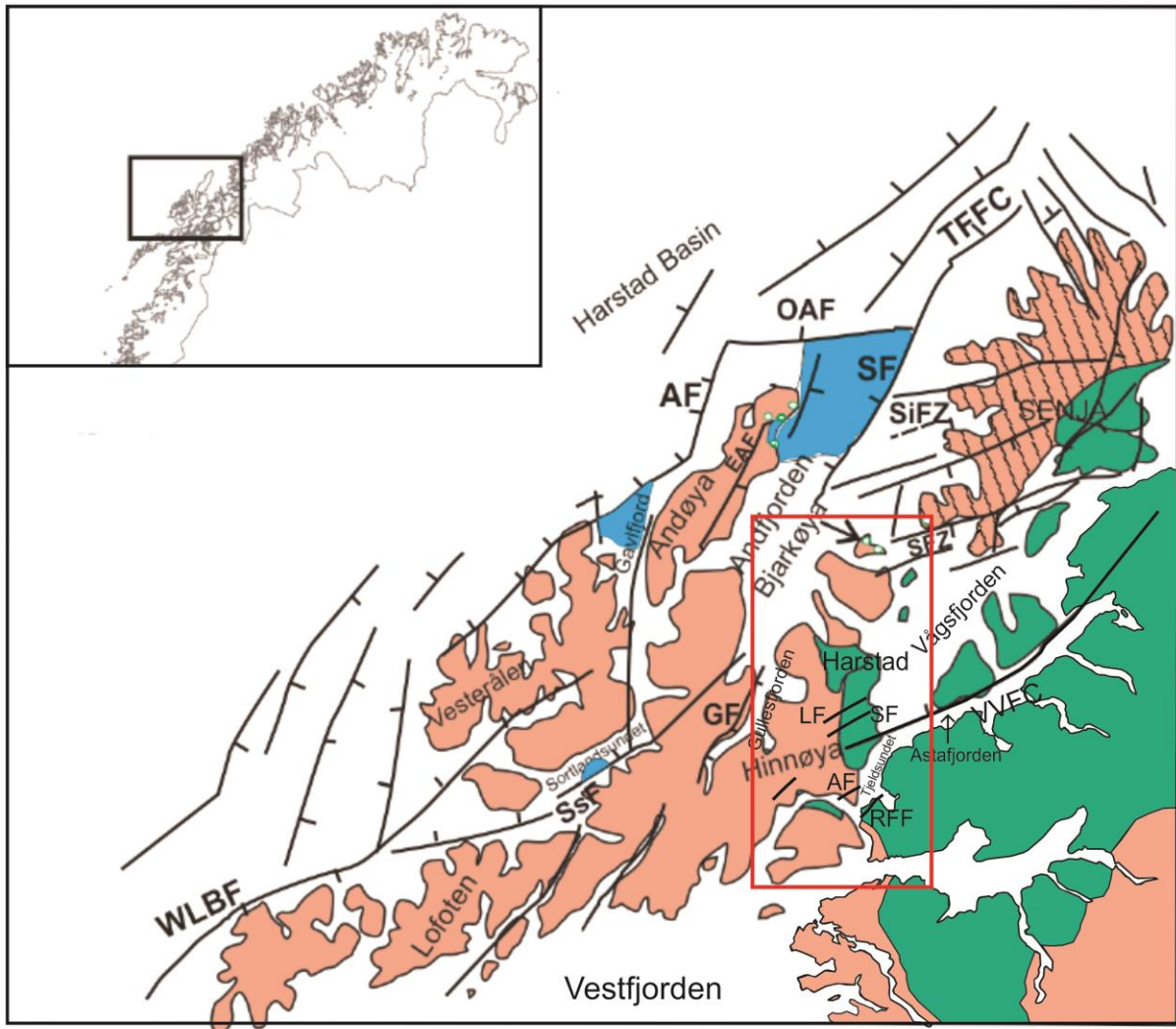
Mellom øyene i Lofoten og fastlandet ligger Vestfjordbassenget (Figur 3), som er en NØ-SV orientert asymmetrisk halvgraben (Forslund, 1988). Vest for Ribbebassenget, og mot kanten av kontinentalskråningen befinner Utrøstryggen seg, som er parallell med Lofotryggen (Bergh et al., 2007). De tektoniske lineamentene på land i Lofoten og Vesterålen har varierende strøk, NNØ-SSV, ØNØ-VSV og NØ-SV, hvor NØ-SV dominerer (Bergh et al., 2007, Wilson et al., 2006).

Nord for Bjarkøya, mellom Andøya og den sørvestlige delen av Senja, ligger Andfjorden og Andfjordbassenget (Figur 4). Forkastningene som omgir Andfjordbassenget gir en rombisk geometri, hvor orienteringen på de to bruddsettene som gir bassenget denne geometrien stryker henholdsvis NNØ-SSV og ØNØ-VSV (Forthun, 2014). De sedimentære bergartene i Andfjordbassenget, som er eksponert på østsiden av Andøya (Dalland, 1981), er tolket å utgjøre en asymmetrisk kile knyttet til roterte forkastningsblokker (Forthun, 2014).

En hypotese er at Andfjordbassenget sørover deles opp i flere mindre bassenger, og at forkastningene fortsetter sørover for eksempel langs Sortlandssundet, Gullsfjorden og Tjeldsundet (jfr. dette studiet), hvor fjordene har en lignende geometri med roterte forkastningsblokker som i selve Andfjordbassenget (Forthun, 2014). Funn av jura-kritt bergarter på fjordbunnen i Sortlandssundet støtter denne hypotesen (Figur 4) (Davidsen et al., 2001). Et alternativ er at forkastningene fortsetter mot sør, og stepper nordøstover som kan forbinde dem til Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset i Troms (Forslund, 1988, Olesen et al., 1997, Indrevær et al., 2013).

Stonglandseidforkastningen som befinner seg mellom Grytøy og Senja, har en ØNØ-VSV orientering. Forkastningen fortsetter nordover og fortsetter som Straumbukta-Kvaløysletta-forkastningen vest for Tromsø (Figur 4). Disse forkastningene er en del av det permiske Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset, som starter i Vestfjorden og fortsetter helt til Vanna i nord (Olesen et al., 1997, Forslund, 1988).





Figur 4: Forenklet geologisk og strukturelt kart over Lofoten, Vesterålen, Harstad og Senja. Kartet viser prekambrisk grunnfjell, kaledonske dekker og mesozoiske sedimentære bergarter (blå), samt store regionale forkastninger (modifisert etter Indrevær et al. (2013) og Forthun (2014)). Studieområdet er innrammet. Tegnforklaringen er den samme som i Figur 3. De viktigste forkortelsene brukt i figuren; SF = Storvatnforkastningen, LF = Langvatnforkastningen, AF = Astafjordforkastningen, VVFC = Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset, SFZ = Stonglandseidforkastningen.

Øst på Hinnøya, sør for Harstad, er det tidligere kartlagt flere større forkastninger, blant annet Storvatnforkastningen og Langvatnforkastningen (Bartley, 1981, Øvrelid, 1995), som begge stryker NØ-SV. På Sandtorg i Tjeldsundet er Astafjordforkastningen identifisert til å ha en NØ-SV orientering, som tolkes til å fortsette som Tjeldsundforkastningen sørvest- og nordøstover (Bartley, 1981). Det er uklart om forkastningen nevnt ovenfor fortsetter nordover ut i Vågsfjorden (Bartley, 1981, Øvrelid, 1995), eller om den fortsetter nordover mot Senja

og/eller østover mot øyene Rolla og Andørja (Figur 4). Den sørligste forkastningen lokalisert i Tjeldsundet er Ramstad-Fjelldal-forkastningen, som Bartley (1981) omtaler som en høyvinklet forkastning med nordøstlig strøk. Denne oppgaven vil søke å avklare om Storvatn- og Ramstad-Fjelldal-forkastningene, som stryker parallelt med Tjeldsundet, er en del av samme systemet som Andøya og Sortlandssundet, samt Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset.

I tillegg finnes det på land i hele Lofoten og Vesterålen, inkludert Hinnøya, NV-SØ strykende regionale lineamenter antatt å være dominerende sideforkastninger (transforme forkastninger), som er med på å segmentere marginen. Disse segmenterte riftmarginene forårsaket sikk-sakk geometri på både forkastninger og relaterte bassenger. Trolig har slike transforme bevegelser medvirket til dannelsen av mer komplekse geometrier og forkastningsmønstre i områdene rundt og sør for Andfjorden, og eventuelt også i Tjeldsundområdet (Bergh et al., 2007, Eig and Bergh, 2011, Hansen and Bergh, 2012).

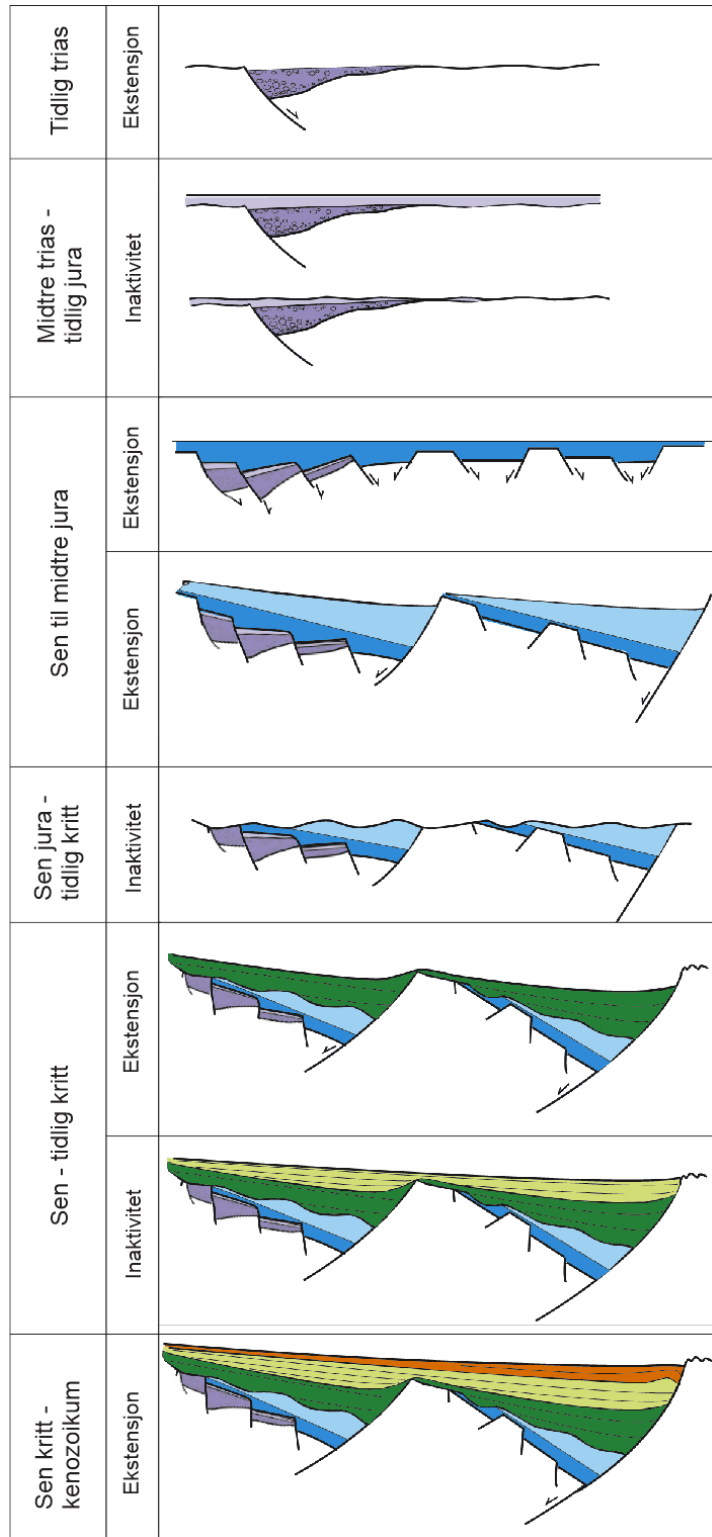
Bassengene og ryggene som avgrenses av sprø riftmargin forkastninger på kontinentalmarginen ble utviklet gjennom flere faser med rifting etter at den kaledonske fjellkjeden kollapset i devon. Hansen et al. (2012) presenterer en tektonisk modell for utviklingen av Lofoten Vesterålen marginen (Figur 5), med vekt på sprø forkastningers geometri og orientering, og hvor det skilles mellom perioder med og uten tektonisk aktivitet. Kontinental rifting startet i karbon-perm. Vestfjord-Vanna-forkastningskomplekset, som er med på å avgrense Lofotryggen og Vest-Troms gneisryggen, ble dannet i perm (Olesen et al., 1997, Davids et al., 2013). I trias førte ekstensjonen til flere store sørøstfallende normalforkastninger, etterfulgt av sedimentasjon, og erosjon og landheving i øvre jura. I løpet av midtre til undre jura ble NØ-SV til Ø-V strykende forkastninger dannet, etterfulgt av rolig periode i overgangen til kritt (Bergh et al., 2007, Hansen et al., 2012).



I tidlig kritt startet hovedriftfasen på midtnorsk sokkel, som førte til dannelsen av store regionale forkastninger som for eksempel Vestfjordforkastningssone og grunnfjellsryggene omkring. Forkastningene fra denne hendelsen kjennetegnes å være listriske med fall mot nordvest, og at de har tilhørende roterte forkastningsblokker (Hansen et al., 2012).

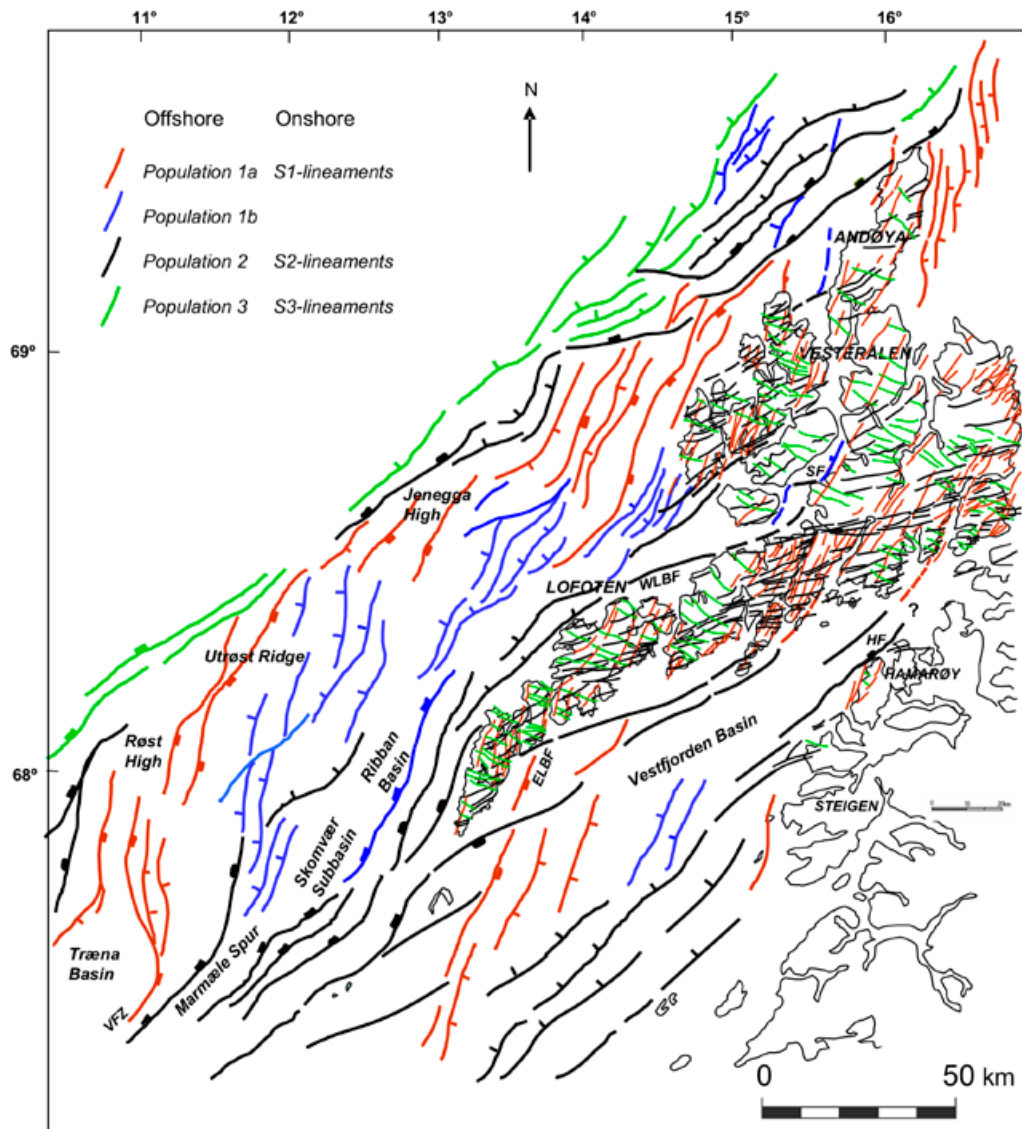
Gjennom kritt sank bassengene på kontinentalsokkelen inn. Overgangen fra kritt til kenozoikum kjennetegnes som den siste riftfasen, hvor kontinentalriftingen gikk over til havbunnsbredning og dannelse av oseaenisk skorpe mellom Norge og Grønland (Tessensohn and Piepjohn, 2000, Faleide et al., 2008, Hansen et al., 2012, Indrevær et al., 2013, Ramberg et al., 2013). Samtidig utviklet det seg dominerende sideforkastninger, som er parallelle med

Hornsundforkastningen på Svalbard og Senjabruddsonen i Barentshavet (Faleide et al., 2008).



Figur 5: Forenklet tektonisk modell som viser skjematisk profilers sammenheng og alder mellom forkastninger, bassengdannelse og sedimentasjon av Lofoten Vesterålen marginen (modifisert etter Hansen et al. (2012)).

Datering av de ulike riftfasene er hentet fra sammenstilling av data fra sokkelområdene fra Midt-Norge, som inkluderer Lofoten-Vesterålen marginen (Hansen et al., 2012). Disse riftfasene har også trolig påvirket områdene nordøst for Lofoten, hvor denne oppgaven vil prøve å kople forkastningene i studieområdet opp til den tektoniske modellen og de regionale trendene i Lofoten og Vesterålen, inkludert sokkelområdene utenfor (Figur 6).



Figur 6: Regionalt kart over Lofoten, Vesterålen og kontinentalsokkelen som linker onshore og offshore forkastnings- og bruddplanmønstre (Bergh et al., 2007). Merk spesielt lokalisering av forkastninger og bruddplan i Vestfjordbassenget, som knyttes til Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset og dens antatte forlengelse mot Tjeldsundet og videre nordover.

## 1.4 Metoder og verktøy

### 1.4.1 Feltarbeid

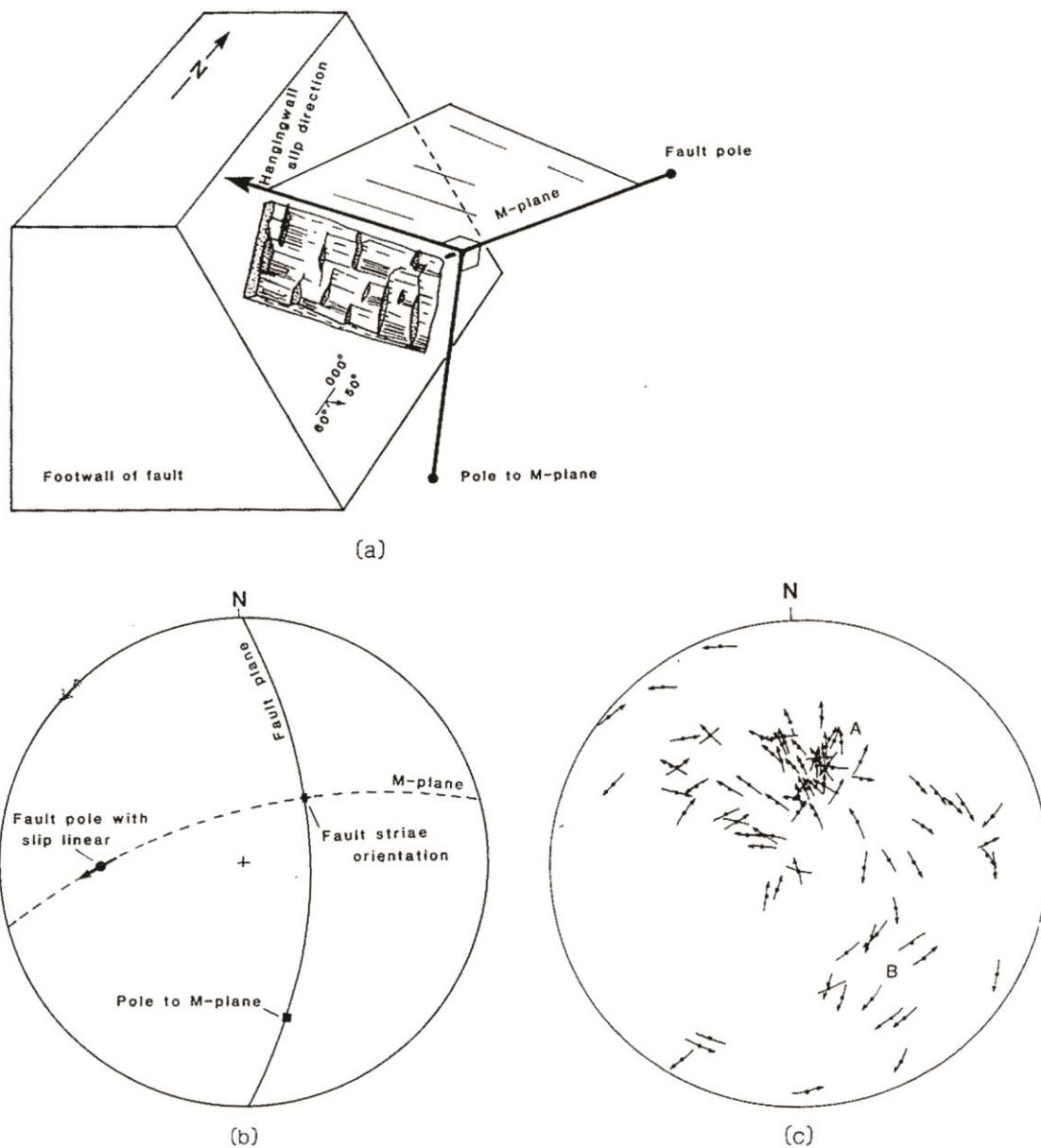
Feltarbeidet for dette prosjektet ble utført på utvalgte lokaliteter i perioden juni-oktober 2017, samt en rekognoseringsstur høsten 2016. Tjeldsundområdet preges generelt av mye vegetasjon, og det ble dermed en utfordring å finne gode blotninger. Blotningene befant seg hovedsakelig i dype elvekløfter, steinbrudd og veiskjæringer, samt lokalt i strandsonen. Lokalitetene som ble valgt inneholder mange gode blotninger, og disse ble studert med hensikten å kartlegge geometri, frekvens og orientering, og kinematikk av forkastninger og bruddsystemer.

Lokalitetene hvor det ble utført feltundersøkelser er markert i Figur 2. De seks lokalitetene opptrer langs to regionale lineamenter kalt Ramsundlineamentet og Fiskefjordlineamentet (se kap. 2), som begge utgjør regionale sprø forkastninger. Ramsundlineamentet består av to steinbrudd på Ramstad og ved Ramsundbrua i Ramsundet, mens de siste fire lokalitetene utgjør det regionale lineamentet Fiskefjordlineamentet.

For lokalisering og visualisering av strukturelle data og observasjoner, ble topografiske kart og satellittbilder ([www.norgei3d.no](http://www.norgei3d.no), [www.norgeibilder.no](http://www.norgeibilder.no), [www.kartverket.no](http://www.kartverket.no)) tatt i bruk, samt egne sammenstilte fotos fra noen av lokalitetene.

Til å måle strukturelle orienteringsdata ble et Silva kompass benyttet. Planstrukturer (foliasjon, forkastningsplan, sprekker, etc.) ble målt som strøk og fall (høyrehåndsregelen), mens glidestriper i forkastningsplan ble angitt med stupning (*plunge*). Orienteringsdata for glidestriper ble konvertert til strøk (trend) før de ble lagt inn i programmet Orient for videre behandling av kinematiske data. Orienteringsdata i form av stereografiske projeksjoner (stereonett, Schmidt Net) er presentert sammen med feltbeskrivelsene (se kap. 2). Metoden, *slip-linear*, brukt for å presentere orienteringsdataen til forkastningenes kinematikk i stereonett er hentet fra Anastasio (1987). Forkastningsplanets storsirkel og pol plottes i Orient. Polen til planets orientering og strøket til lineasjonen danner et nytt plan i

stereonettet, M-planet, hvor en pil indikere bevegelsesretningen til forkastningen (Figur 7) (Goldstein and Marshak, 1988).



Figur 7: Slip-linear metoden brukt for å konstruere kinematikken til forkastninger (Goldstein and Marshak, 1988, Anastasio, 1987).

Relevant terminologi for feltbeskrivelsene av forkastninger og sprekker i resultatkapittelet er delvis basert på Gabrielsen and Braathen (2014), hvor en forkastningszone deles inn i forkastningskjerne (*fault core*) og oppsprekingsområde/ødeleggelsesområdet (*damage zone*).

## 1.4.2 Regional kartlegging og analyse

### 1.4.2.1 Lineamentstolkning

I den regionale kartleggingen og analysen skal lineamenter i Vågsfjorden-Tjeldsundområdet identifiseres, beskrives og tolkes, og suppleres med tolkede gravimetrisk og magnetiske data.

Satellittbilder fra land ([www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)), batymetridata fra fjordene ([www.mareano.no](http://www.mareano.no)) og digitale terrengmodeller ([www.norgei3d.no](http://www.norgei3d.no) og [www.norgeskart.no](http://www.norgeskart.no)) ble brukt til å lokalisere og tolke lineamenter som kan være sprø forkastninger i studieområdet.

Lineamenter antas å speile svakhetsstrukturer i jordskorpen som for eksempel forkastninger og sprekkesoner. Svakhetsstrukturene er mer utsatt for forvitring og erosjon, og landskapet og fjordbunnen formes deretter, noe som ofte markeres på flyfoto og satellittbilder som retningen på fjorder, sund, elveløp, innsjøer, daler og skrenter, og som forsenkninger på fjordbunnen (Sigmond et al., 2013). Regionale lineamentene i masteroppgaven er tolket som dominerende sprø forkastninger og sprekkesystemer av post-kaledonsk alder, fordi de er rettlinjete og stort sett kutter kjente prekambriske og kaledonske strukturer (Gabrielsen et al., 2002).

Innenfor det valgte studieområdet for denne masteroppgaven er det tidligere skrevet to studier på lineamenter. Øvrelid (1995) tolket blant annet lineamenter for å bedre forstå bruddsystemene på land i Vesterålen. Denne lineamentstolkningen starter på Hinnøya ved Øksfjord og strekker seg til østsiden av Hinnøya ved Storvatnet. Tolkningen tar ikke for seg Tjeldøya eller fastlandet, og stopper rett nord for Storvatnet. De tolkede lineamentene fra Øvrelid (1995) overlapper med Fiskefjordlineamentet vest i studieområdet.

Forthun (2014) studerte onshore-offshore korrelasjoner i Andfjordområdet, nord for studieområdet i denne masteroppgaven. Lineamentstolkningen i Andfjorden og områdene sørover vil være viktig å ha med som et utgangspunkt for mulig korrelasjon sørover, da en hypotese er at forkastningene som danner Andfjordbassenget fortsetter sørover langs Sortlandssundet, Gullsfjorden og Tjeldsundet. Dersom orienteringene på de tolkede sprø

forkastningene i denne masteroppgaven har samme orientering som forkastninger i Andfjordområdet (Forthun, 2014), vil det underbygge at hypotesen stemmer.

Begge studier deler de tolkede lineamentene inn i grupper basert på dominerende orienteringer. De dominerende strøkretningene i disse studiene overlapper hverandre, hvor begge har retninger NØ-SV, NNØ-SSV og ØNØ-VSV. I tillegg opptrer lineamenter som stryker NV-SØ.

#### 1.4.2.2 Geofysiske data

Supplerende data til lineamentstolkningen er det brukt gravimetrisk og magnetisk data- Felles for disse datasettene er at de gir informasjon om storskala trekk i jordskorpen, blant annet tolkning av antatte forkastninger i berggrunnen. De gravimetriske og magnetiske dataene som presentert i oppgaven er sammenstilt, nivåjustert og griddet av NGU, og publisert av Bergh et al. (2007) og senere bearbeidet av Nasuti et al. (2015).

Gravimetriske data angir tyngdefeltet og tettheten til bergartene (Hinze et al., 2013). Ved innsamling av gravimetriske data anvendes et gravimeter. Slike data kan være samlet inn ved satellittmålinger eller bakkemålinger. I offshore områdene kan slike data være innsamlet ved egne gravimetriske undersøkelser, eller ved at gravimeteret er festet på kabler under innsamling av regionale seismiske undersøkelser (Sandstad, 2015). Skal en gjøre mer nøyaktig arbeid på land må det anvendes data som er samlet inn ved bakkemålinger. De gravimetriske dataene i denne oppgaven er samlet inn ved å kombinere bakkemålinger og data fra offshore områdene. Dataene er presentert som Bouger anomalikart, data som forteller at det er tatt hensyn til topografi og tetthetsvariasjoner av bergartene i undergrunnen. For å bedre få frem tetthetsvariasjonene i berggrunnen er datasettet høypassfiltrert, som vil si at det målte tyngdefeltet er komprimert/krympet.

Magnetiske data gir variasjonen i det magnetiske feltet knyttet til ulike bergartskropper. Til innsamling av denne datatypen brukes et magnetometer (Hinze et al., 2013). Magnetiske data kan være samlet inn via satellitt, fly/helikopter eller bakkemålinger. I nære offshore områder

og på land er magnetisk data hovedsakelig samlet inn ved hjelp av fly eller helikopter. Også dette datasettet er høypassfiltrert, dette for å få frem de magnetiske variasjonene i bergartene.

Generelt gjenspeiler langstrakte (dvs. lineære) gravimetrisk og magnetisk bergartskropper ofte store, regionale forkastningstrender. Derfor kan slike data brukes som supplement til en regional analyse og tolkning av forkastninger i berggrunnen.

### 1.4.3 Analyse av tynnslip

En del av feltarbeidet gikk ut på å identifisere sprø forkastninger og samle relevante bergartsprøver, blant annet mulige forkastningsbergarter, som skulle brukes til å bekrefte eller avkrefte opptreden og korrelasjon av lineamenter og sprø forkastninger. Tynnslipstudier vil kunne vise om det er sprø forkastningsbergarter (kataklasitter) på lokalitetene. Tynnslipene ble analysert i mikroskop, og prøvene som egnet seg godt ble fotografert og brukt i oppgaven. Beskrivelser av tynnslipene er presentert i lokalitetsbeskrivelsene i resultatdelen (se kap. 2.2).

## 1.5 Definisjoner og begreper

Dette delkapittelet introduserer definisjoner av geologiske og strukturelle begreper (presentert i alfabetisk rekkefølge) som er brukt i denne masteroppgaven (Tabell 1). Dette skal gi leseren oversikt og forståelse for teksten, spesielt diskusjonen.

Tabell 1: Tabellen gir en oversikt over definisjoner av geologiske og strukturelle begreper brukt i oppgaven.

Begreper	Definisjon
Antitetisk forkastning ( <i>antithetic fault</i> )	Mindre forkastning med lignende orientering, men motsatt fallretning, som en relatert større forkastning (Gibbs, 1984).
Bruddplan ( <i>fracture</i> )	En overflate i en bergart, hvor bergarten har mistet kohesjon. Sprekker er bruddplan uten synlig forskyvning (Goldstein and Marshak, 1988).
<i>Damage zone</i>	Område med oppsprekking rundt og mekanisk relatert til en forkastning (McGrath and Davison, 1995).
Dekstral ( <i>dextral</i> )	Høyre-lateral, bevegelse til høyre relativ til referansepunktet (Fossen, 2010).
Forkastning ( <i>fault</i> )	Et bruddplan som viser en synlig forskyvning mellom bergarten på bruddflaten og bergarten på den andre siden (Goldstein and Marshak, 1988, Sigmund et al., 2013).
Forkastningsbergart ( <i>fault rock</i> )	Vanligvis dannet gjennom belastningskonsentrasjon i en sone som opplever skjærspenning (Braathen et al., 2004).



Forkastningskjerne ( <i>core zone/fault core</i> )	Område i en forkastningssone hvor størsteparten av forskyvningen er lokalisert (Caine et al., 1996).
Forkastningsmel ( <i>fault gouge</i> )	Finkornet and leirerik ukonsolidert materiale lokalisert i kjerne til forkastinger, formet av knusning og kjemisk nedbrytning av bergarten (Fossen, 2010).
Glidestripe ( <i>slickenside</i> )	Polerte forkastningsplan som kan brukes til å bestemme bevegelsesretning langs en forkastningssone (Passchier and Trouw, 2005).
Kataklase ( <i>cataclasis</i> )	Sprø deformasjon, nedknusning av bergarter ved henholdsvis lav temperatur (Sigmond et al., 2013).
Kataklasitt ( <i>cataclasite</i> )	Hovedsakelig kaotisk forkastningsbergart dannet med kohesjon, hovedsakelig generert av friksjon (Braathen et al., 2004).
Konjugerte forkastninger ( <i>conjugating faults</i> )	To kryssende forkastninger som er dannet under samme stressfelt, som viser fall i motsatte retninger med 30° til sigma 1 (Fossen, 2010).
Lineament ( <i>lineament</i> )	Regionalt, linjeformet landskapstrekk som antas å speile svakhetsstrukturer i jordskorpen, som for eksempel forkastninger. Kan ses på fly- og satellittbilder (Sigmond et al., 2013).
Listriske forkastninger	Skjeformede forkastninger som slaker ut mot dypet (Fossen, 2010).
Matriks ( <i>matrix</i> )	Finkornet materiale som inneslutter eller fyller ut mellomrommet mellom større mineraler, krystaller eller bruddstykker i en bergart (Sigmond et al., 2013).

Opphavsbergart ( <i>hostrock</i> )	Det opprinnelige materiale bergarten (kataklasitten) er dannet fra (Sigmond et al., 2013).
Ortokataklasitt ( <i>orthocataclasite</i> )	Kataklasitt som inneholder 50-90 % matriks (Braathen et al., 2004).
Protokataklasitt ( <i>protocataclasite</i> )	Kataklasitt som inneholder 0-50 % matriks (Braathen et al., 2004).
<i>Roll-over</i>	Foldestruktur av lagrekken i hengblokken lokalisert inntil et steil til horisontal forkastningsplan i en normalforkastning. Normalt relatert til listriske forkastninger (Fossen, 2010).
Sinistral ( <i>sinistral</i> )	Venstre-lateral, bevegelse til venstre relativ til referansepunktet (Fossen, 2010).
Syntetisk forkastning	Mindre forkastning med lignende orientering og samme fallretning som en relatert større forkastning (Gibbs, 1984).
Ultrakataklasitt ( <i>ultracataclasite</i> )	Kataklasitt som inneholder >90 % matriks (Braathen et al., 2004).

## 2 Resultater

### 2.1 Regional oversikt og lineamentstolkning

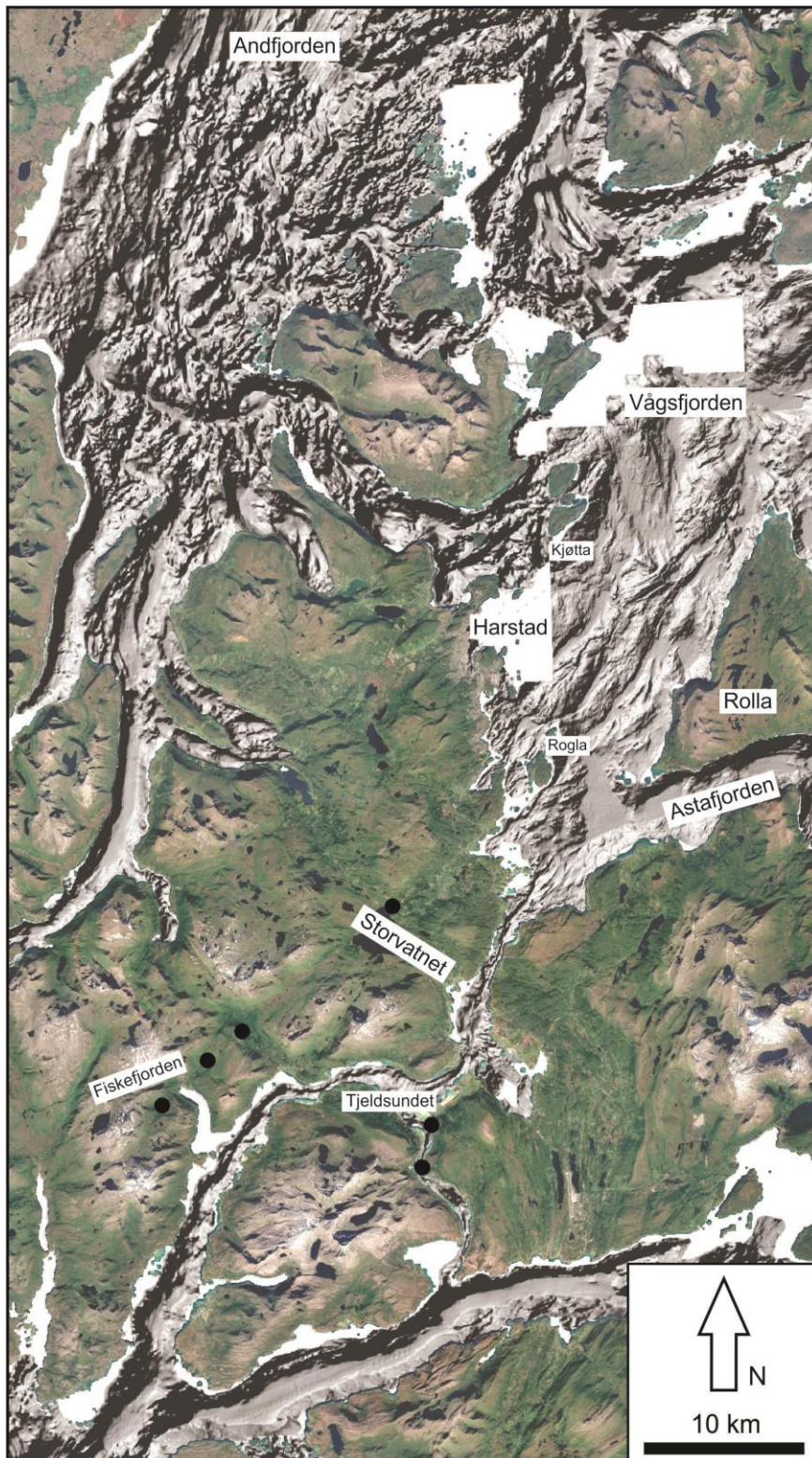
Det sammenstilte, analyserte kartet inneholder flere lineære trekk som gjenspeiles både i det topografiske relieffet og fjordbunnen (Figur 8 Figur 9). Den dominerende orienteringen på de sprø forkastningene/lineamentene stryker NØ-SV (Figur 9, røde lineamenter), hvor disse har et parallelt og stedvis anastomoserende (uregelmessig) kartmønster og traseer som enten dør ut i strøkretningen eller forskyves til nye lineamenter. Lineamentene som stryker NØ-SV ser ut til å være sentrert nært Tjeldsundet og nordøstover i Vågsfjorden (Figur 9). Generelt ser det ut som frekvensen av lineamentene blir større nært fjordene og sundene i studieområdet.

Tjeldsundet buker seg og har varierende strøk, hvor den dominerende strøkretningen for selve sundet er NNØ-SSV. De tolkede lineamentene i sundet viser en mer NØ-SV orientering, hvor lineamentene stepper (Figur 9).

Lineamentene med strøk NØ-SV og NNØ-SSV gir, der de opptrer sammen, ofte et rombisk mønster. Noen steder kan man se at flere av de NØ-SV strykende lineamentene bøyer inn mot de NNØ-SSV strykende. Dette rombiske mønsteret ser man både i Andfjorden (Forthun, 2014) og i Vågsfjorden øst for Harstad. Dette sammenfaller med lineamentstolkningen til Øvrelid (1995) i de sørvestlige delene av studieområdet (Figur 9).

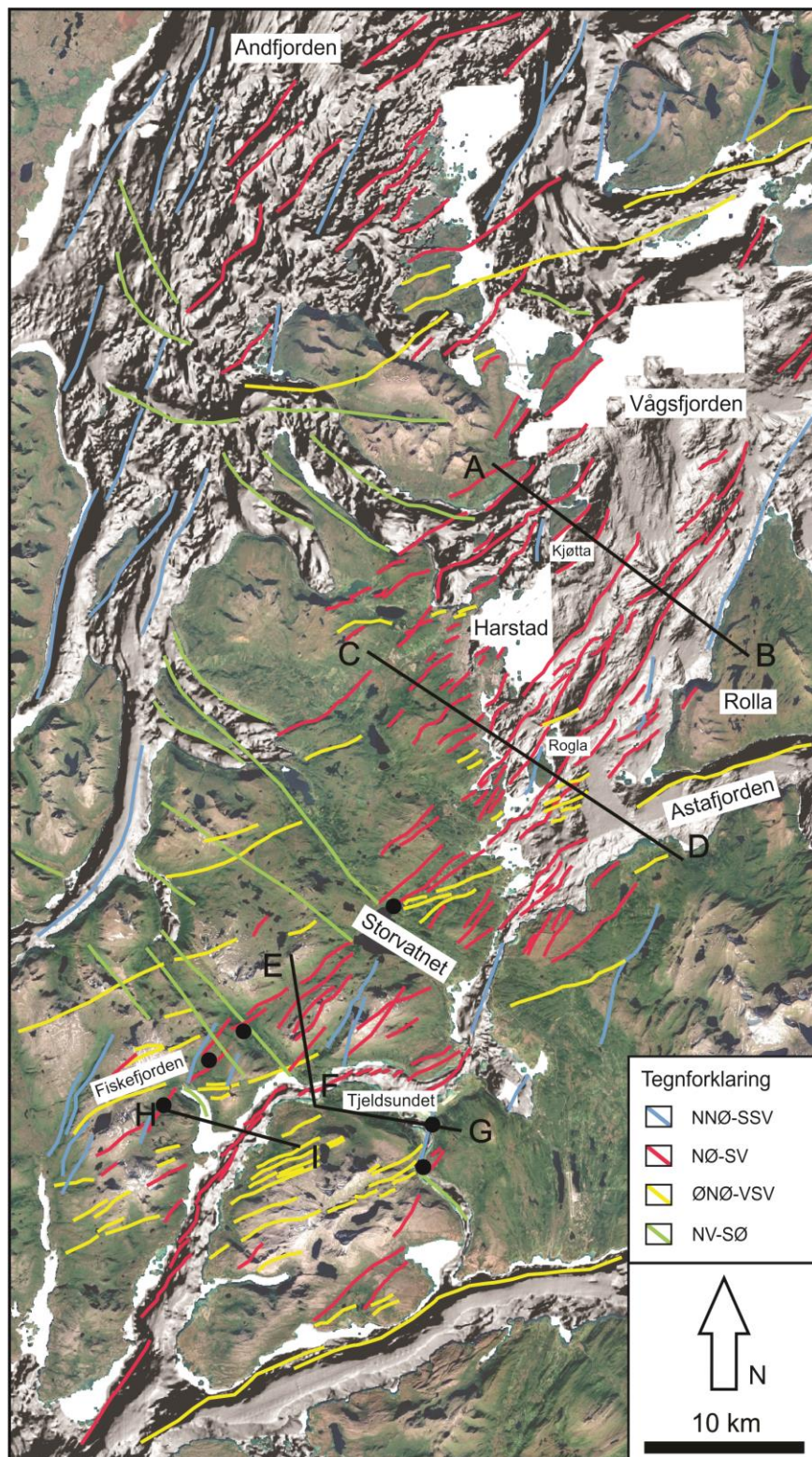
I studieområdet befinner det seg også lineamenter som stryker NV-SØ (blå lineamenter), som lokaliseres i mindre fjorden og daler. Vågsfjorden ser ikke ut til å være preget av lineamenter av denne orienteringen, men i Andfjorden har Forthun (2014) tolket flere (Figur 9).

Lineamentene tolket av Øvrelid (1995) i Fiskefjorden sammenfaller med de tolkede lineamentene i samme område i denne masteroppgaven. De fleste stryker nordøstover mot Storvatnet, hvor de kan se ut som at de fortsetter ut i Vågsfjorden. Fra Storvatnet splittes trolig lineamentet seg i flere lineamenter med ulike strøkretninger, hvor de enten fortsetter inn i Astafjorden mellom Rolla og fastlandet, eller nordover gjennom Vågsfjorden (Figur 9).



Figur 8: Utolket oversiktskart som viser studieområdet sammensatt av satellittbilde ([www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)) og batymetriske data ([www.mareano.no](http://www.mareano.no)). Hav- og fjordområdene med manglende data er hvite. De sorte punktene nær Tjeldsundet representerer lokalitetene for feltundersøkelsene.





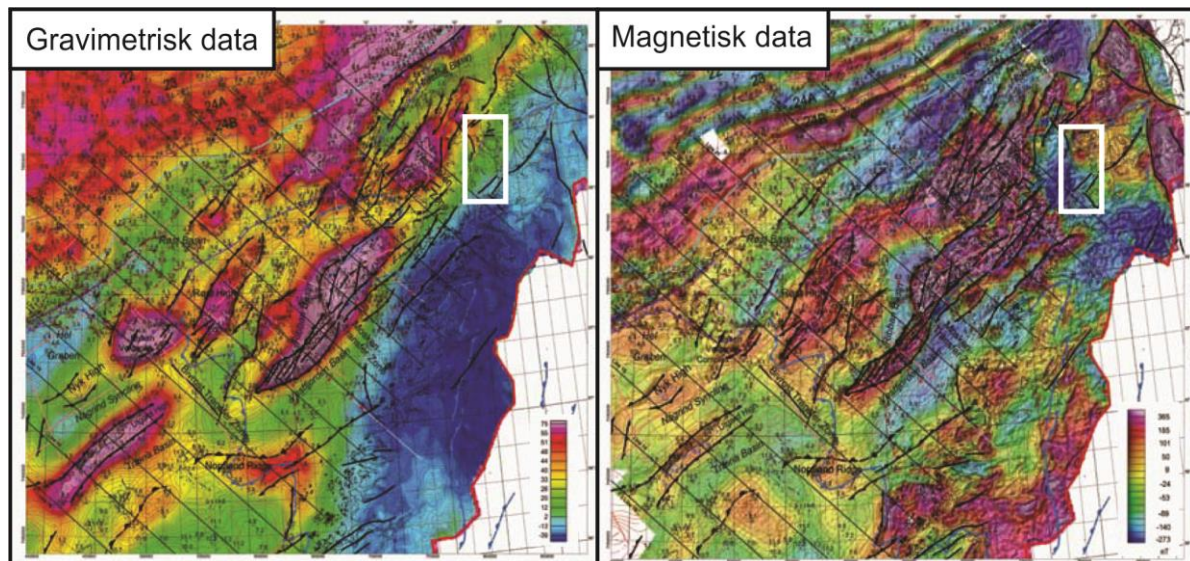
Figur 9: Tolket lineamentskart over studieområdet. Kartet, som er sammensatt av satellittbilder ([www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)) og batymetriske data ([www.mareano.no](http://www.mareano.no)), er basert på egne data/tolkninger, Øvreliid (1995) og Forthun (2014). Hav- og fjordområdene med manglende data er hvite. De sorte punktene nær Fiskefjorden og Tjeldsundet representerer lokalitetene for feltundersøkelsene. Profilinjene vil bli diskutert senere i kap 3.3.

Lineamentene som danner Ramsundlineamentet henger trolig sammen med Tjeldsundet og fortsetter nordover i Vågsfjorden, eventuelt inn i Astafjorden, slik som lineamentene fra Storvatnet tolkes til å gjøre.

Topografien i de sørøstlige delene av studieområdet viser ingen tydelige lineamenter.

### 2.1.1 Supplerende geofysiske data: gravimetri og magnetometri

Både det gravimetrisk og magnetiske datasettet viser dominerende NØ-SV strykende anomalier i berggrunnen (Figur 10) langs kystnære fjorden, sund og riftmargin-relaterte forkastninger (Wilson et al., 2006, Bergh et al., 2007, Hansen et al., 2012, Indrevær et al., 2013). De samme NØ-SV orienterte anomaliene er synlige også i datasettet fra Tjeldsundet i studieområdet til denne oppgaven, og de viser samme dominerende trend som de tolkede, regionale forkastningene langs Ramsundet, Fiskefjorden, Storvatnet og Vågsfjorden (Figur 9).



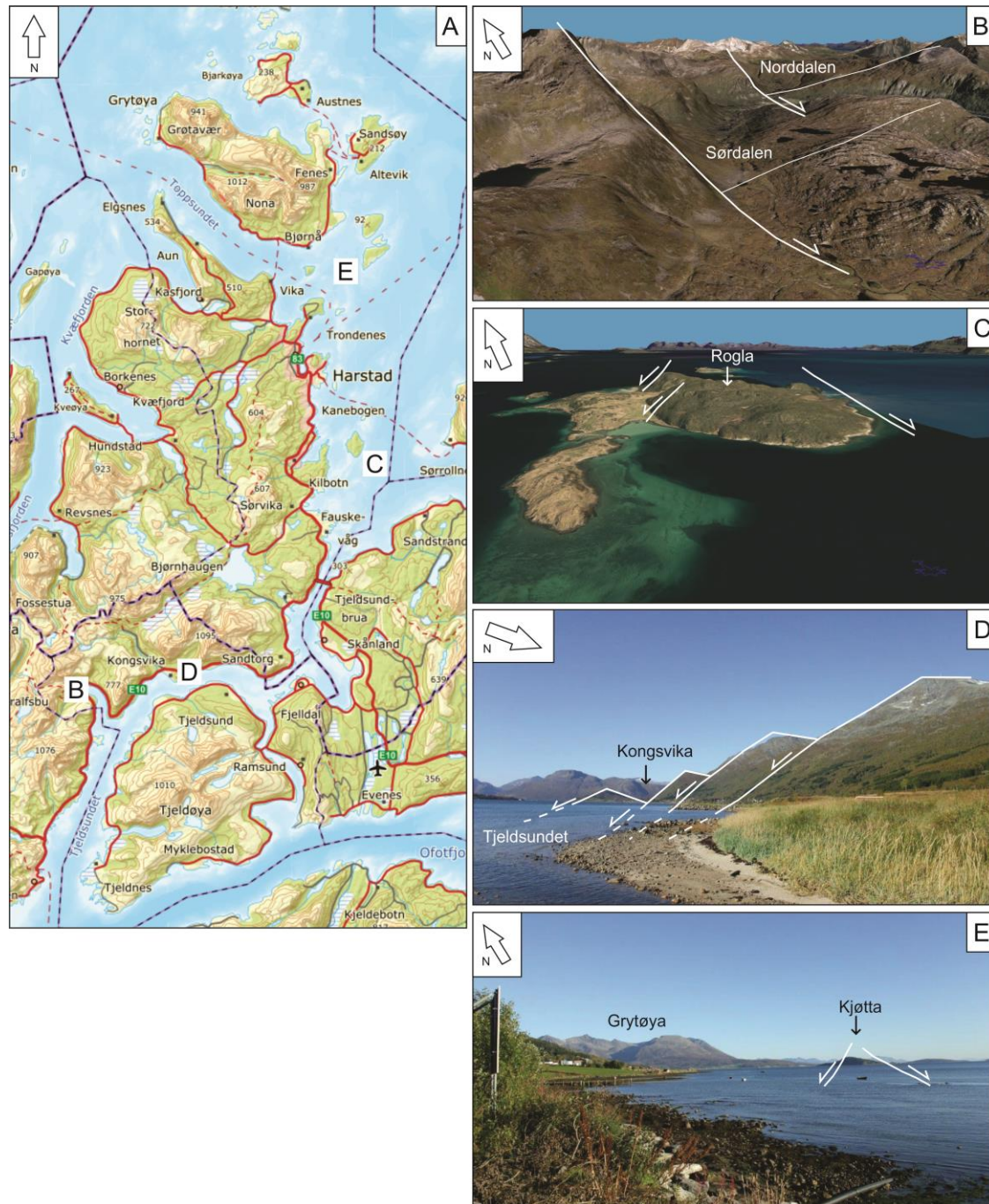
Figur 10: Gravimetrisk og magnetisk data over Lofoten, Vestfjorden og områdene nordover (Bergh et al., 2007, Nasuti et al., 2015). Studieområdet til masteroppgaven er markert med hvite rammer. Store, regionale forkastninger er markert i svart.



## 2.1.2 Landskapstrekk i studieområdet

Ulike geometrier i studieområdet som er antatt å være forkastningsbetinget (Figur 11).

Landskapstrekkene er i stor grad styrt av disse geometriene, og er diskutert i kap. 3.2. og 3.3.

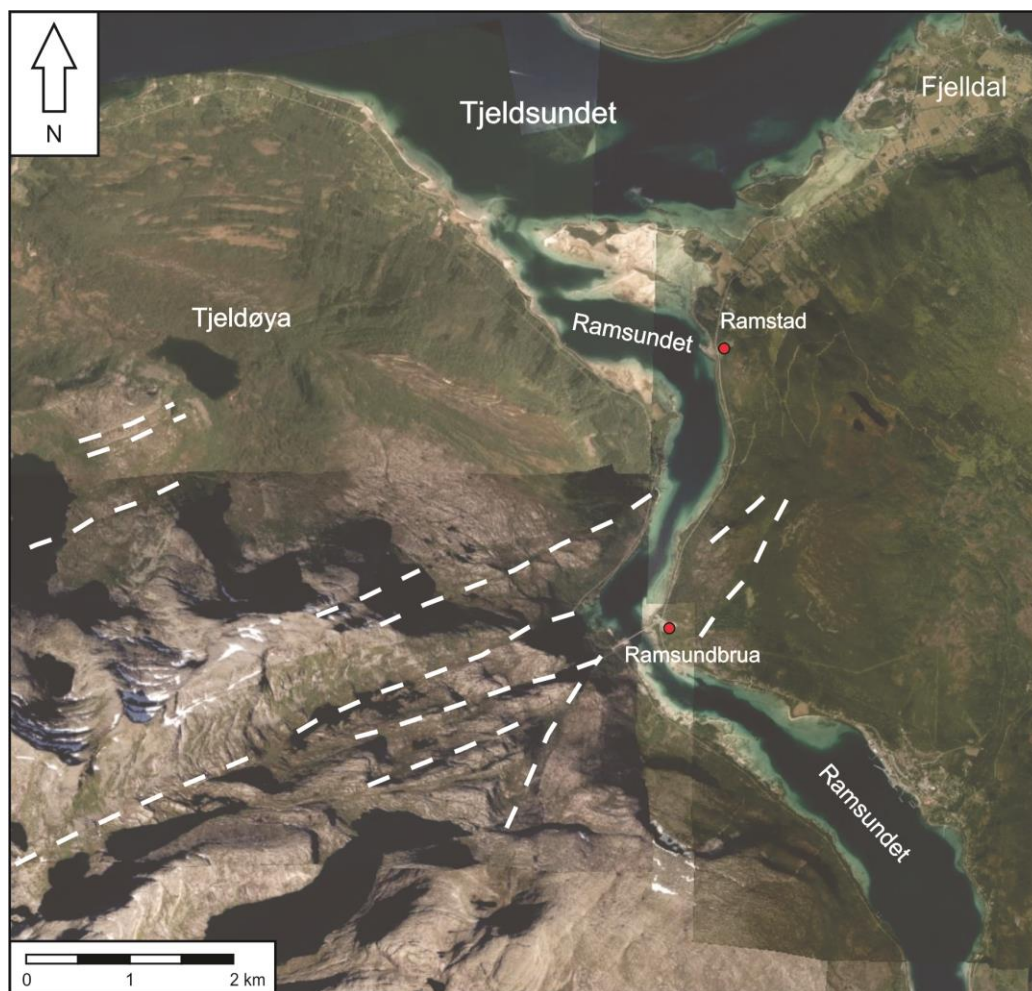


Figur 11: Foto og 3D bilder ([www.norgei3d.no](http://www.norgei3d.no)) av landskapstrekk i studieområdet. De hvite strekene viser antatte forkastningsplan og roterte forkastningsblokker. A) Indekskart, B) Sordalen og Norddalen, C) Rogla, D) Tjeldsundet og Kongsvika og E) Kjøtta og Grytøya.

## 2.2 Beskrivelser og feltobservasjoner

### 2.2.1 Ramsundlineamentet

Ramsundlineamentet er kartlagt og tolket som et sett av flere sammenhengende sprø forkastninger som kan følges fra Tjeldsundet og sørover langs Ramsundet (se Figur 9 i kap. 2.1). I Ramsundet, mellom fastlandet og Tjeldøya, er det snakk om minst to forkastningssystemer (lineamenter), som er eksponert i de to lokalitetene med steinbrudd i henholdsvis Ramstad og Ramsundbrua (Figur 12). Det er uklart om disse forkastningene er del av samme NØ-SV strykende lineament, eller utgjør et rombisk mønster av NØ-SV og NNØ-SSV strykende lineamenter (se diskusjon, kap 3.2.1).



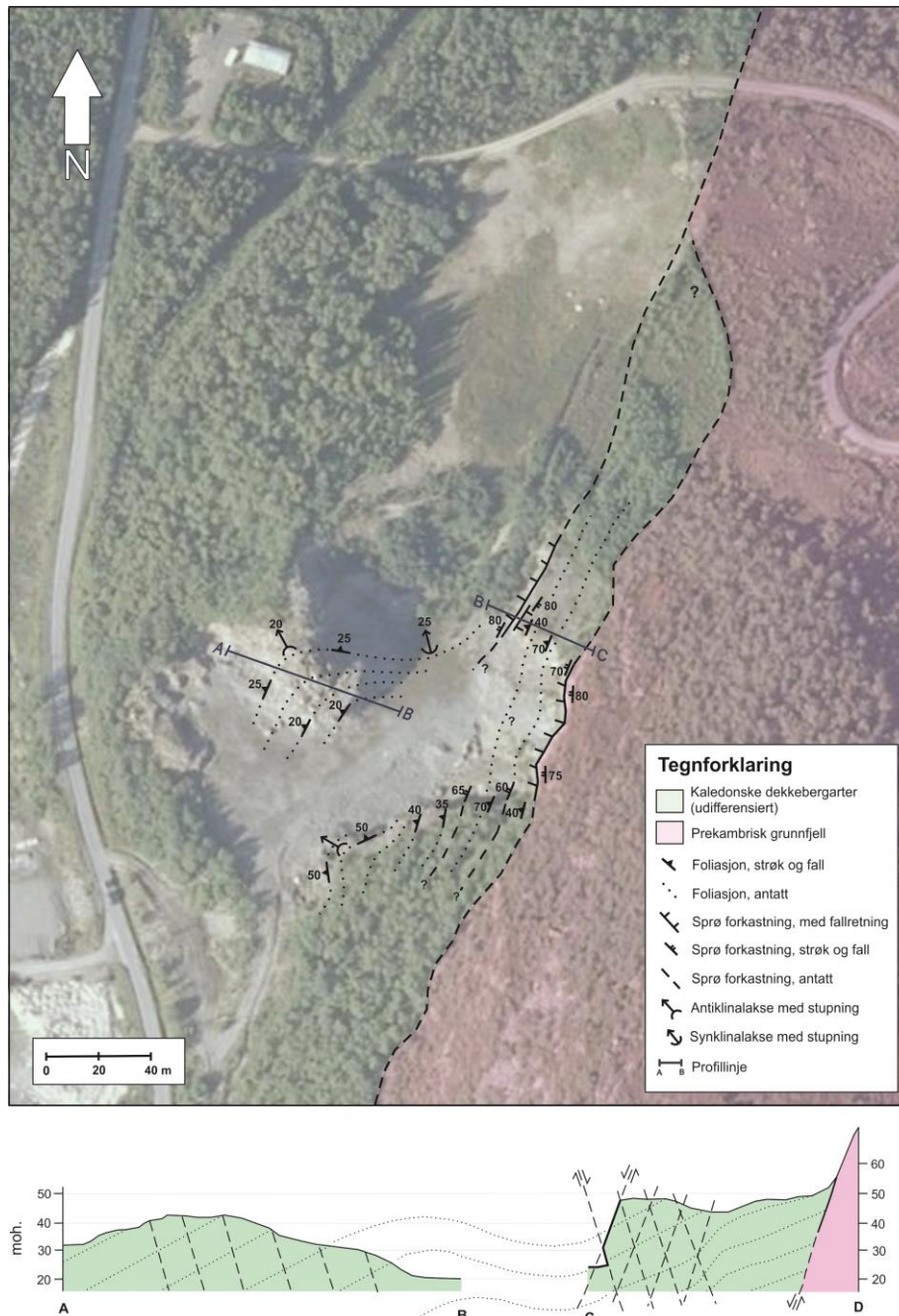
Figur 12: Oversikt over studieområdet for Ramsundlineamentet. Lokalitetene for feltundersøkelsene er markert med røde punkter, og tolkede lineamentet er markert med hvite stiplede linjer (satellittbilde fra [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)).



### 2.2.1.1 Ramstad

#### Berggrunnen i området

Bergartene på lokaliteten er godt blottet i et steinbrudd like sør for Ramstad og omfatter både prekambriske og kaledonske bergarter (Figur 13).



Figur 13: Geologisk kart med tolkede profiler over lokaliteten ved Ramstad. Bergartene er delt inn i to hovedgrupper; kaledonske dekkebergarter og prekambrisk grunnfjell (se tegnbeskrivelse).

De prekambriske bergartene består av til dels homogen og grovkornet lys granitt med kvarts, K-feltspat og plagioklas, og noen innslag av mørke mineraler som biotitt og hornblende. I tillegg opptrer mafiske linser, og lokalt observeres en svak metamorf foliasjon. Granitten opptrer i en markert NNØ-SSV strykende brattskrent lengst øst i steinbruddet, som sammenfaller med en sprø forkastning (se beskrivelse under) som avgrenser kaledonske bergarter i vest (se profil C-D i Figur 13). Denne skrenten med granittiske bergarter kan følges nordover og inn i overdekt terreng (Figur 13).

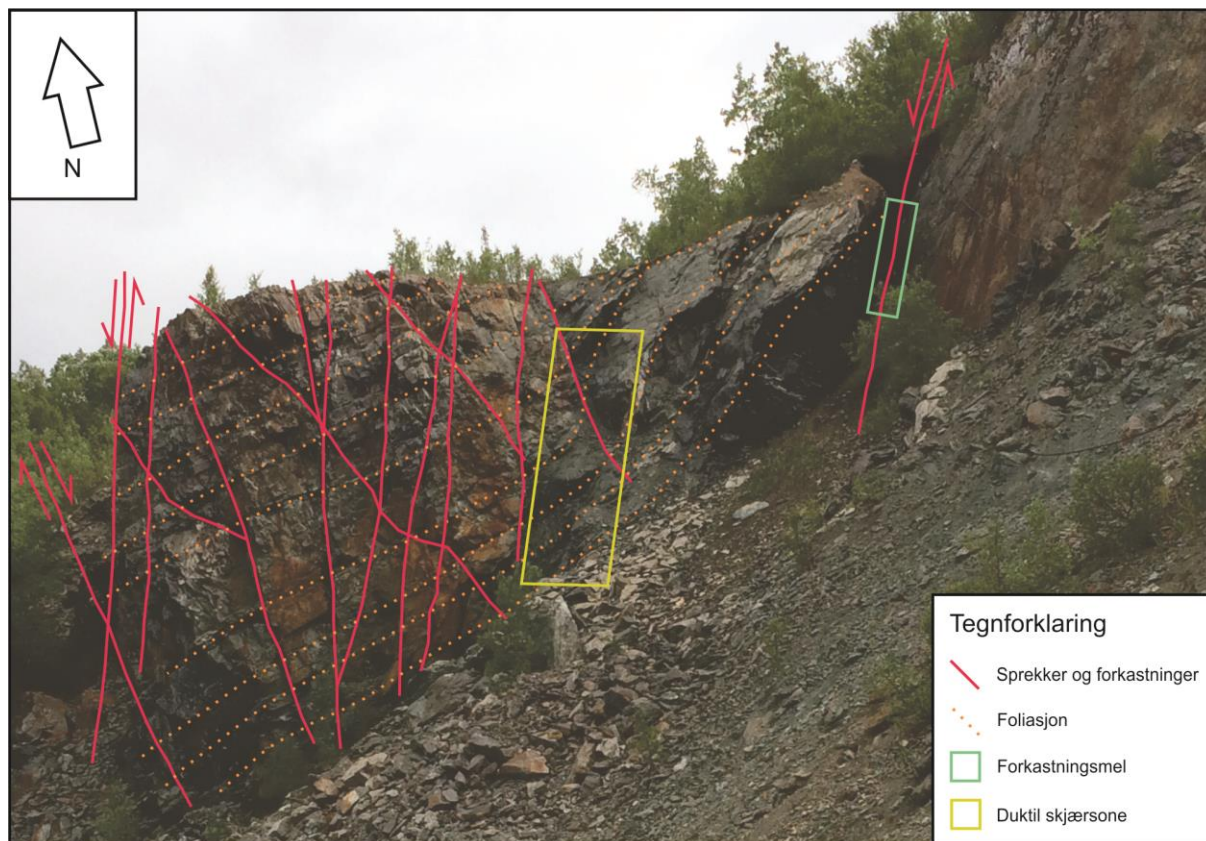
De kaledonske bergartene består hovedsakelig av meta-psammitter (sandstein) med en godt utviklet foliasjon i den vestlige delen av steinbruddet. I den østlige delen, inn mot brattskrenten, opptrer vekslende glimmerskifre, amfibolitter og amfibolittiske gneiser/skifre.

Foliasjonen i de kaledonske dekkebergartene varierer i orientering, og er tydelig foldet i åpne makrofolder, både synformer og antiformer, med tilnærmet horisontal, NØ-SV akseretning og vertikalt akseplan (Figur 13). Bergartene preges også av stedvis intens oppsprekking, hvor sprekker/bruddsoner, og trolig forkastninger, sammenfaller med brattskrenten som skiller de to hovedgruppene av bergarter (Figur 13).

### Ramstadforkastningen

Øst i steinbruddet ved Ramstad kan det observeres et tydelig plan langs hele brattskrenten, som skiller de to hovedgruppene av prekambriske og kaledonske bergarter (Figur 14). Dette planet har gjennomsnittlig strøk NNØ-SSV og ca. 70° fall mot VNV. På grunn av en buktende geometri varierer orienteringen lokalt, både internt og langs strøkretingen på planet (Figur 13).

Selve forkastningsplanet er eksponert langs hele brattskrenten og man kan påvise 0-2 meter tykke soner av oppknuste bergarter, så vel konsoliderte som ukonsoliderte. De konsoliderte bergartene inneholder cm- til dm-store, skarpkantede fragmenter av granitt og meta-psammitt, samt glimmerskifre. Bergartene tolkes som kataklasitter knyttet til kjernen (*core zone*) av en betydelig sprø forkastningssone (= Ramstadforkastningen).

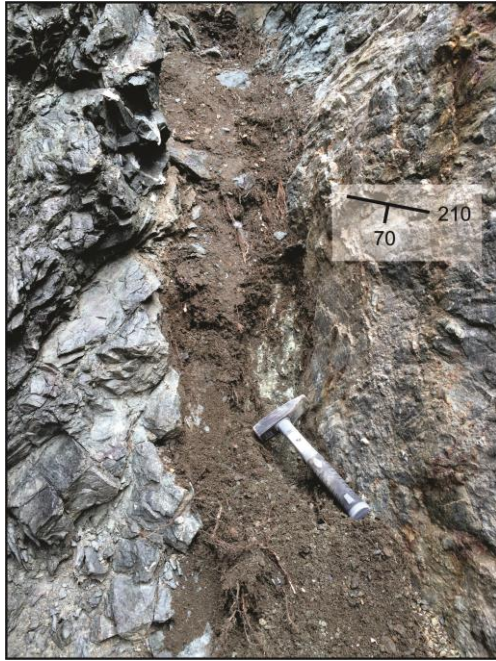


Figur 14: Foto som viser Ramstadforkastningen (øverst til høyre) og hengblokken nord i steinbruddet, som består av folierte kaledonske bergarter kuttet av syn- og antitetiske forkastninger og sprekker. Den gule rammen viser en duktil skjærsone i kaledonske bergarter, og den grønne rammen viser hvor forkastningsmel er lokalisert (se Figur 15).

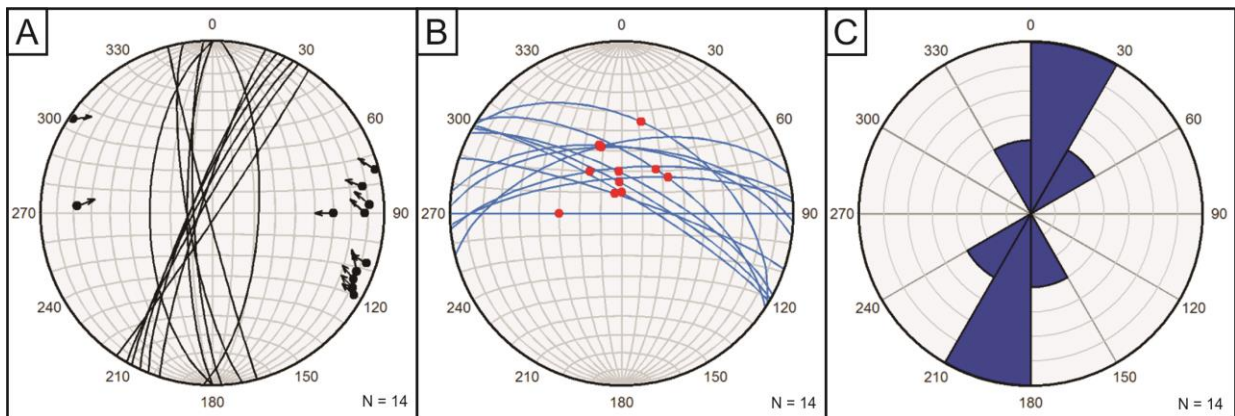
Denne tolkningen underbygges av opptreden av flere lignende soner med kataklasitt i hengblokken. Mellom ligg- og hengblokken observeres en halv meter bred sone av ukonsolidert mørk brunt forkastningsmel (*fault gouge*). Forkastningsmelet er finkornet og har et innhold av små leir-sand- og lokalt gruspartikler (Figur 15).

Langs forkastningsplanet som inneholder kataklasitt opptrer det glidestriper orientert tilnærmet vinkelrett på forkastningsplanets strøk (Figur 16). Glidestripene karakteriseres av fibre av grønnfarget epidot og/eller kloritt og en rød-lilla hematitt, hvor orienteringen på fibre er tydeligere enn andre steder langs planet. Glidestripene viser en bevegelse av de kaledonske bergartene mot VNV (Figur 16). Lokalt observeres det glidestriper med slakere stupning (skrå orientering).





Figur 15: Foto av Ramstadforkastningen, med ukonsolidert forkastningsmel mellom ligg- og hengblokken. Orienteringen på forkastningsplanet her er 210/70.



Figur 16: A) Stereografisk projeksjon (Schmidt Net) av målte bruddflater (storsirkler) langs Ramstadforkastningen, med glidestripedata angitt som *slip-linear* (punkt med pil, Anastasio (1987)). B) Konstruerte M-plan (blå storsirkler) for data fra Ramstadforkastningen. Røde punkter angir målte glidestriper. C) Rosediagram (sirkelhistogram) som viser trender for målte forkastninger i steinbruddet ved Ramstad.

I hengblokken i den nordlige delen av brattskrenten observeres det kaledonske glimmerskifer, amfibolitter og metasandstein som kuttes av flere sett med steile ( $>60^\circ$ ) bruddplan, sprekker og små forkastninger, stedvis med konjugert mønster. Det ene av de to konjugerte bruddplanene har strøk og fall likt Ramstadforkastningen, mens det andre settet faller i motsatt retning. Målingene av bruddplanene med glidestriper viser en dominerende trend NNØ-SSV (Figur 16 C), hvor glidestripene viser både sinistrale og dekstrale normale bevegelser (Figur 16 A og B).

De konjugerte settene har lokalt høy frekvens og gir bergarten et oppsprukket utseende, samtidig preget av mye oksidasjon, som gjør det vanskelig å observere forskyvninger innad i hengblokken (Figur 14).

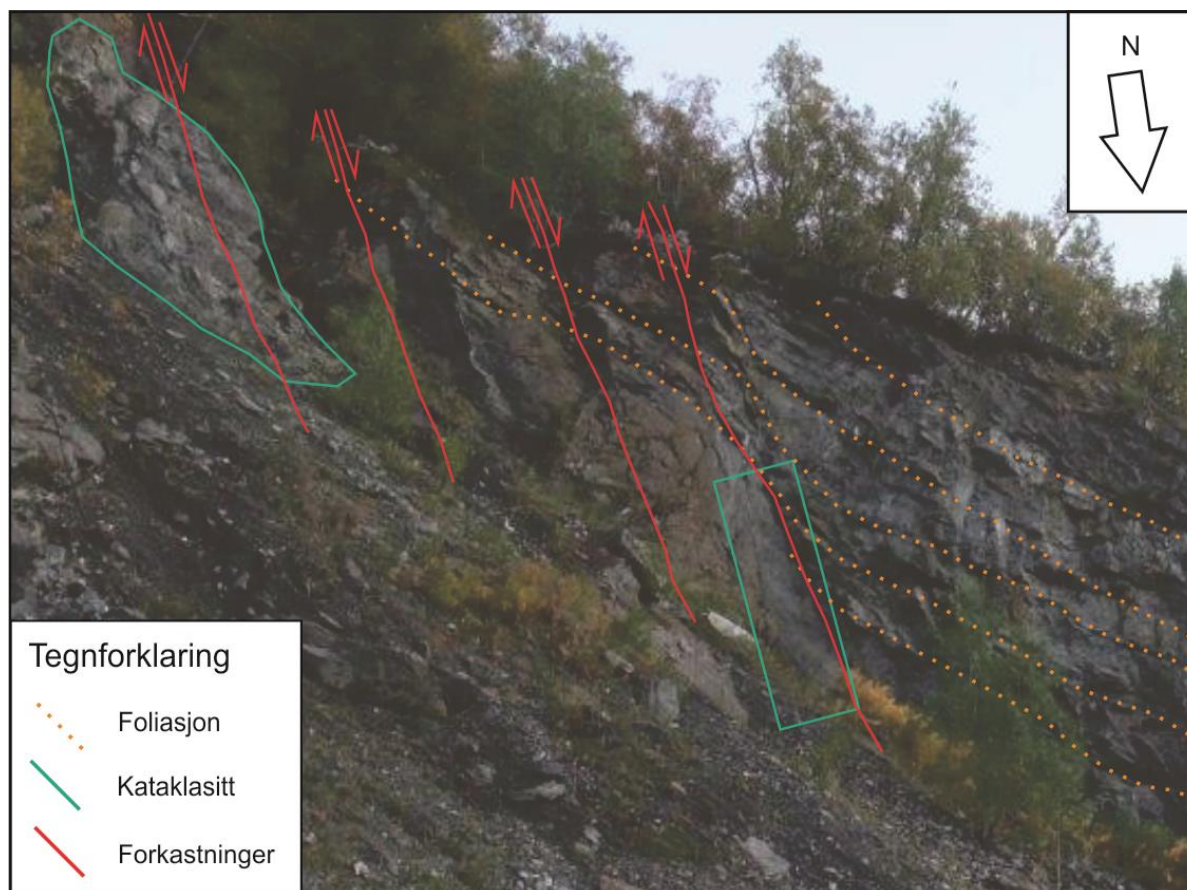
Mellom glimmerskifrene og amfibolittene, til høyre i blokken mot det blottede forkastningsplanet, og metasandsteinene mot vest, opptrer en tett foliert, duktil skjærsone (kaledonsk) med høyt innhold av kloritt. Sonens foliasjon er orientert NNØ-SSV og faller steilt mot vest (Figur 17). Selve sonen kuttet med variabel vinkel, av konjugerte, sprø forkastninger og sprekker, hvorav de syntetiske til Ramstadforkastningen sammenfaller helt med den duktile skjærsonen.



Figur 17: Duktil skjærsone med kloritt, hvor foliasjonen stryker 200/70. Sonen er kuttet av sprø sprekker og forkastninger (se Figur 14).

Sør på lokaliteten opptrer en lignende, dm-tykk sone med leirholdig forkastningsmel som nord, langs Ramstadforkastningen. Her er strøkretningen på Ramstadforkastningen målt til å være N-S med fall på 75° (Figur 18). I hengblokken opptrer flere forkastninger som faller i samme retning som brattskrenten, hvor fallvinkelen blir noe slakere dypere i snittet. I en av disse forkastningene opptrer flere tynne og en ca. 2 meter tykk sone av kataklasitt, og bruddplan som inneholder glidestriper av kloritt og epidot. Glidestripene indikerer normal bevegelse mot vest, og stupning likt fall.



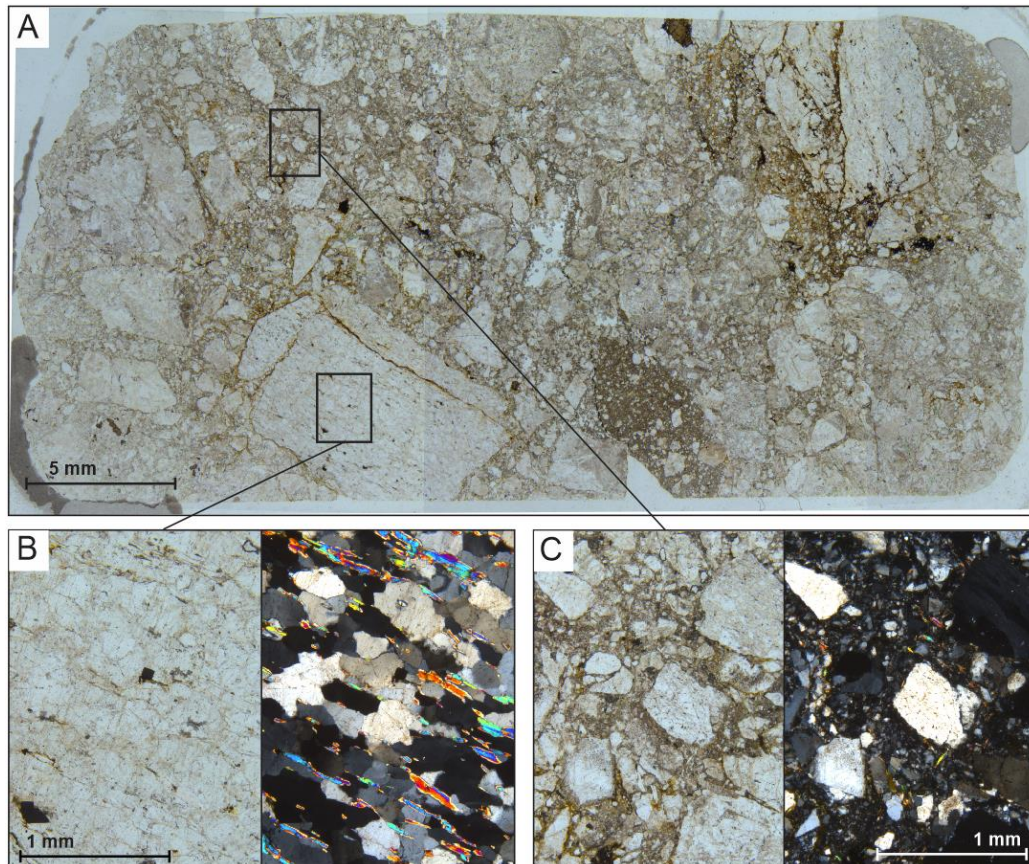


Figur 18: Foto av hengblokken sør i steinbruddet, som viser flere syntetiske normalforkastninger som kutter den varierende foliasjonen i de meta-psammittiske gneisene. De grønne områdene viser sprø bruddplan hvor det har blitt observert kataklasitter.

I selve steinbruddet får man et godt tverrsnitt gjennom Ramstadforkastningen og de kaledonske elementene i berggrunnen, både i ligg og hengblokken (Figur 14 og Figur 18). Foliasjonen i de kaledonske bergartene i kontakten mot hengblokken har slakt fall på begge sider i steinbruddet. I skjærsonen i hengblokken i nord blir foliasjonen steilere og slaker deretter ut igjen (Figur 14). Det samme kan observeres i hengblokken i sør (Figur 18). Helt vest i steinbruddet faller foliasjonen med bare ca. 25-30° VSV. En tolkning av området og foliasjonen viser at foliasjonen definerer både en syn- og antiform i de kaledonske bergartene (Figur 13).

## Beskrivelser av sprø forkastningsbergarter

Bergartsprøver ble samlet inn fra en <1 meter tykk sone med kataklasitt (*core zone*) langs brattskrenten og i hengblokken til Ramstadforkastningen. Det ble senere laget tynnslip av prøvene og disse ble studert i mikroskop (Figur 19).



Figur 19: Mikrofoto som viser kataklasitt fra hovedforkastningen ved Ramstad. Legg merke til en tydelig kataklastisk tekstur (A). Nærbildene B og C viser eksempler på teksturer internt i fragmentene i kataklasitten, og hvor man kan kjenne igjen både granitter fra liggblokken og kaledonske metamorfe bergarter fra hengblokken (Fig. 17 C).

Tynnslipstudiet av forkastningsbergarten viser en tydelig kataklastisk tekstur (Figur 19 A), med centimeter-store angulære til subangulære fragmenter av opphavsbergarter som granitt, granittisk gneis og mulig kaledonsk kvartsglimmerskifer (Figur 19 B). Fragmentene er omgitt av finkornet matriks bestående av feltspat, glimmer, kvarts og kloritt. I sprekker og mindre bruddplan er det felt ut FeOH (Figur 19 A). Prosentandelen matriks varierer i tynnslipet, fra <20 % til 50 %, noe som klassifiserer bergarten til en proto-/ortokataklasitt (se Tabell 1). Lokalt forekommer matriks-dominerte soner (>90 % matriks) med ultrakataklasitter (Tabell 1).



### 2.2.1.2 Ramsundbrua

#### Berggrunnen i området

3 km sør for steinbruddet på Ramstad, befinner enda et steinbrudd seg (Figur 12, kap. 2.2.1). Steinbruddet ved Ramsundbrua består av massiv, grovkornet og lokalt finkornet, svakt foliert granitt. I områder hvor foliert granitt kan studeres, har foliasjonen et gjennomsnittlig slakt ( $<20^\circ$ ) fall mot vest (Figur 20). De granittiske bergartene er svært oppsprukket og gjennomgått av steile bruddplan, sprekker og lokaliserte forkastninger, stedvis forkastningssoner med høy frekvens av omliggende sprekker. Slike soner inneholder flere forkastninger med glidestriper og lokalt forkastningsbergarter (se beskrivelse under).



Figur 20: Foto som viser foliasjonsflate i rødlig granitt i steinbruddet ved Ramsundbrua. Granitten inneholder en svak foliasjon definert av flakformet amfibolitt og kloritt, og som faller mot vest.

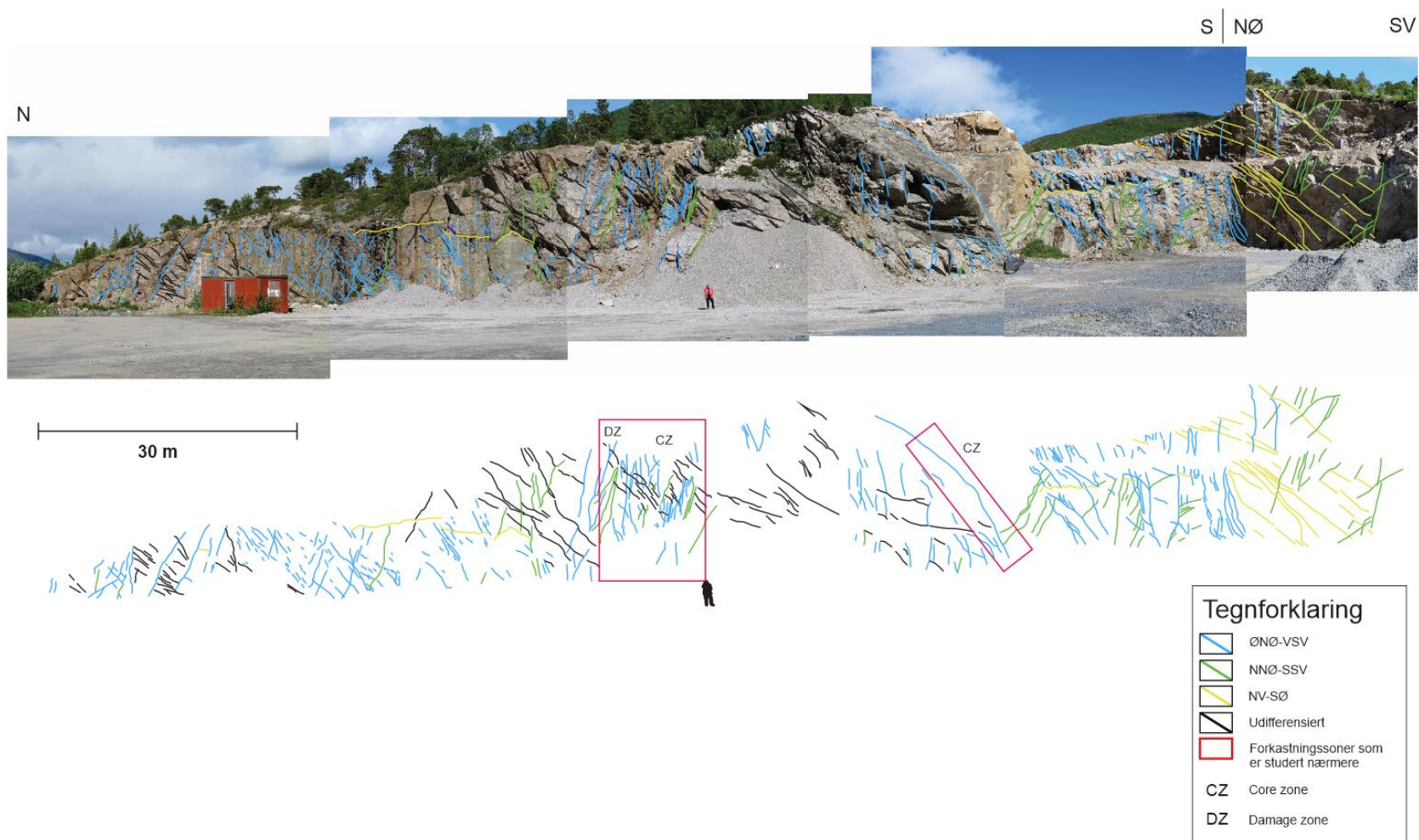
I kartbilde og på satellittbilder observeres ingen tydelige lineamenter eller lineære strukturer, men i tverrsnitt i selve steinbruddet vises berggrunnen og ulike sprø strukturer tydelig.



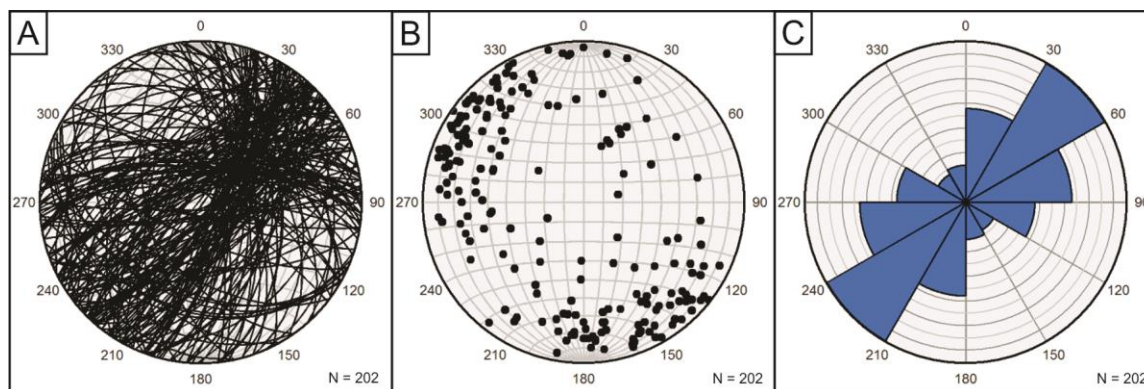
## Forkastninger, bruddplan og kinematikk

Tallrike sprø forkastninger, bruddplan og sprekker er observert i steinbruddet ved Ramsundbrua (Figur 21). De fleste er generelt steile, men har tydelig forskjellig orientering og frekvens. Basert på orientering er de delt inn i hovedgrupper. Utgangspunktet for beskrivelsene er en sammensatt fotoserie av hele steinbruddet (Figur 21), som gir et oversiktlig bilde av lokaliserte forkastningssoner og bruddsett, deres geometri og frekvens på lokaliteten. To lokaliserte områder i tverrsnitt i steinbruddet inneholder tydelige forkastningssoner og sprekker med høy frekvens (Figur 21), og disse vil bli nærmere beskrevet.

Basert på orientering (strøk og fall) er forkastningene, sprekkene og bruddplanene i steinbruddet delt inn i ulike grupper med høyere frekvens (Figur 21). Den gruppen som dominerer har strøkretning omkring NØ-SV, men kan igjen splittes i to sett som har strøk orientert henholdsvis ØNØ-VSV ( $80^\circ$  og  $260^\circ$ ) (blå streker) og NNØ-SSV ( $30^\circ$  og  $210^\circ$ ) (grønne strek). De to gruppene av dominerende bruddsett har begge forkastninger og sprekker med motsatt fall, dvs. gjennomsnittlig fall på  $70^\circ$  i retning SSØ-NNV og/eller ØSØ-VNV (Figur 22). I tillegg opptrer et tredje bruddsett som stryker NV-SØ med slakt fall ( $<30^\circ$ ) mot SSV (gule streker), samt flere mindre bruddsett som ikke kan direkte knyttes til hovedgruppene (sort, udifferensiert).



Figur 21: Fotoserie av steinbruddet ved Ramsundbrua, som viser lokaliserte sprekker og forkastninger delt inn i ulike grupper basert på orientering (se fargekode i tegnforklaringen). De to røde rammene viser to forkastningssoner som lenger ned blir beskrevet.



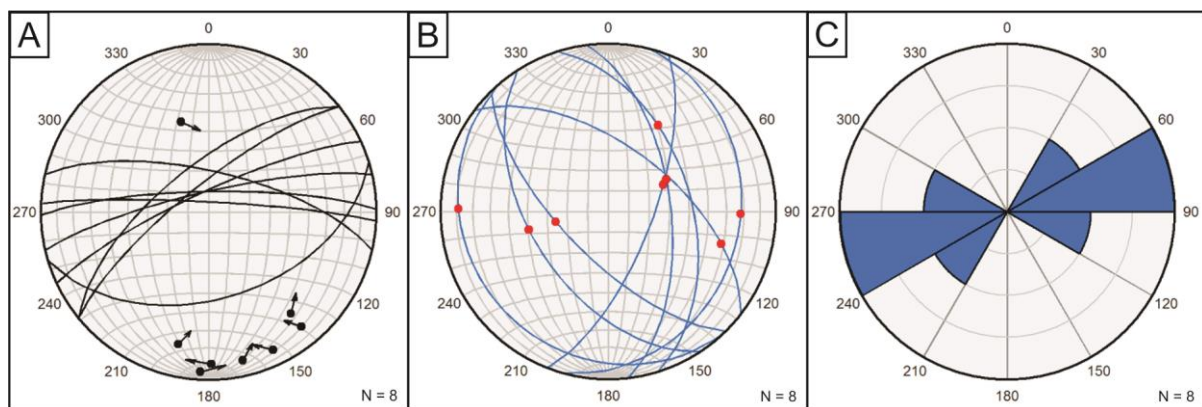
Figur 22: A) Stereoplot med strøk og fall for alle målte bruddplan fra steinbruddet ved Ramsundbrua, plottet som storsirkler. B) Strøk og fall for alle bruddplan i A, fremstilt som poler til plan. C) Rosediagram som viser dominerende strøkretninger bruddplanene (se Figur 21).

Bruddplan som inngår i disse gruppene har alle et felles geometrisk mønster. De er lineære, parallelle, ofte plane i tverrsnitt, men stedvis bøyer de seg av og forgreiner seg sammen med andre bruddplan. I områder hvor berggrunnen er mer massiv, er bruddplanene mest plan, mens de er mer ujevne i glimmerskifrene. Der frekvensen av sprekker øker, ser det ut til at flere bøyes av og forgreiner seg til sammensatte bruddsoner (Figur 21), og hvor sonen med høyest frekvens definerer sprø forkastninger med kataklasitt og lokalt forkastningsmel med sterk brun farge (se beskrivelse under). Der hvor frekvensen av sprekker er størst, dvs. nært forkastningssonene, er den granittiske berggrunnen sterkt oppsprukket.

Bruddplan i steinbruddet som stryker NV-SØ (Figur 21, gul farge) er lavvinklede og har en gjennomsnittlig orientering 120/30. I stereoplottet (Figur 22) er ikke denne gruppen veldig dominerende blant bruddplanene på lokaliteten, men i tverrsnitt i felt er de godt synlig i den sørligste delen av steinbruddet. Disse lavvinklede bruddplanene opptrer også andre steder langs skjæringen, men er ikke spesielt dominerende (Figur 21). Denne gruppen av sprekker og forkastninger ser ut til å følge foliasjonene i berggrunnen, som generelt faller mot sørvest.

Oppsummert, geometrisk er de to dominerende hovedgruppene av bruddplan ( $\emptyset$ N $\emptyset$ -VSV og NN $\emptyset$ -SSV) oftest parallelle med hverandre, men der de bøyes blir resultatet et anastomoserende mønster uten mulighet til å bestemme relativ aldersforskjell. Det kan imidlertid se ut som om de lavvinklede bruddplanene kutter de steile planene (Figur 21), og følgelig er de NV-SØ strykende bruddsettene yngst.

Langs skjæringen i steinbruddet ble det flere steder observert og målt orientering på glidestriper på bruddplan/forkastninger, som kan gi informasjon om bevegelsesmåten (kinematikken) til forkastninger. Rosediagrammet (Figur 23 C) viser at den dominerende strøkretningen på bruddplanene med glidestriper i steinbruddet er ØNØ-VSV, mens stereoplottet (Figur 23 A) viser fall både mot NNV og SSØ. *Slip-linear* data viser at bevegelsen på forkastningene ikke er ren normal, men skrå-normal med varierende grad av venstrehånds og høyrehånds sidebevegelse (Figur 23 A og B).



Figur 23: A) Stereografisk projeksjon av målte bruddplan (storsirkler) i steinbruddet ved Ramsundbrua, med glidestripedata angitt som *slip-linear*. B) Konstruert M-plan (blå storsirkler) for data fra forkastningene i steinbruddet. Røde punkter angir målte glidestriper. C) Rosediagram som viser trender for målte bruddplan/forkastninger i steinbruddet.

Det er spesielt to forkastningssoner som er studert i mer detalj under feltarbeidet (Figur 21). Disse sonene inneholder forkastningsbergarter (kataklasitt og mel) og er brunfarget som følge av utfelt, sannsynligvis jernoksid, og er definert som kjernesoner (*core zone*) i hovedgruppen av ØNØ-VSV strykende bruddsett ved Ramsundbrua.

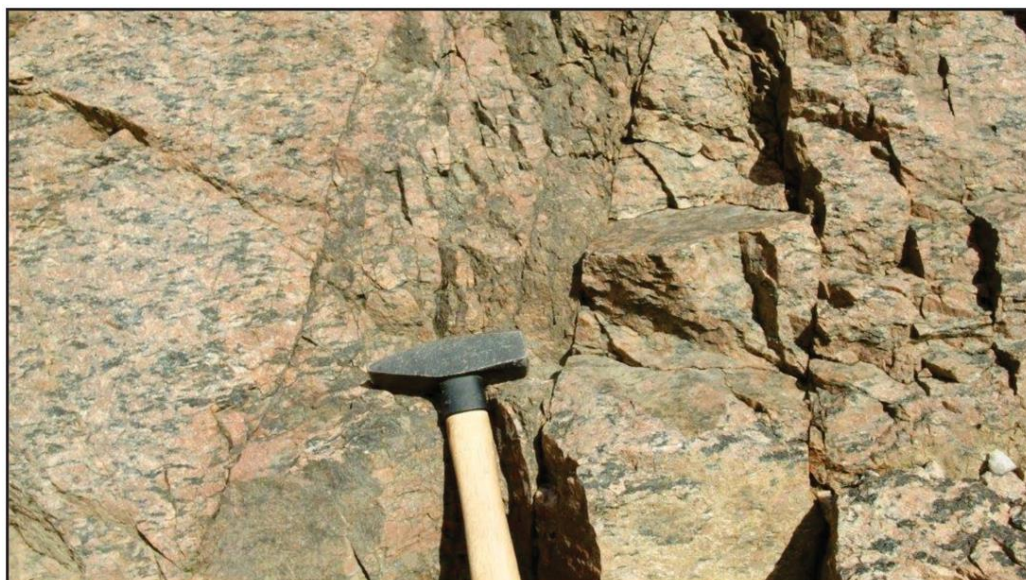
Den nordligste studerte forkastningssonen (Figur 21) viser en oppsprukket massiv granitt, med konjugerte, steile sprekker (Figur 24). Forkastningssonen inneholder kataklasitt og forkastningsmel med brunfarget jernoksid.





Figur 24: Foto som viser en svakhetssone (sprø forkastning) i massiv granitt, og som er preget av mye oppsprekking. Denne sonen viser interne sprekker som definerer skråstilte duplekser, og inneholder kataklasitt og forkastningsmel med brunfarget FeOH.

Utenfor selve kjernen (*core zone*) for denne forkastningssonen befinner det seg en halv meter tykk sone med flere separate bruddsett i oppsprukket granitt (Figur 25), og lenger vekk fra kjernen avtar frekvensen av bruddsett. Dette underbygger at vi har beveget oss fra en mulig kjerne i en forkastning til en omkringliggende *damage zone*.



Figur 25: Foto av en sone med flere separate bruddplan. Sonen befinner seg i *damage zone*.

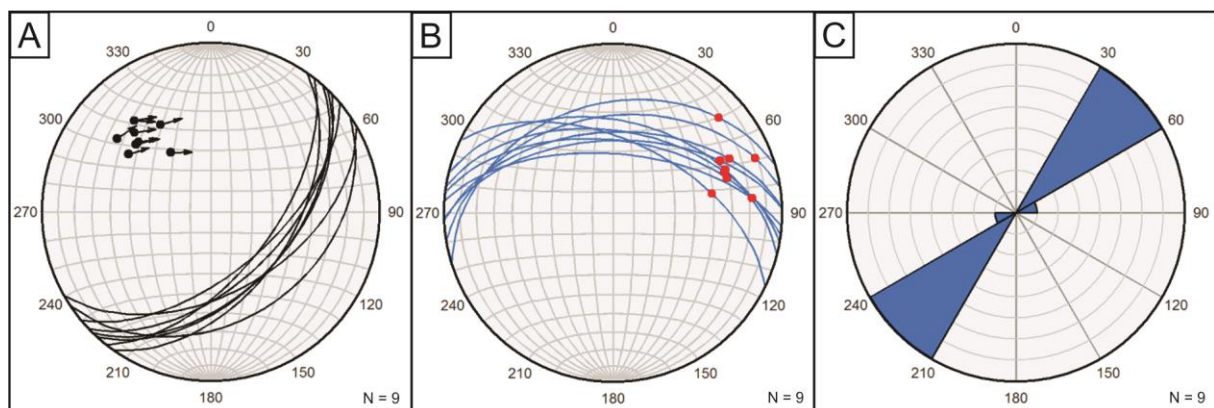


Den sørlige studerte forkastningssonene er et eget stort forkastningsplan eksponert i 3D (Figur 26) i homogen granitt. Planet stryker NØ-SV og faller varierende mot SØ, og med slakere fall og avbøying opp i tverrsnittet (Figur 26 Figur 27). Planet er ujevnt, og preges av oppknust granitt med innhold av sekundært utfelt hematitt og kloritt somfølger en svak foliasjon i granitten (Figur 26). I tillegg inneholder planet glidestriper og ulike typer av kataklasitt.

Målinger av glidestripene på dette forkastningsplanet viser en skrå, normal bevegelse ned mot øst, med sinistral sideforskyvning (Figur 27).



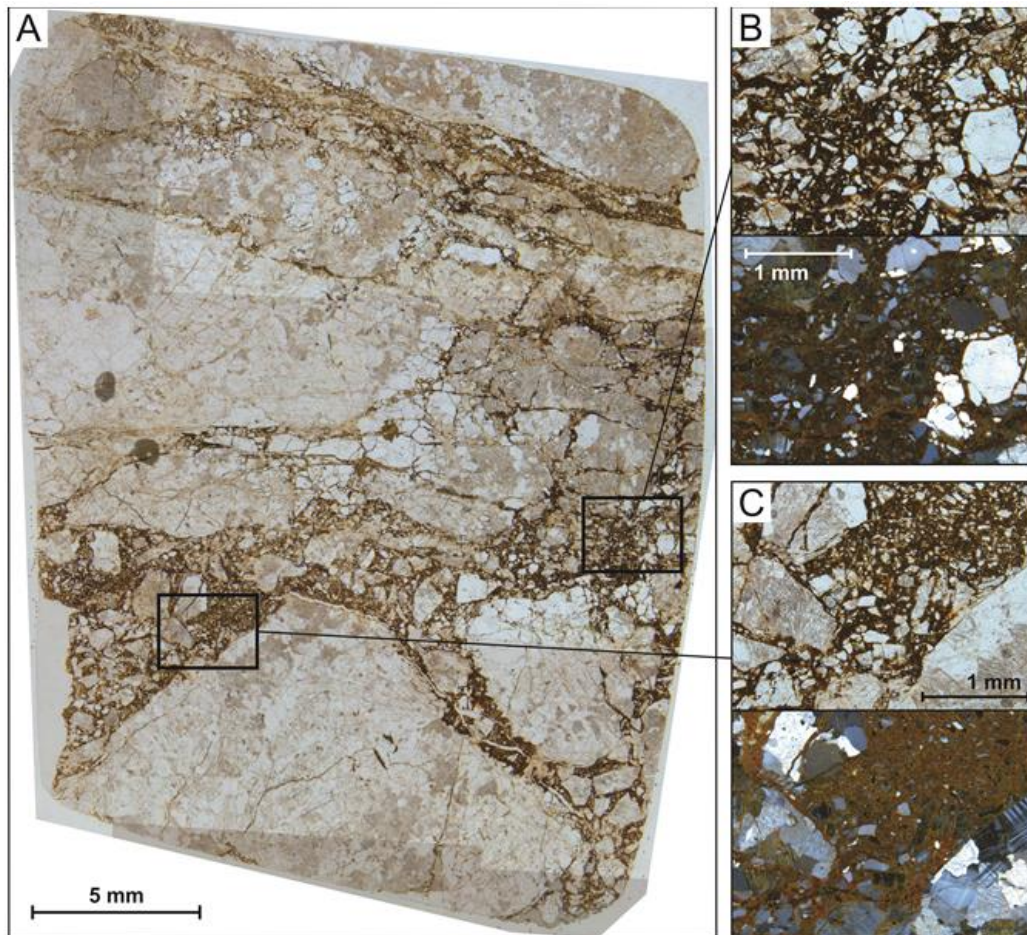
Figur 26: Foto av det blottede forkastningsplanet i steinbruddet. Planet preges av oppknust granitt, glidestriper og sekundært utfelt hematitt og kloritt. Planets orientering og bevegelsesretning er vist med det røde tegnet.



Figur 27: A) Stereografisk projeksjon av målte bruddplan (storsirkler) langs forkastningsplanet (Fig. over) i steinbruddet, med glidestripedata angitt som *slip-linear*. B) Konstruerte M-plan (blå storsirkler) for data fra planet. Røde punkter angir glidestripene. C) Rosediagram som viser trenden av målene fra forkastningsplanet.

## Beskrivelser av sprø forkastningsbergarter

Fra begge forkastningssonene ble det samlet inn prøver av bergarten, i tro om at de viste kataklastiske trekk. Kataklasitten i Figur 28 er hentet fra en skjærsone utenfor den nordligste forkastningskjernen (*damage zone*), og er definert som en protokataklasitt (ca. 40 % matriks) (se Tabell 1).



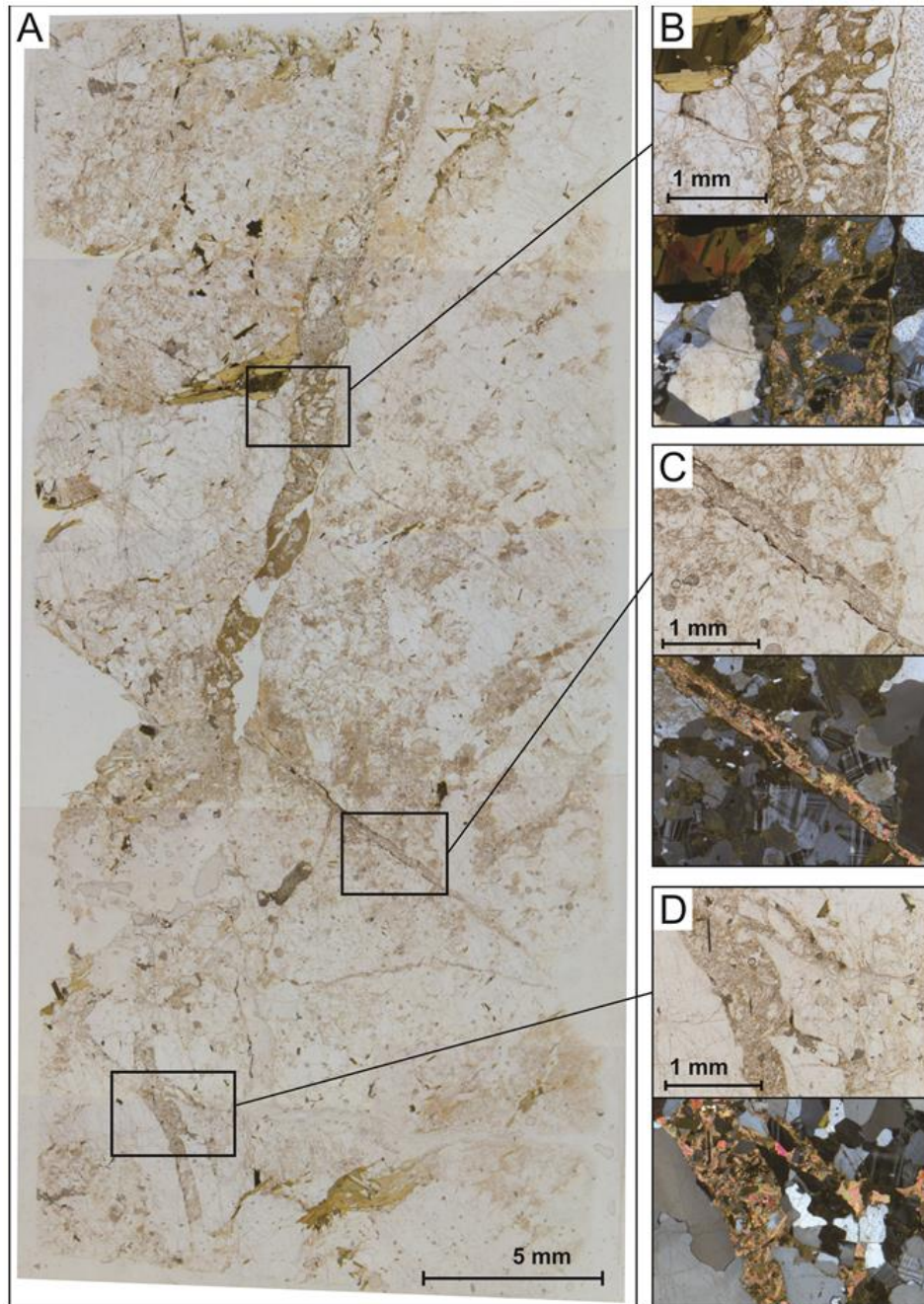
Figur 28: Mikrofot av en oppsprukket granitt hentet utenfor den nordligste studerte forkastningskjernen i steinbruddet (A). Nærbildene B og C viser eksempler på teksturer internt i selve kataklasitten, hvor man kan kjenne igjen opphavsbergarten.

De lokaliserte >5 mm brede bruddsonene, inneholder kataklasitt med angulære fragmenter i en rødbrun matriks av jernoksid (Figur 28 B og C). Fragmentene ser ut til å være kvarts, plagioklas og lyst glimmer fra granitten (opphavsbergarten). Prosentandelen matriks varierer i



prøven, og lokalt forekommer matriks-dominerte soner (>90 % matriks) med ultrakataklasitt (Figur 28 C).

Kataklasitt fra forkastningsplanet eksponert sør i steinbruddet ble også samlet inn, og vises som en oppsprukket granitt med soner av kataklasitt (Figur 29).



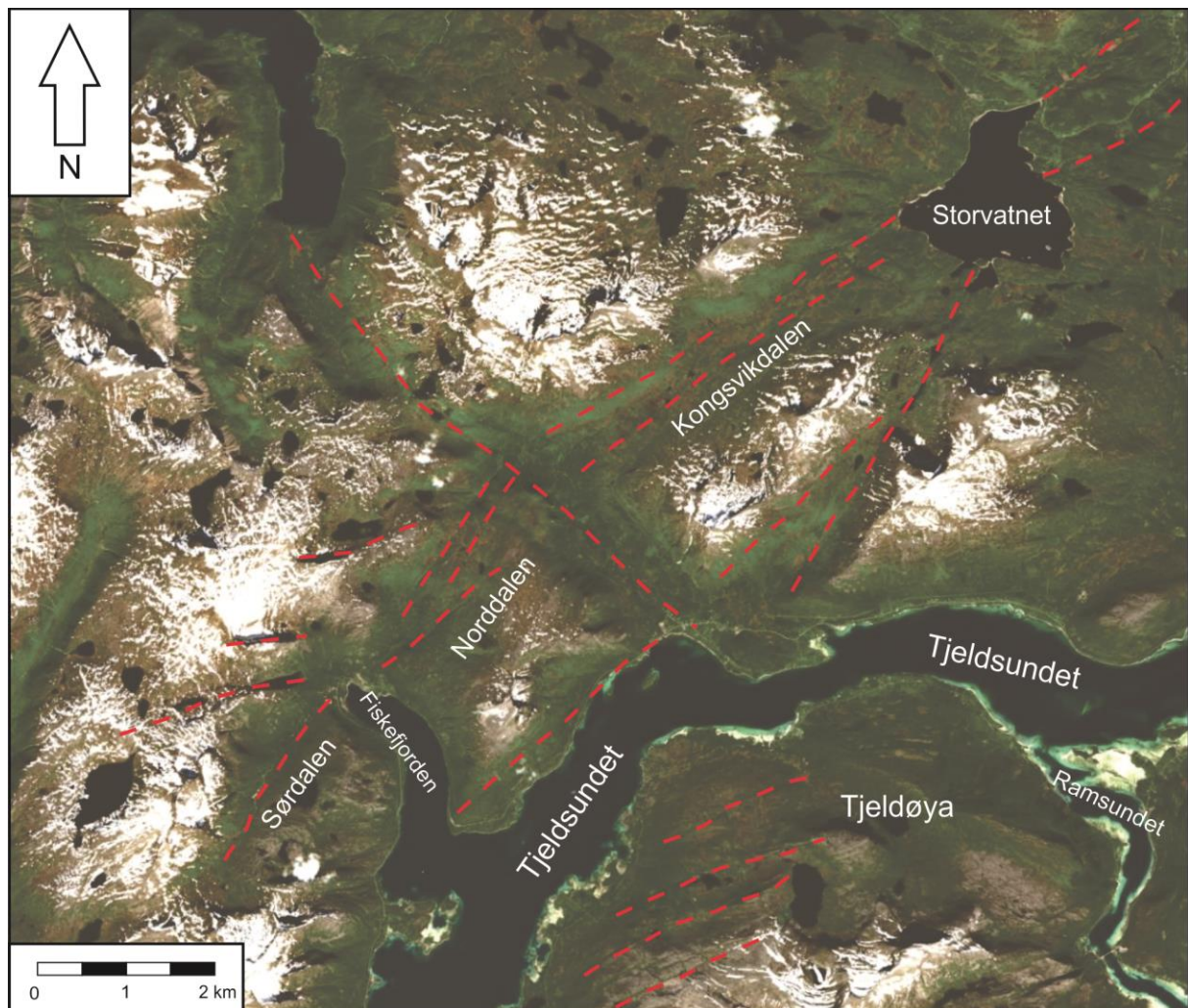
Figur 29: Mikrofoto av en mindre oppsprukket granitt med soner av kataklasitt. Opphavsbergarten, fragmenter og matriks er forstørret i figur B til D.



De 1 mm brede sonene med kataklasitt viser en finkornet karbonatmatriks (Figur 29 B-D), med angulære til subangulære fragmenter av kvarts, plagioklas og trolig noe lyst glimmer. Fragmentene varierer lite i størrelse og speiler mineralogien til den oppsprukne granitten i prøven (opphavsbergarten). Prøven inneholder også noe klorittisert biotitt (Figur 29 B).

## 2.2.2 Fiskefjordlineamentet

Fiskefjordlineamentet er fellesbetegnelsen for et større tolket lineament som strekker seg fra Sjørdalen i sørvest, gjennom Norddalen og Kongsvikdalen, til Storvatnet i nordøst på Hinnøya, vest for Tjeldsundet (Figur 9, kap. 2.1). Det er studert fire lokaliteter langs traseen til dette lineamentet, fra sørvest mot nordøst, henholdsvis Sjørdalen, Norddalen, Kongsvikdalen og Storvatnet (Figur 30). Dette studiet søker å avklare om dette lineamentet utgjør en del av et større forkastningssystem.

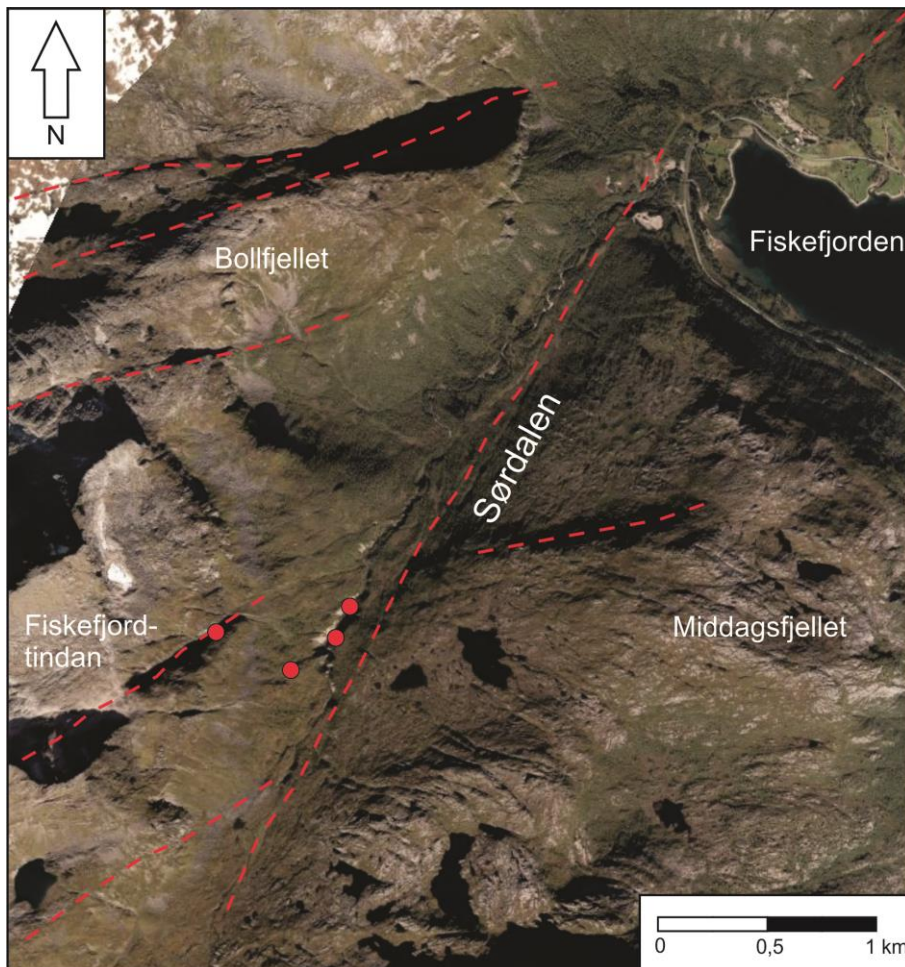


Figur 30: Oversikt over lokalitetene i Fiskefjordlineamentet; Sjørdalen, Norddalen, Kongsvikdalen og Storvatnet. De røde stiplede linjene er tolkede lineamenter (satellittbilde fra [www.borgeibilder.no](http://www.borgeibilder.no)).

### 2.2.2.1 Sjørdalen

#### Berggrunnen i området

Sjørdalen er den sørligste lokaliteten langs Fiskefjordlineamentet og strekker seg fra innerst i Fiskefjorden i SSV retning mot Lødingen langs en omtrent 2-3 km lang strekning (Figur 31). Dalen begrenses av Fiskefjordtindan og Bollfjellet i vest og Middagsfjellet i øst mot Tjeldsundet. Elven som renner gjennom dalen i NNØ retning har flere steder skåret seg ned i berggrunnen og danner gjel på opptil 20-30 meter i vertikal høyde.



Figur 31: Kart som viser en oversikt over Sjørdalen, hvor de røde punktene representerer lokalitetene for feltundersøkelsene (satellittbilde fra [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)). Den rødstiplede linjen er tolkede lineamenter (se Figur 9, kap 2.1).

Berggrunnen i Sjørdalen består av dominerende massiv rød granitt (Figur 2, kap.1.3.1) lokalt med en svakt utviklet foliasjon. I tillegg fins innslag av granittisk gneis.



## Bruddplan og kinematikk

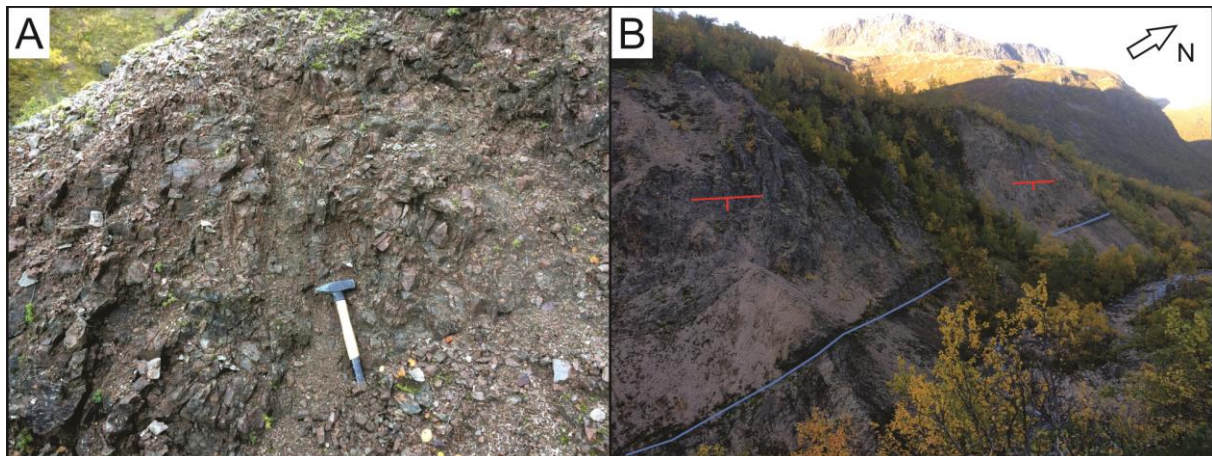
Valg av lokaliteter for feltundersøkelsene ble bestemt av vegetasjon og terreng. Den vestligste lokaliteten ved Fiskfjordtinden (Figur 31) befinner det seg i et skar (Figur 32), som ble undersøkt i den tro at det kunne være en ØNØ-VSV strykende forkastning.



Skaret og elvekløften langs bunnen av Sørдалen (Figur 31) inneholder

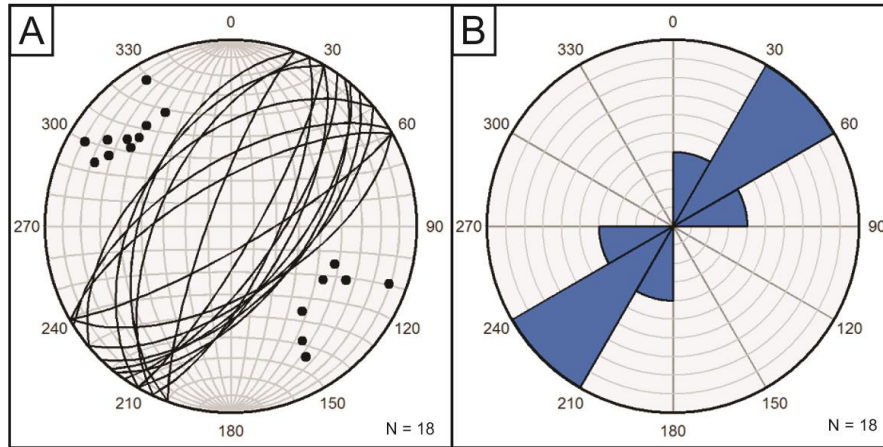
Figur 32: NØ-SV strykende skar/lineament som opptrer i den vestlige fjellsiden av Sørдалen (se det vestligste røde punktet i Figur 31).

sterkt oppknuste granittiske bergarter (Figur 33 A) med høy frekvens av bruddplan og sprekker. Bergartene har stedvis godt utviklet foliasjon, som klassifiserer dem til granittiske gneiser, og lokalt duktile skjærsoner som faller mot vest er lokalisert til å følge elvekløften (Figur 33 B, rød linje).



Figur 33: A) Oppsprukket granitt i elvekløften i bunnen av Sørдалen. B) Elvekløften sett mot nordvest, hvor sprø hovedforkastning i dalbunnen faller mot SØ (røde tegn), mens duktile skjærsoner faller mot vest (blå linjer).

Sprø bruddplan med dominerende strøk NØ-SV og steilt fall mot SØ ble observert (Figur 34 B), hvor to store bruddplan ble målt til 25/70 og 35/70 (Figur 34 A). Målingene tatt i skaret og elvekløften viser steile, konjugerte sett, uten spesielt dominerende fallretning.

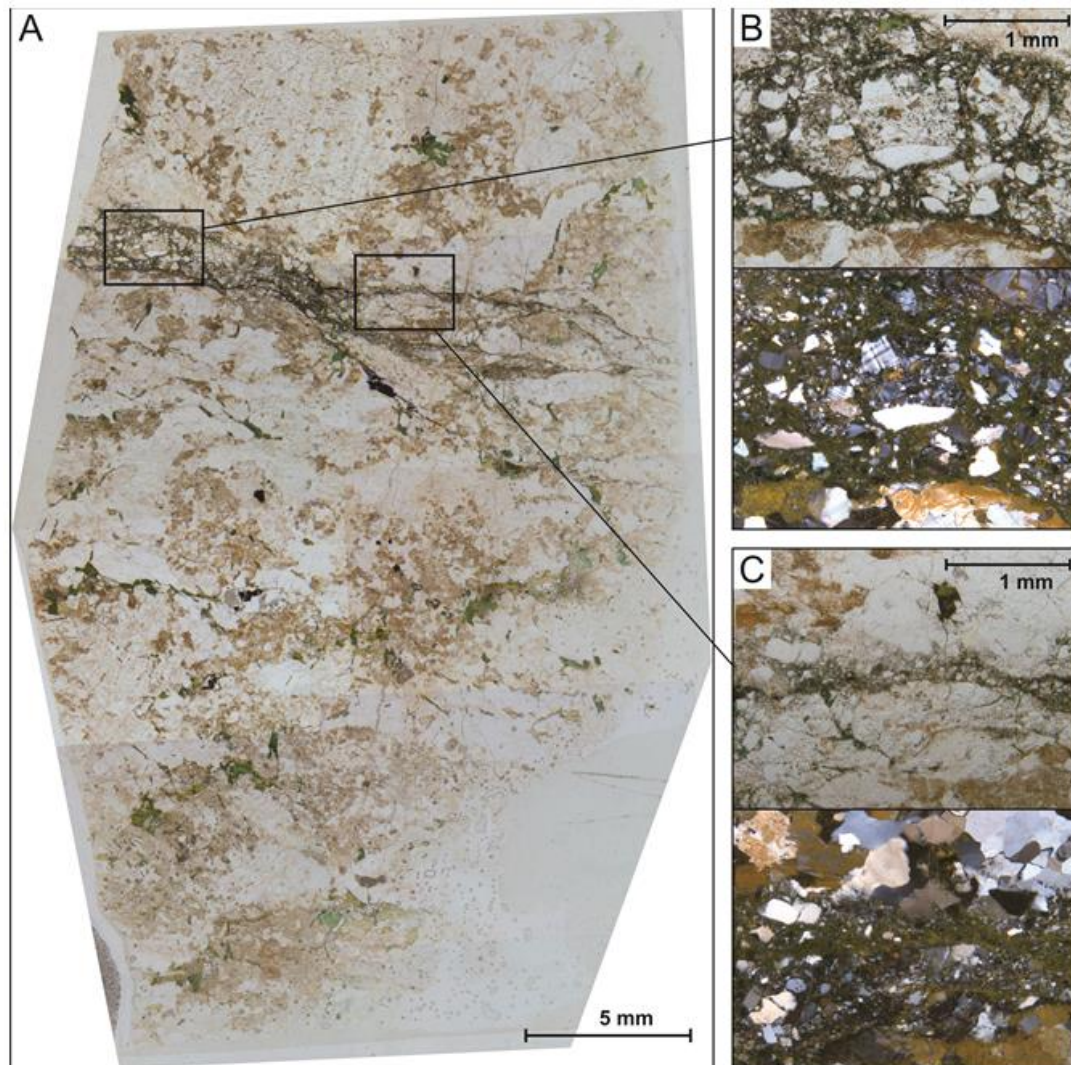


Figur 34: A) Stereografisk projeksjon av målte bruddplan (storsirkler) i Sør-dalen, med plottede poler. B) Rosediagram som viser trenden for målte bruddplan.

Lokalt inneholder bruddplanene observerbare kataklastiske bergarter og/eller forkastningsmel, men hvor få av disse inneholdt glidestriper eller andre kinematiske indikatorer. Glidestriper ble observert, på bruddplan i løse blokker, men ikke målt.

## Beskrivelser av sprø forkastningsbergarter

Bergartsprøver fra oppknuste granitter (Figur 35) ble samlet inn med hensikt å påvise eventuelle kataklastiske teksturer og knusningsbergarter (se beskrivelse under).



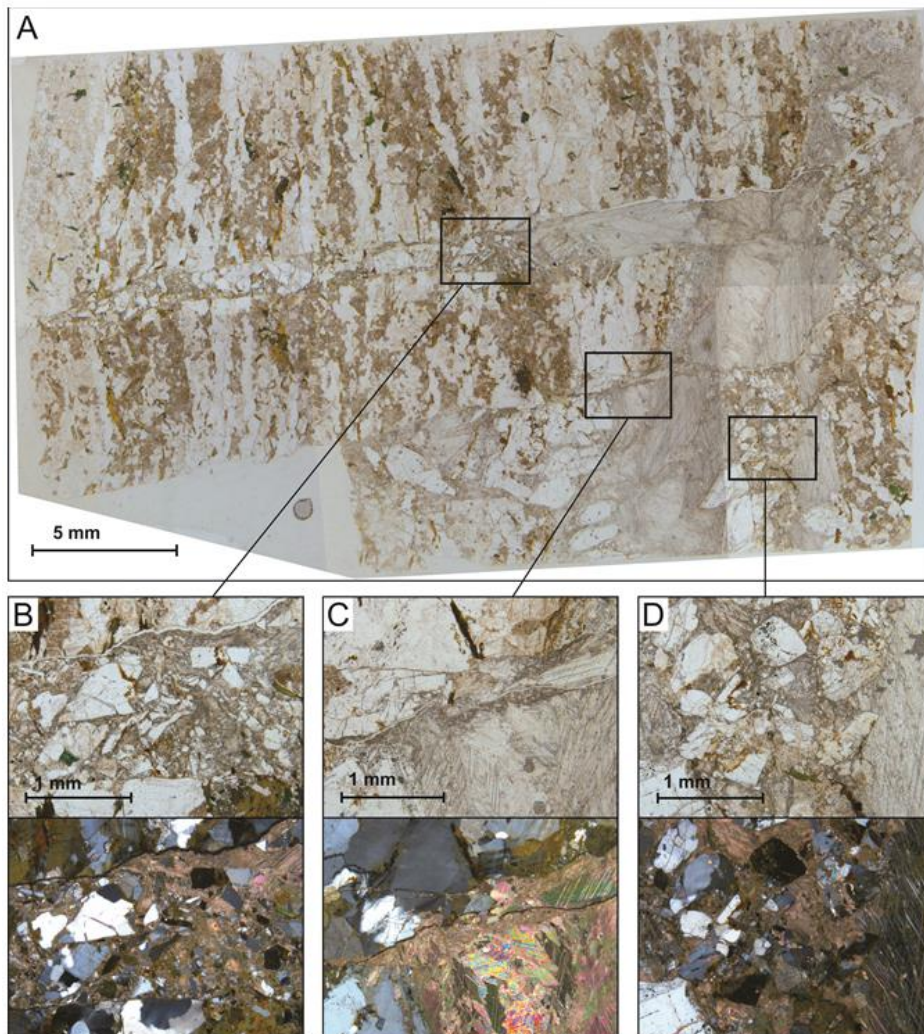
Figur 35: Mikrofoto av en granitt kuttet av en kataklasittsone, hvor nærbildene B og C viser opphavsbergart, fragmenter og matriks.

Opphavsbergarten, granitt, er kuttet av en kataklasittsone. Kataklastitten har en klorittrik og finkornet matriks (Figur 35 B og C), med angulære til subangulære fragmenter. Fragmentene varierer i størrelse og består av granitt med lys glimmer, kvarts og plagioklas. Noen fragmenter består av både granitt fra opphavsbergarten og mer finkornet kataklasitt (Figur 35



B). Utenom kataklasittsonen, består prøven av granitt med mye kloritt spredt i matriks mellom krystaller av plagioklas og kvarts.

Figur 36 A viser prøve av tydelig foliert granitt/granittisk gneis, med innslag av gneisbånd med biotitt og klorittisert biotitt. Gneisen er kuttet av flere årer fylt med sekundær karbon og som inneholder kataklasitt i matriks mellom karbonatkornene (Figur 36 B og D).



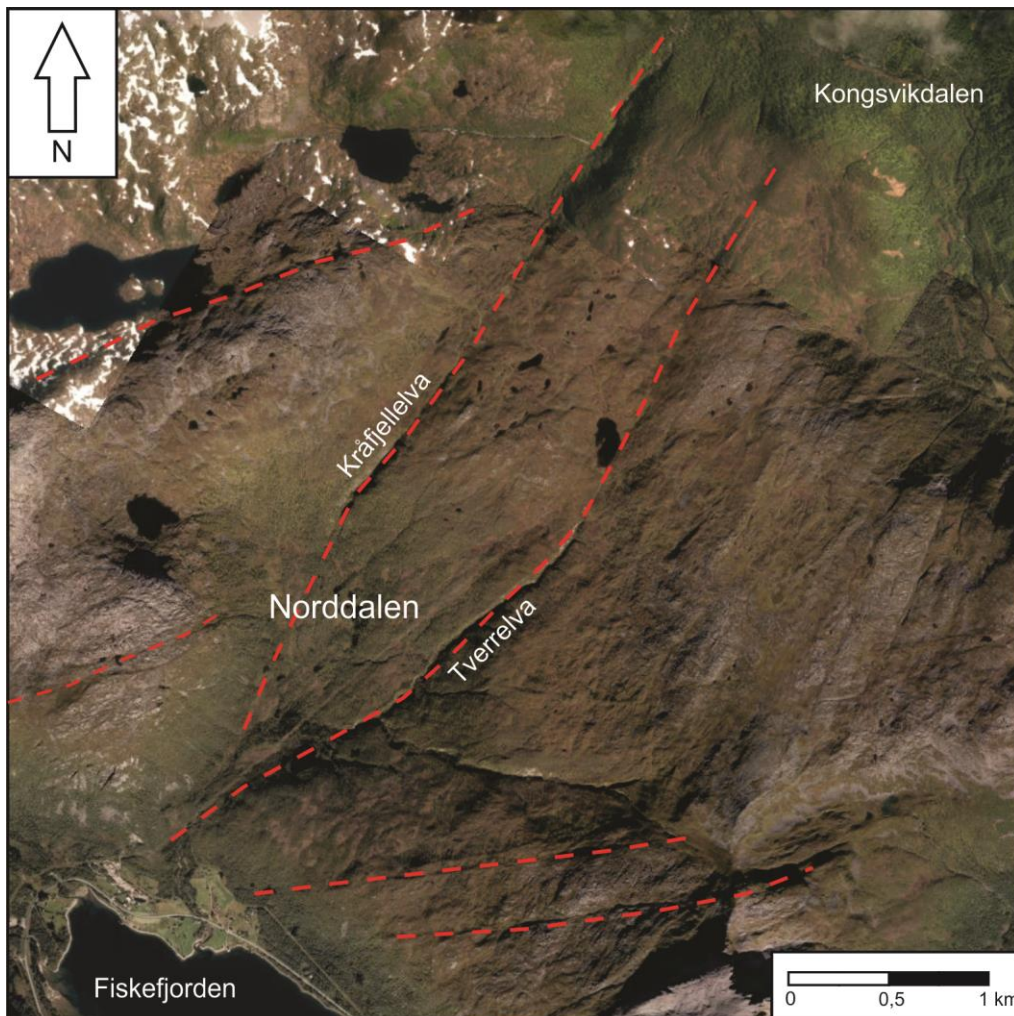
Figur 36: Mikrofoto av en foliert granittisk gneis, kuttet av årer fylt med karbonat. Opphavsbergarten, fragmentene og karbonatmatriksen er forstørret i figur B til D.

Kataklasitten inneholder karbonatrik matriks, med angulære fragmenter fra granitten (kvarts og plagioklas). Figur 36 C viser en del av åren lite preget av fragmenter fra opphavsbergarten, hvor større og mindre oppknust karbonat dominerer.

### 2.2.2.2 Norddalen

#### Berggrunnen i området

Norddalen går i nordøstlig retning fra Fiskefjorden til passet mot Kongsvikdalen (Figur 30, kap. 2.2.2). Dalen begrenses av høye fjell både i øst og vest, og særlig i to lineære elvekløfter er det mulig utføre feltundersøkelsene. Elvene kan følges nordover mot overgangen til Kongsvikdalen, hvor de danner to tydelige hakk/nedskjæringer i terrenget (Figur 37). Mellom disse nedskjæringene er flere uregelmessige mindre bekkekløfter som stryker NØ-SV til ØNØ-VSV. Berggrunnen i dalen består av rødlig, foliert granitt eksponert i elvekløftene, på samme måte som i Sørtdalen.



Figur 37: Kart som viser en oversikt over Norddalen, hvor de rødstiplede linjene er tolkede lineamenter fra Figur 9 (satellittbilde fra [www.norgebilder.no](http://www.norgebilder.no)).



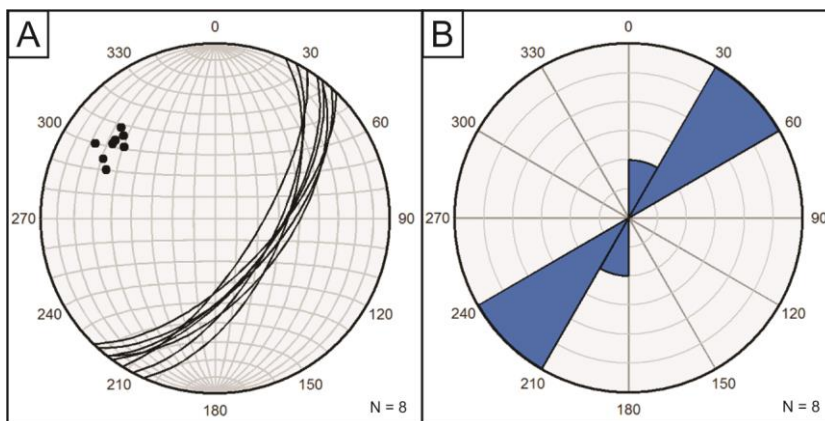
## Bruddplan og kinematikk

Dalen preges av mye rasmateriale og vegetasjon, som fører til mangel på gode blotninger. Berggrunnen er god eksponert i elvene i Norddalen, hvor alle målinger ble tatt. Den rødlige granitten er sterkt oppknust og blotningene preges av mye løst materiale (Figur 38).



Figur 38: Sterkt oppknust foliert granitt/granittisk gneis i et mindre elveløp lokalisert mellom Tverrelva og Kråfjellelva i Norddalen.

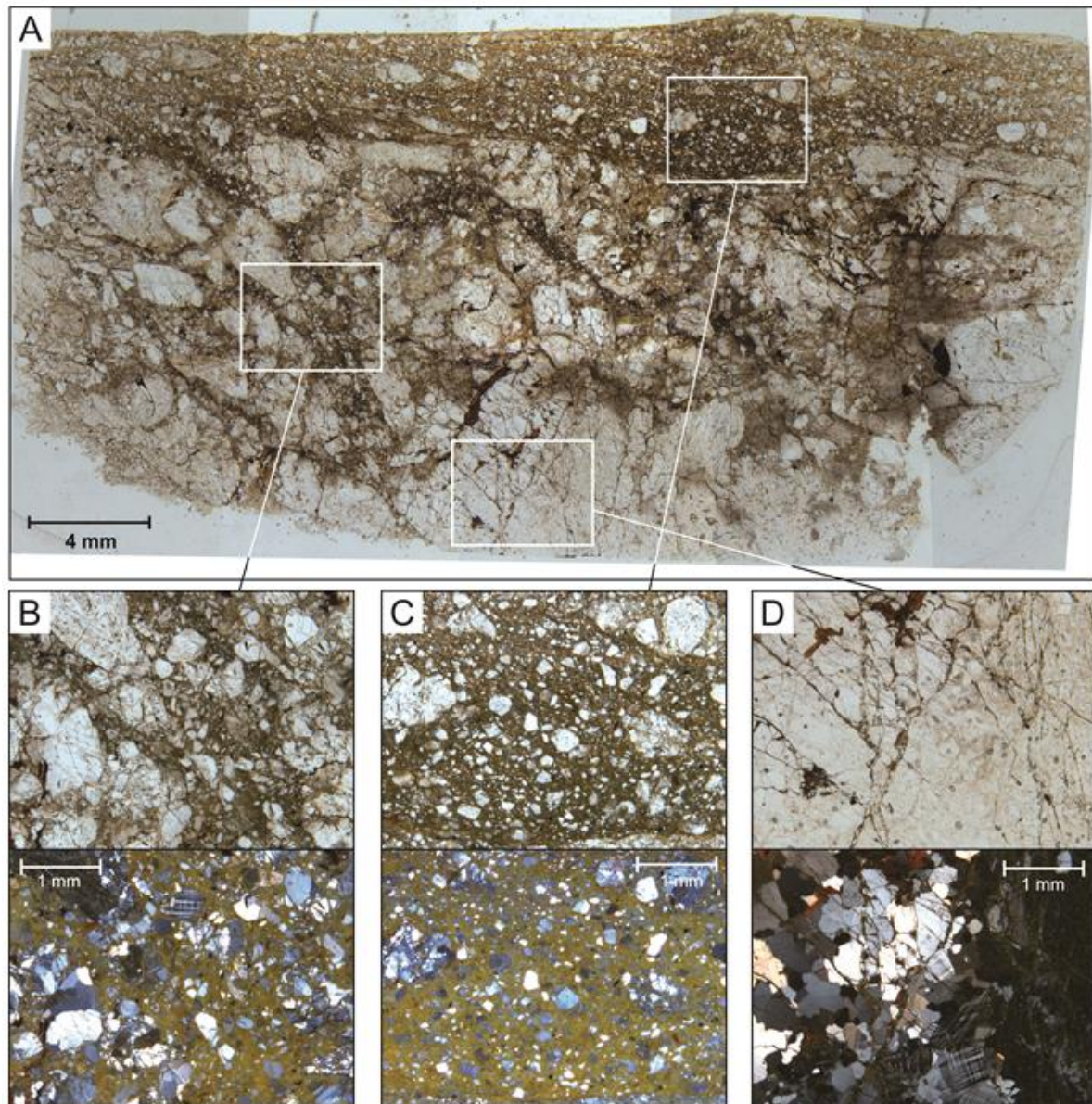
Grunnet oppsprekking og løst materiale ble det tatt få målinger. Målinger av steile bruddplan viser en dominerende strøkretning NØ-SV, med fall mot SØ (Figur 39 A og B).



Figur 39: A) Stereografisk projeksjon av målte bruddplan (storsirkler) i Norddalen, med plottede poler. B) Rosediagram som viser trenden for målte bruddplan.

## Beskrivelser av sprø forkastningsbergarter

Ingen sikre funn på forkastningsbergarter er funnet i Norddalen, men en løs bergartsprøve med kataklasitt og glidestriper fra elvekløfta i Figur 38 over ble prøvetatt. Figur 40 viser et tynnslibbilde av denne bergartsprøven, kuttet i tverrsnitt parallelt med glidestripene.



Figur 40: Mikrofot av en prøve med glidestriper og kataklasitt. B til D viser nærbilder av opphavsbergart, fragmenter og ulike typer kataklasitt. Glideplanet er orientert parallelt øverst i A.

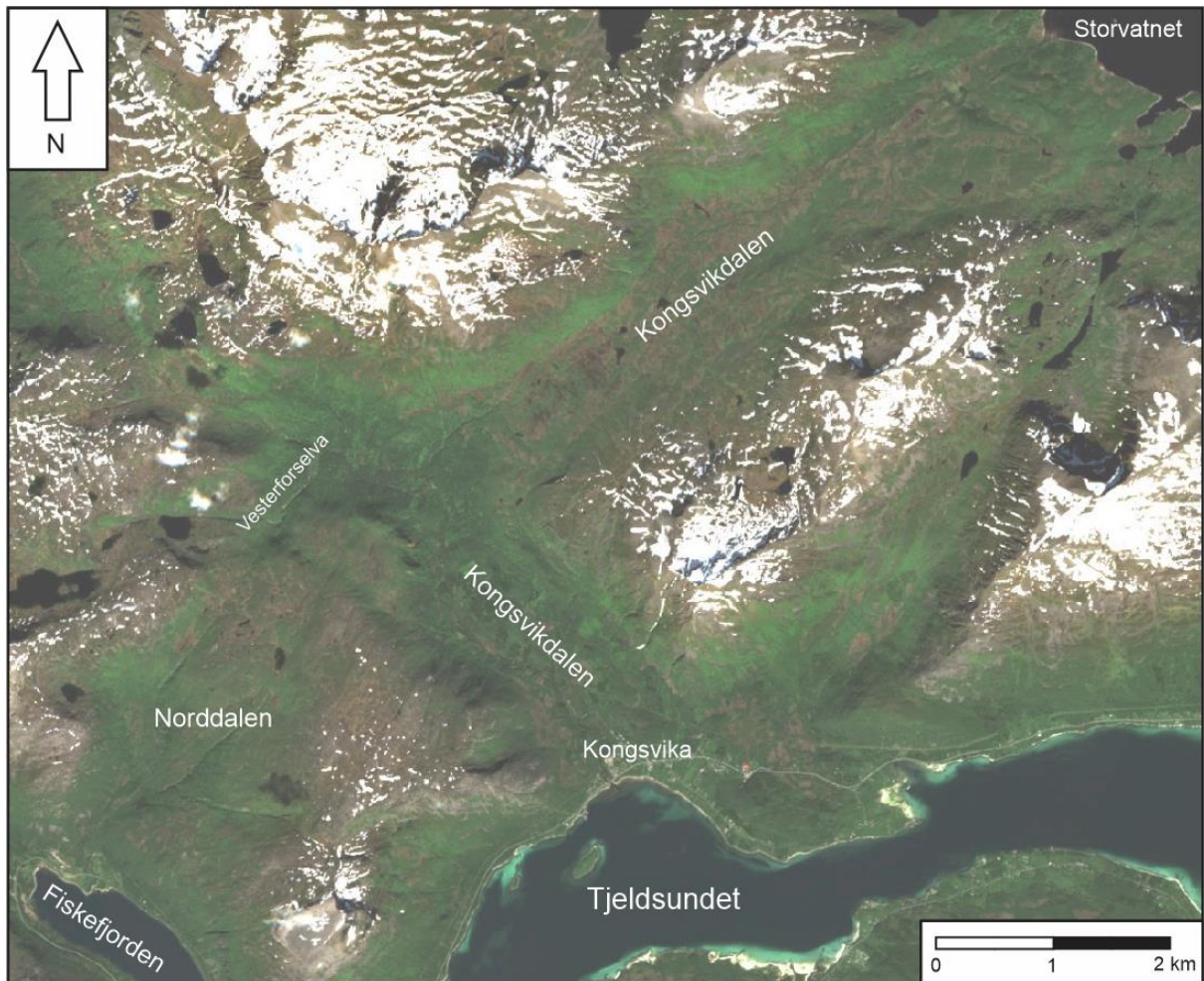


Tynnslipet viser en tydelig kataklastisk struktur (Passchier and Trouw, 2005), med varierende grad av kataklase og oppsprekking (Figur 40 A). Selve forkastningsplanet er tydelig (Figur 40 C) med en svak orientert tekstur og finkornige bergartsfragmenter i en enda finere matriks (ca. 60-90 %) (Figur 40 C). Mengdeforholdet matriks i forhold til fragmenter gjør at bergarten kan klassifiseres som ortokataklasitt (60-70 % matriks) (se tabell 1). Lokale områder i denne sonen viser en høyere prosentandel matrisk (>90 %), og definerer da ultrakataklasitt (Tabell 1). Fragmentene i matriksen varierer lite i størrelse, og overskrider sjelden 1 mm i diameter. I den mer massive delen av prøven (Figur 40 B), minker prosentandelen av matriks (ca. 40 %) og prøven klassifiseres som en protokataklasitt (Tabell 1).

Prøven preges av en gulbrun matriks, mulig jernoksid, og fragmenter av kvarts, plagioklas og noe lyst glimmer. Mineralene er de samme som har kornkontakt i Figur 40 D. Denne delen er lite påvirket og mulig opphavsbergarten til fragmentene og matriksen.

### 2.2.2.3 Kongsvikdalen

Kongsvikdalen er den tredje lokaliteten langs Fiskefjordlineamentet, sett sør fra (Figur 30, kap. 2.2.2). Kongsvikdalen går fra Kongsvik i Tjeldsundet i nordvestlig retning. Denne delen av dalen er parallell eller sub-parallell til Fiskefjorden lenger sørvest (Figur 41). Omtrent 4 km inn i dalen dreier dalen i nordøstlig retning, og kan følges som et mer uregelmessig lineament (sone) nordøstover til selve Storvatnet.

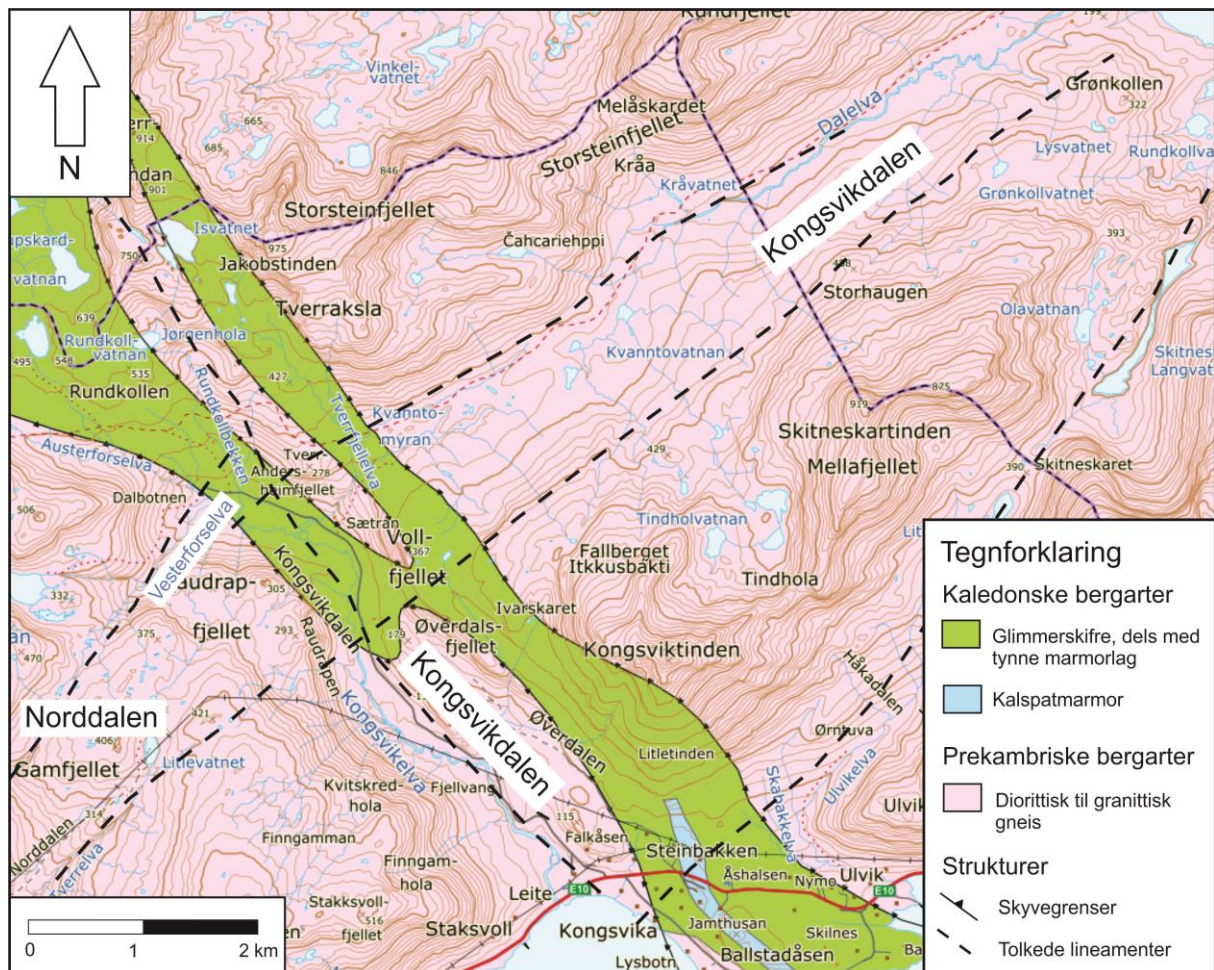


Figur 41: Oversiktsbilde over Kongsvikdalen og overgangen til Norddalen og Storvatnet ([www.norgeskart.no](http://www.norgeskart.no)).

Vestligst i Kongsvikdalen går et dalføre i sørvestlig retning (Figur 41), hvor Vesterforselva er lokalisert. Det er en mulig forbindelse mellom lokaliteten og Norddalen, via passet mellom dalførene, men denne dalen er fullstendig overdekket av løsmasser. I kartplanet ser det ut som at dalførene her endrer orientering, fra en NNØ-SSV orientering (Norddalen) til en mer NØ-SV orientering (Kongsvikdalen mot Storvatnet).

## Berggrunnen i området

Berggrunnen langs de tolkede lineamentene er dominert av prekambrisk grunnfjell i form av foliert granittisk gneis. I Kongsvikdalen er det kartlagt en til to kaledonske bergartskropper med retning NV-SØ (Figur 2), parallelt med dalen og et NV-SØ orientert lineament. Disse bergartene består av glimmerskifre med tynne lag av marmor, og er mest sannsynlig foldet inn i grunnfjellet (Figur 42).



Figur 42: Geologisk kart med tolkede lineamenter over Kongsvikdalen (modifisert etter [http://geo.ngu.no/kart\(bergrunn/\)](http://geo.ngu.no/kart(bergrunn/))).

Lineamentene som er parallell med Vesterforselva og Kongsvikdalen (mot Storvatnet), krysser de kaledonske bergartene i området. Lineamentene endrer også orienteringen svakt, fra NNØ-SSV til NØ-SV ved overgangen fra Norddalen til Kongsvikdalen (Figur 42).



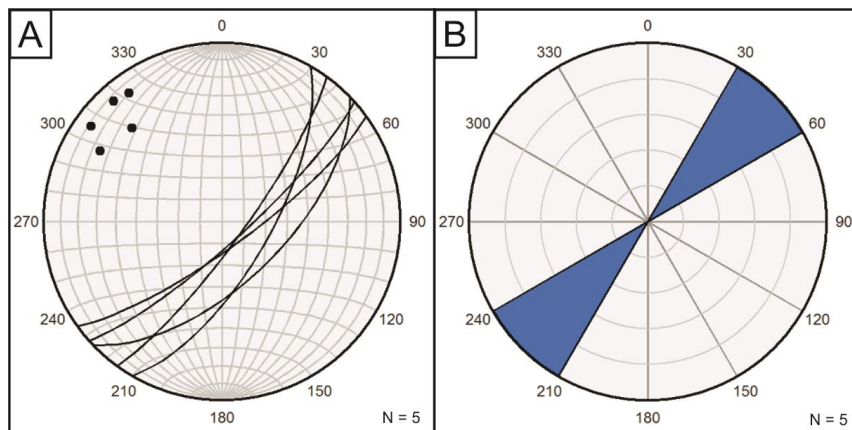
## Bruddplan og kinematikk

I elvedalen ca. en halv langs Vesterforselva, fra utløpet i Kongsvikdalen (Figur 42), ble det observert steile flater på begge sider av dalføret, hvor blotningsgraden er størst på vestsiden. Den største blotningen har en lengde på ca. 40 m og en høyde på ca. 30 m (Figur 43). Bruddplanene i dalsiden stryker NNØ-SSV til NØ-SV og faller steilt (ca. 70° fall) mot øst (ikke målt) (Figur 44). De er stedvis rustbrune og spalter i flak og åpne sprekker.



Figur 43: Vestlig dalside med steile NNØ-SSV strykende bruddplan. Bruddflatene er godt synlige og faller parallelt med dalsiden.





Figur 44: A) Stereografisk projeksjon av målte bruddplan (storsirkler) i Kongviksdalen og overgangen til Norddalen, med plottede poler. B) Rosediagram som viser trenden av de målte bruddplanene.

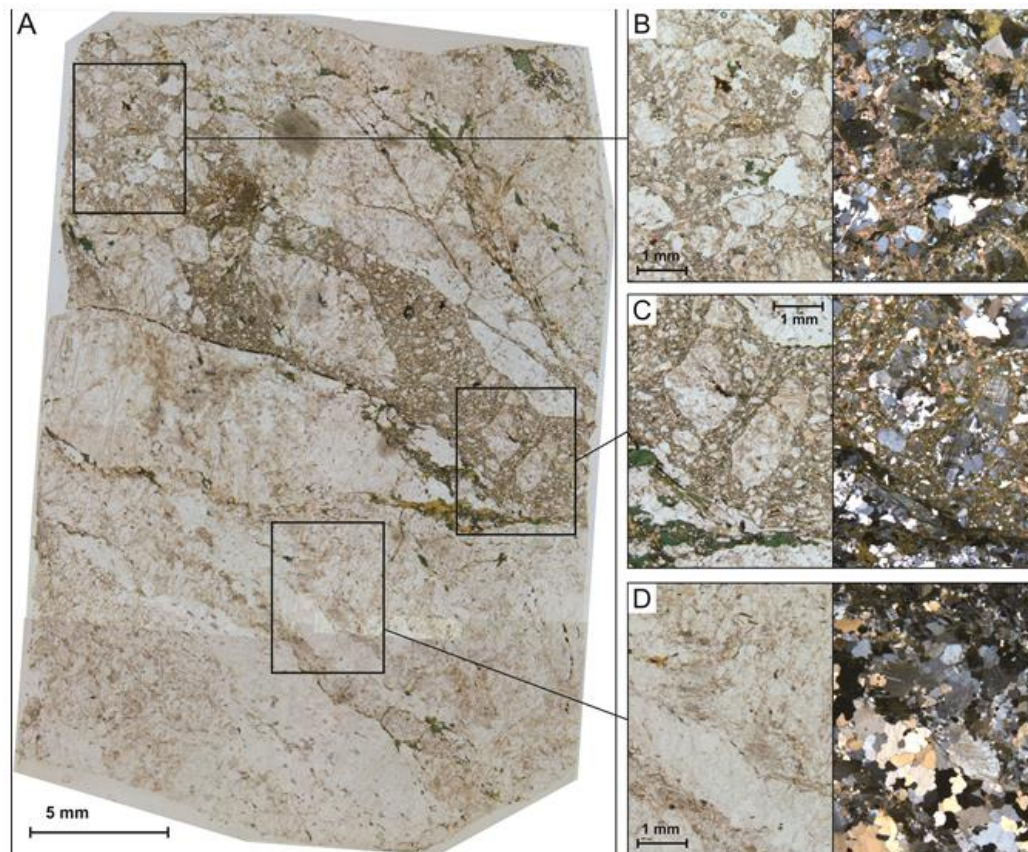
I kløfta ved Vesterforselven nedenfor de blottede steile flatene har elven erodert bort det meste av løsmassene, og blotningsgraden er god. Elvesystemet kan følges sørvestover og kan knyttes til elvene i Norddalen. Her observeres en skråning bestående av en usortert fragmentbergart med kantede klaster av granittisk gneis (fra 2 til 20 cm i tverrsnitt) (Figur 45). Klastene ligger i en til dels finkornet, stedvis grønnlig matriks. Den grønne fargen i matriksen skyldes sekundær kloritt. Mulige kalsittkrystaller ble observert både i fast fjell og i løsblokker.



Figur 45: Usortert fragmentbergart blottet i skråning i overgangen mellom Kongsvikdalen og Norddalen. Legg merke til dm-store kantede klaster i en grønnlig grov/middelskornet matriks.

## Beskrivelser av sprø forkastningsbergarter

Fra bergartsprøvene av den usorterte fragmentbergarten i Vesterforselva (Figur 45) ble det laget tynnslip, som viser en delvis oppknust foliert granitt gjennomsett av tynne soner med mulig kataklasitt (Figur 46).



Figur 46: Mikrofoto av en delvis oppknust granitt med kataklasittsone (A). Nærbildene B til D viser opphavsbergarten, fragmenter og karbonatmatriks.

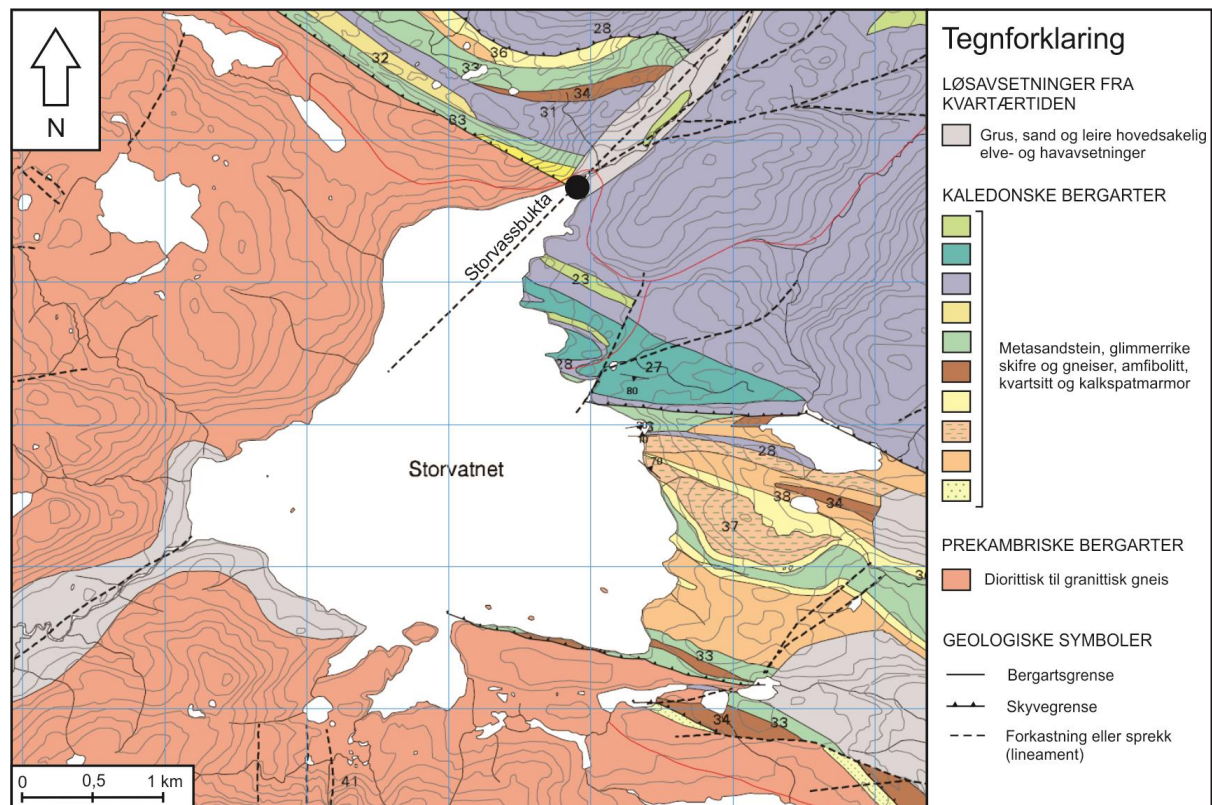
Bruddsonen består av angulære fragmenter av kvarts, plagioklas og trolig noe lyst glimmer i en middelskornet matriks (40 % matriks) (Figur 46 B og C). Teksturen antyder klart kataklasitt, og mengdeforholdet klast-matrisk indikerer at det er snakk om protokataklasitt (se Tabell 1). Den rundt 5 mm brede sonen med protokataklasitt inneholder en finkornet karbonatmatriks omgitt av fragmenter av ulike størrelser, fra 5 mm til <1 mm, hvor de minste dominerer i prøven. Mineralfragmentene inneholder de samme mineralenes om den antatte opphavsbergarten, granittisk gneis (Figur 46 D). Langs begynnende sprekker i granitten opptrer kloritt og klorittisert biotitt.



## 2.2.2.4 Storvatnet

### Berggrunnen i området

Storvatnet er lokalisert i strøkretningen nordøst for Norddalen og Kongsvikdalen, vest for Tjeldsundet på Hinnøya. Feltundersøkelsene ble utført i nordvest og sørøst for Storvassbukta nord i Storvatnet, i både prekambriske og kaledonske bergarter (Figur 47).



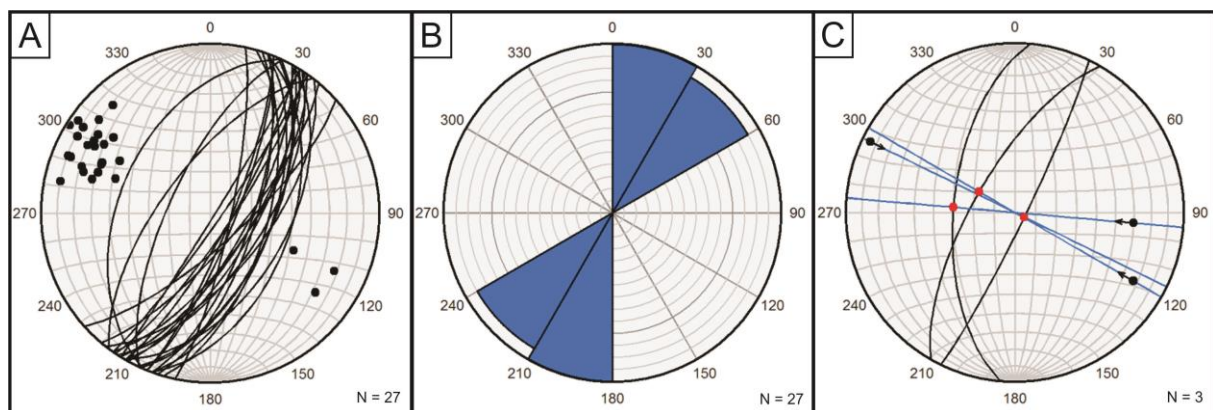
Figur 47: Berggrunnskart med tolkede forkastninger/sprekker (lineamenter) over Storvatnet (modifiser etter Øvereng (2003)). Lokalitet som er studert i detalj er angitt som sort punkt.

Berggrunnen i området består av prekambrisk granitt og gneis i sørvest, og kaledonske dekkebergarter i nordøst og øst (Figur 47). Selve lokaliteten ved Storvassbukta befinner seg i de prekambriske bergartene og består av diorittisk til granittisk gneis nordvest for Storvatnet, mens kaledonske meta-sedimentære bergarter (Figur 47) opptre på østsiden av vannet. Blant de kaledonske bergartene dominerer kalkspatmarmor, metasandstein og glimmerrike skifre og gneiser.

I kartbildet og satellittbilder kan man tydelig se lineamenter i terrenget som en ujevn NØ-SV orientert forsenkning langs Storvatnet. Fra innerst i Kongsvikdalen og nordøstover gjennom Storvatnet er dalen tolket som et 500-600 m bredt belte/lineament, som kan følges videre inni de kaledonske bergartene på nordsiden av Storvatnet (Figur 47).

### Forkastninger, bruddplan og kinematikk

Nordvest for Storvassbukta i en veiskjæring observeres det steile sprekker og forkastninger i kvarts- og glimmerrik (pyritt) granittisk gneis. Foliasjonen i berggrunnen er steil på rundt 70°, med strøk 120. Sprekkene målt på lokaliteten viser NNØ-SSV til NØ-SV strøk, med dominerende fall på >60° mot SØ (Figur 48 A og B).

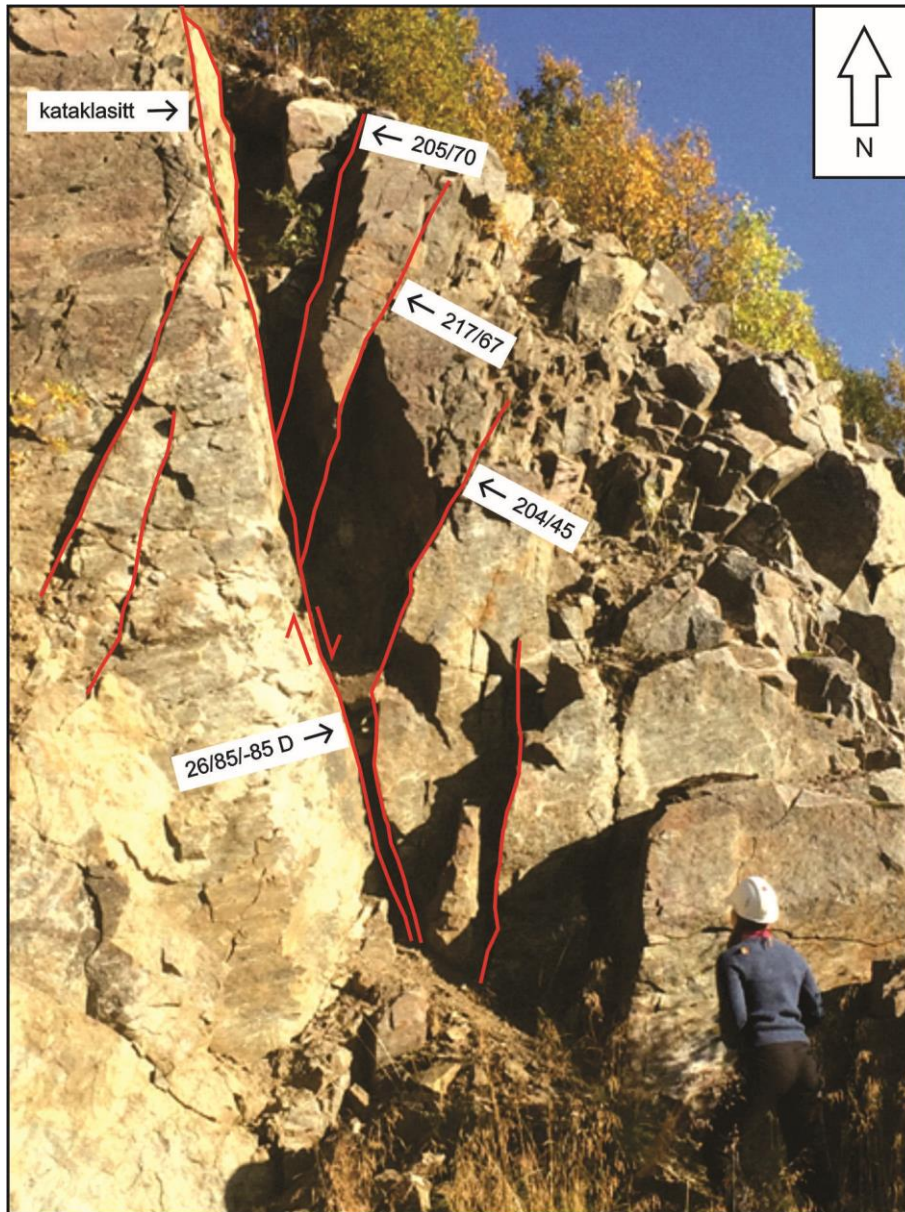


Figur 48: A) Stereografisk projeksjon av målte sprekker (storsirkler) i Storvassbukta, med plottede poler. B) Rosediagram som viser trenden for de målte sprekkene. C) Stereografisk projeksjon av målte bruddplan (storsirkler), med glidestripedata angitt som *slip-linear*. Stereoplottet viser M-planene (blå storsirkler) til bruddplanene, hvor de røde punktene angir målte glidestriper.

Det er målt flere bruddplan i veiskjæringen, hvorav tre av dem er sprø plan med glidestriper. Forkastningsplanene preges av kloritt- og hematittfibre som er orientert tilnærmet vinkelrett på strøket til bruddplanene og viser bevegelse ned mot NV (Figur 48 C).

Flere mindre forkastningssoner er eksponert i veiskjæringen, og hvor glidestripene viser samme bevegelsesretning som de større forkastningsplanene (Figur 48 C og Figur 49).

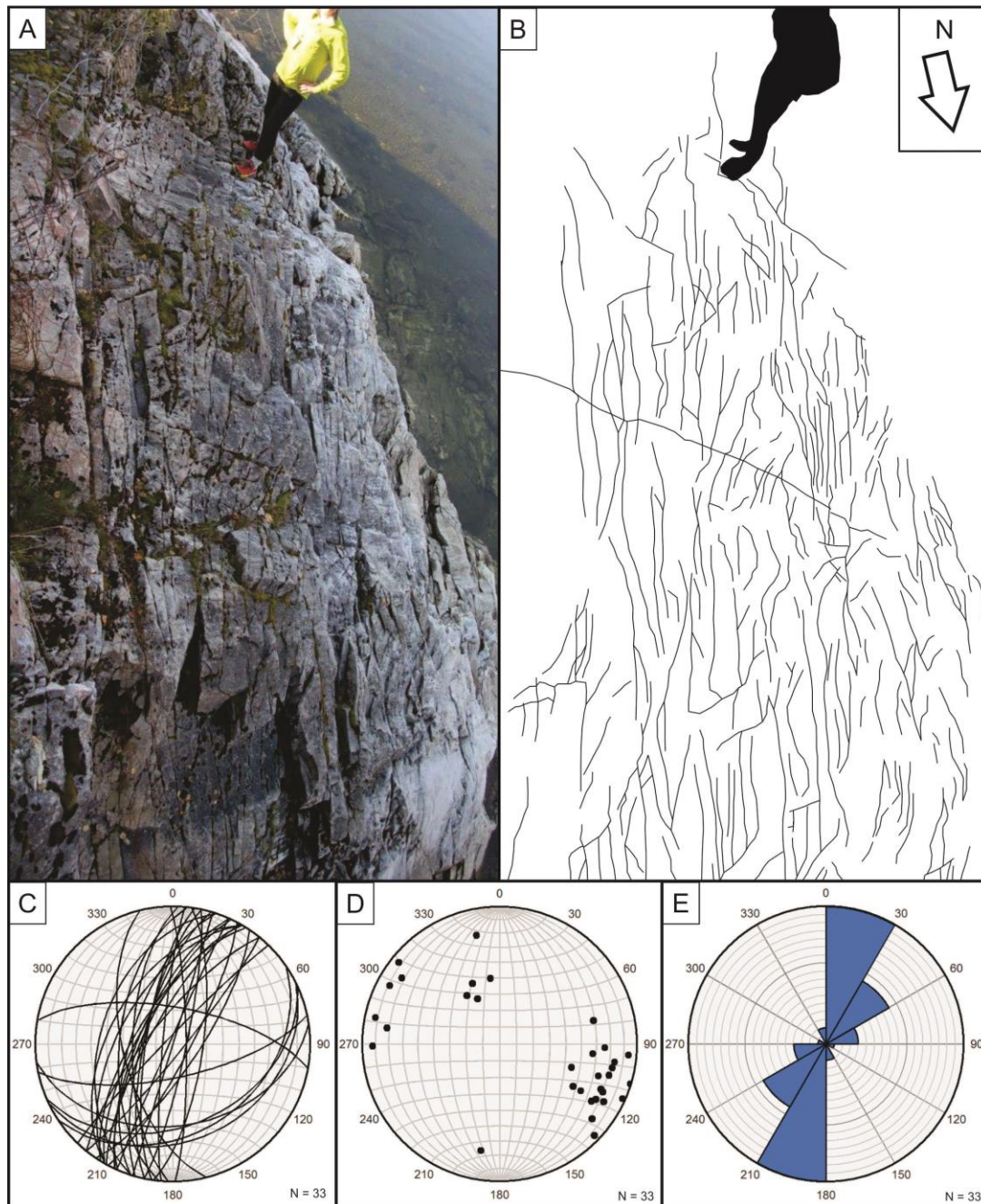




Figur 49: Bruddplan med glidestriper og kataklasitt som faller mot SØ (til høyre), og har tilhørende antitetiske sprekker i hengblokken. Orienteringen på planene i forkastningssonen er vist i stereoplot i Figur 48 C.

Noen meter opp langs forkastningsplanet lokaliseres det som trolig er kataklasitt i selve forkastningssonen (Figur 49). Bruddplan med motsatt fall mot forkastningsplanet ser ut til å bøye seg inn mot forkastningsplanet for så å stoppe inntil planet. Fallvinkelen på disse bruddplanene i den antatte hengblokken varierer, og ser ut til å bli steilere oppover i blokken. Liggblokken er massiv og preges i mindre grad av oppsprekking, i forhold til hengblokken.

På sørøstsiden av bukten opptrer kaledonske dekkebergarter med båndet og massiv, stedvis sterkt oppsprukket marmor. Marmoren ligger mellom kalkstein/dolomitt som veksler mellom leirstein med innslag av kalkbånd. Oppsprekningen og frekvensen av bruddplan og åpne sprekker er størst der hvor marmoren er massiv og uten intern tekstur/bånding.



Figur 50: A) Foto og B) skisse av NNØ-SSV orientert sprekker sørøst for Storvassbukta i Storvatnet. C) Stereografisk projeksjon av målte bruddplan i de kaledonske bergartene i Storvassbukta, med D) polene til storsirklene. E) Rosediagram som viser trenden for de målte bruddplanene.

I kartbildet fremstår bruddplans og sprekkenes geometri og orientering som en kombinasjon av konjugerte, anastromoserende og sikk-sakk mønster (Figur 50 A og B). Den dominerende strøkretningen for bruddplan er NNØ-SSV (Figur 50 E), og fallretningen er mot VNV (Figur 50 C og D). Noen sprekker stryker Ø-V med dominerende fall mot sør, og ser ut til å kutte de NNØ-SSV strykende sprekkene. Frekvensen av sprekkene øker mot øst, det vil si ut mot vannet. Østover langs vannkanten opptrer en mer massiv berggrunn med en lavere frekvens av sprekker.

Feltundersøkelsene i Storvassbukta viser at det er soner langs den regionale forsenkningen med høy frekvens av sprø bruddplan, men kataklasitter og plan med glidestriper mangler.

## 3 Diskusjon

Målet med denne masteroppgaven har vært å identifisere, beskrive og korrelere sprø forkastninger og bruddsystemer av post-kaledonsk alder på den sørøstlige delen av Hinnøya (vest for Tjeldsundet), ved å kombinere strukturelle feltundersøkelser (geometri og kinematikk) med tolkninger av lineamenter ved hjelp av høyoppløselige data som topografiske bilder, satellittbilder, batymetriske data av fjorden og sund, og geofysiske data, gravimetri og magnetometri.

Basert på lineamentstolkninger og feltundersøkelsene vil de ulike lineamentene først bli diskutert i stor skala, dernest vil data fra Ramsund- og Fiskefjordlineamentene bli diskutert hver for seg, og i en samlet regional tolkning/modell, og til slutt sammenlignet med regionale rift-margin forkastninger. I tillegg vil resultatene bli vurdert i lys av Statens Vegvesen og deres prosjekt Hålogalandsvegen.

### 3.1 Regional oversikt og lineamentstolkning

Den regionale lineamentsanalysen i kap 2.1 viser tydelig lineamenter som stryker NNØ-SSV, NØ-SV og ØNØ-VSV, og hvor lineamentene som stryker NØ-SV dominerer i studieområdet (Figur 9). De NNØ-SSV strykende lineamentene er spredt i hele studieområdet, mens de ØNØ-VSV strykende er mest dominerende sør i studieområdet (Øvreid, 1995).

Et fellestrekk er at linemanetene av de ulike orienteringene bøyer inn mot hverandre og danner et forgreinet system, som danner rombiske mønstre. Eksempler på rombiske mønstre i studieområdet er Fiskefjorden, Ramsund, Storvatnet og Tjeldsundet-Astafjorden (Figur 9). Disse retningene skiller seg fra Forthun (2014), hvor det rombiske mønsteret i Andfjorden er sammensatt av hovedsakelig NNØ-SSV og ØNØ-VSV strykende lineamenter. De vestlige delene av Hinnøya, domineres av ØNØ-VSV retninger (Øvreid, 1995). Dette skiller seg fra studieområdet til denne masteroppgaven, hvor de NØ-SV strykende linemanetene dominerer. Regionalt ser det ut til at de NNØ-SSV strykende linemanetene øker i frekvens nordover, mens de NØ-SV og ØNØ-VSV strykende dominerer i de sørlige delene av



studieområdet og vestover på Hinnøya. Ulikhetene i de dominerende lineamentene i områdene vest og nordvest for studieområdet kan skyldes ulik segmentering av kontinentalsokkelen (Haraldsvik, 2015, Lundekvam, 2015).

De rombiske mønstrene som karakteriserer sprø lineamenter sør studieområdet kan enten være dannet fra samtidig aktive, men ulikt orienterte forkastninger, eller at de er sammensatt av forkastninger dannet til ulike tider og derfor representerer ulike typer forkastninger. Studier av lignende geometrier i for eksempel Lofoten og Steigen i Nordland (Bergh et al., 2007, Hansen and Bergh, 2012) har så langt ikke konkludert med aldersrelasjonene mellom de ulike retningene (se kap. 3.3.2).

Et sett av lineamenter i NV-SØ retning er påvist i de sørlige og vestlige delene av studieområdet (Figur 9, grønne lineamenter). Eksempler på denne retningen er deler av Ramsundet, Kongsvikdalen og Fiskefjorden. I Vågsfjorden er det ikke påvist lineamenter med denne retningen, men i Andfjorden har Forthun (2014) påvist flere. På Hinnøya ser det ut til at disse lineamentene krysser flere av de NØ-SV strykende settene. Relativt sett kan disse lineamentene være yngre enn de dominerende settene. Denne NV-SØ-lige retningen har omtrent samme retning som Senjabruddsonen nordvest for Andøya (Forthun, 2014).

De dominerende settene av lineamenter (NNØ-SSV, NØ-SV og ØNØ-VSV) følger trolig kaledonidenes hovedstrøketretning og duktil foliasjon og eventuelt duktile skjærsoner i de alloktone kaledonske dekkene. Basert på disse observasjonene antas de større regionale sprø forkastningene på land å være dannet langs kaledonske strukturelementer, som trolig også har styrt lokaliseringen og utviklingen av sprø forkastninger og bruddplan i regionen.

### 3.1.1 Gravimetrisk og magnetisk tolkning

Studiene av gravimetriske og magnetiske data (Figur 10) har påviste lavmagnetiske anomalimønstre parallelt med de tolkede lineamentene som stryker hovedsakelig NØ-SV fra kontinentalsokkelen og inn på land. Anomaliene i datasettene er dog regionale og diffuse, og mangler distinkt lineære karakter og diskontinuiteter (brudd) i studieområdet. Med unntak av

trender med strøk NØ-SV kan ikke de ulike gruppene av tolkede lineamentene i studieområder (Figur 9, kap 2.1) bekreftes av gravimetrisk og magnetisk data.

Den NØ-SV-lige anomaliretningen faller også trolig, slik som lineamentene, sammen med de kaledonske bergartenes hovedstrøkretning og duktile foliasjon.

## 3.2 Diskusjon av forkastninger og bruddplan langs Ramsund- og Fiskefjordlineamentene

### 3.2.1 Ramsundlineamentet

#### 3.2.1.1 Ramstad

Lineament- og feltstudiene langs Ramsundlineamentet (kap. 2.1 og 2.2.1) har vist at en større forkastning, Ramstadforkastningen, er eksponert i skrenten i steinbruddet ved Ramstad (Figur 13). Liggblokken til forkastningen består av prekambriske granitter, mens hengblokken utgjøres av kaledonske meta-psammitter og glimmerskifre, noe som viser at forkastninger er post-kaledonsk. Ramstadforkastningen, stryker NNØ-SSV og faller steilt mot VNV. Opptreden av glideplan med kataklasitter og forkastningsmel dokumenterer sprø forkastning (Figur 15). Basert på orienterings- og kinematiske data (Figur 16) kan Ramstadforkastningen tolkes som en normalforkastning med tilnærmet *dip-slip* bevegelse ned mot VNV. I tillegg viser kinematiske data lokalt både sinistral og dekstral skrå-normale bevegelser, noe som viser, enten flere faser med ulik bevegelse og/eller reaktivering.

I hengblokken til Ramstadforkastningen er de kaledonske bergartene tydelig foldet i en synform nærmest forkastningen og en antiformal lenger vekk (Figur 13). En mulig tolkning er at slike folder er dannet av dragfolder knyttet til bevegelsen langs Ramstadforkastningen. I så fall definerer antiformen en *roll-over* (Lister et al., 1986) dannet over en listrisk normalforkastning i dyptet. Observasjoner av mindre forkastninger som faller steilt mot øst (Figur 14) kan tolkes å være antitetisk til Ramstadforkastningen. Alternativt er foldingen av kaledonsk alder og dermed uten sammenheng med Ramstadforkastningen.

Ramstadforkastningen er utviklet like i nærheten av sterkt folierte klorittrike amfibolittskifre tolket som en duktil skjærsone, antitetisk til Ramstadforkastningen, og dette kan tyde på at forkastningens lokalisering kan være styrt av svakhetssoner i den kaledonske berggrunnen.

Opptreden av konsoliderte kataklasitter bestående av fragmenter av både prekambrisk granitt og kaledonske skifre (Figur 19), og ukonsolidert forkastningsmel, underbygger

betydelig oppknusning av så vel hengblokken og liggblokken, samt at det sannsynligvis har vært flere faser med bevegelser og/eller reaktivering.

### 3.2.1.2 Ramsundbrua

Studier av Ramsundlineamentet i et stort steinbrudd ved Ramsundbrua (Figur 21) viser et nettverk av høyfrekvente og lavfrekvente bruddplan, sprekker og forkastninger. Majoriteten av bruddplan stryker NØ-SV til ØNØ-VSV, med fall i begge retninger. Der hvor frekvensen av bruddplan er størst observeres det soner med kataklasitt og skjærplan med glidestriper (Figur 21). Glidestripene viser både dominerende skrå normal bevegelse med sinistral og dekstral sidekomponent, som betyr at de enten er en del av et svært komplekst forkastningssystem dannet samtidig, eller at det er ulike forkastninger med flere faser med forkastningsaktivitet. Observasjoner av forkastningsplan som følger de to hovedretningene og er geometrisk knyttet til hverandre (Figur 21), fordelt langs hele lokaliteten, antyder at det er en del av et og samme forkastningssystem. En slik tolkning støttes av lokale soner med utfelt jernoksid, kataklasitter og forkastningsmel, som igjen underbygger at steinbruddet inneholder en større forkastningssone, med vekslende *core* og *damage* soner. Det samme gjelder siden kataklasittene og forkastningskjernene (*core zone*) inneholder samme type sekundære utfellinger, dvs. hematitt- og karbonatrik matriks, hvor karbonat kan stamme fra tidligere overliggende kaledonske bergarter, som i dag ikke eksisterer på lokaliteten.

De NV-SØ strykende lavvinklede bruddplanene på lokaliteten synes å følge de regionale NV-SØ strykende lineamentene i studieområdet (Figur 9, grønne lineamenter). I steinbruddet ser det ut til at disse bruddplanene kutter de steile NØ-SV og ØNØ-VSV strykende forkastningene og bruddplanene (Figur 21), og kan dermed tolkes som yngre.



## 3.2.2 Fiskefjordlineamentet

### 3.2.2.1 Sjørdalen

Det regionale lineamentsstudiet av Sjørdalen langs det antatte Fiskefjordlineamentet, samt feltstudiene i Sjørdalen, viser lineamenter og sprø forkastninger orientert NNØ-SSV, NØ-SV og ØNØ-VSV (Figur 30 og Figur 31). Det at flere hovedtrender opptrer i det samme området antyder at Sjørdalen, som en del av Fiskefjordlineamentet, er en sammensatt og kanskje svært bred forkastningssone med ulike forgreininger. Dette underbygges av sterkt oppknuste granittiske bergarter som utelukkende følger skar og elvekløfter knyttet til Sjørdalen.

De målte bruddplanene i Sjørdalen har dominerende strøk NNØ-SVV til NØ-SV og fall mot SØ (Figur 34). Dette begrunnes med topografien til dalen, hvor den vestlige dalsiden er steil, mens den østlige er slakere, og derfor kan minne om roterte forkastningsblokker (Figur 11 B). I tillegg ble glidestriper i løse blokker observert. Disse ble ikke målt, men tilstedeværelsen av glidestriper indikerer forkastningsaktivitet, som kan bekreftes av innsamlede forkastningsbergarter.

Forkastningsbergartene viser at de er dannet fra oppknuste folierte granitter (Figur 35 og Figur 36), som også observeres delvis intakt i elvekløftene, med innhold av kloritt og karbonat. Kloritt er et sekundært mineral som dannes ved lav grønskiferfacies metamorfoseforhold, dvs. på ca. 8-10 km dyp (Indrevær et al., 2014). Dette, sammen med en tydelig kataklastisk struktur (kantede fragmenter i fin matriks), tyder på kataklase relativt grunt i jordskorpen. De oppknuste fragmentene i prøven viser både kataklasitt og fragmenter, som kan antyde flere faser med kataklase, og dermed reaktivering av forkastningen. Den karbonatrike matriksen kan stamme fra de kaledonske bergartene som tidligere lå over det prekambrisk grunnfjellet, før erosjon, fraktet med fluider langs svakhetssoner/forkastninger og krystallisert under de rådende metamorfoseforholdene i jordskorpen.

Observasjonene i elvekløfta av duktile skjærsoner med fall mot vest (Figur 33), tyder på at forkastningen i Sjørdalen ikke ble styrt av kaledonske strukturer. I dalen dokumenteres konjugerende sett med bruddplan, hvor det ene faller likt med de duktile skjærsonene (Figur 33 og Figur 34). Dette kan vise at kaledonske strukturer er viktig for utviklingen av sprø post-

kaledonske forkastninger, men ikke nødvendigvis resulterer i de største og mest markerte strukturene.

### 3.2.2.2 Norddalen

Lineamentene tolket i Norddalen, som følger dalen, har samme orientering som forkastninger observert i Sjørdalen, dvs. NNØ-SSV til NØ-SV (Figur 37). Dette antyder at begge dalførene er dannet langs svakhetssoner i berggrunnen, og at de er en del av ett og samme sprø forkastningssystemer knyttet sammen og forgreines langs strøket. Denne tolkningen bekreftes av at berggrunnen består av foliert, oppsprukket granitt, hvor de målte bruddflatene viser en gjennomsnittlig orientering NØ-SV, hvor alle målingen viser fall mot SØ.

Feltundersøkelsene fra dalen viser dessuten løse bergarter med glidestriper og kataklasitt, i en av elvene i dalen, selv om gode blotninger ikke er påvist. Den studerte bergartsprøven inneholder ulike typer kataklasitt, basert på prosentandel matriks (Figur 40). Prøven viser minkende oppsprekking fra glideplanet med glidestriper, som kan speile oppsprekkingsgraden i en forkastningssone. Hvis disse løsblokkene er erodert fra den lokale berggrunnen betyr det at sprø forkastninger og forkastningsbergarter er til stede. Dermed underbygger de at lineamentene langs Norddalen også utgjør deler av en mulig forkastningssone.

### 3.2.2.3 Kongsvikdalen

I overgangen fra Norddalen til Kongsvikdalen endrer det sammenhengende lineamentet orientering – fra en NNØ-SSV til en mer NØ-SV strykende retning (Figur 42). Samtlige målinger fra bruddplan viser en NØ-SV strøk, med fall mot SØ (Figur 44). Dette antyder at Fiskefjordlineamentet forgreiner seg gjennom ulike lineamenter/sprø forkastninger med ulike orienteringer, og at de, basert på fallretning, kan antas å høre til samme forkastningssystem. Dalen er bred med flere parallelle linemener som følger en felles nordøstlig retning til Storvatnet. Settene med lineamenter antyder en bred og anastomoserende forkastningssone, som kan bekreftes av en eksponert, bred sone med konsoliderte kataklasitter (Figur 45).

Bergartsprøven viser tydelig at opphavsbergarten var granitt og granittisk gneis (Figur 46), og at matriksen i kataklasittene inneholder mye karbonat. Karbonat kan ha kommet fra de kaledonske bergartene i nærheten, som består av vekslende glimmerskifre og marmor, eventuelt fra andre lokale karbonatbergarter som senere er erodert vekk. Sekundær kloritt og klorittisert biotitt ble også funnet i prøven, noe som antyder nyvekst under kataklase (Indrevær et al., 2014). Oppsummert, regionale lineamentsstudier og feltdata fra Kongsvikdalen, dvs. opptreden av brede soner med kataklasitt i berggrunnen, og orienteringsdata i elvekløfta langs Kongsvikdalen, viser at dalen følger en regional forkastningssone, parallelt eller sub-parallelt til Tjeldsundet.

#### 3.2.2.4 Storvatnet

Lineament- og feltstudier langs Storvatnet er brukt til å vurdere om sprø forkastninger også er tilstede her. Det geologiske kartet (Figur 47) viser tydelig at de kaledonske bergartene er forskjøvet, ca. 3 km deokstralt mot sørvest (Figur 47). Kinematiske data fra lokaliteten viser et dominerende fall for bruddplan mot SØ, samt en måling av glidestriper vinkelrett på strøket i samme fallretning (Figur 49). Dette kan tyde på at Storvatnforkastningen regionalt er en tilnærmet ren normalforkastning med fall mot SØ, og at de kaledonske bergartene i liggblokken er erodert vekk. De kaledonske bergartene i hengblokken er mindre erodert og kan dermed ha blitt bevart der de er lokalisert i dag.

Den tilsynelatende laterale forskyvningen av de kaledonske bergartene i kartbilder (Figur 47), antyder imidlertid at Storvatnforkastningen har en deokstral sidekomponent og dermed skrå normalbevegelse, i det geologiske kartet kan være uregelmessigheter innad i lagrekken. De kinematiske målingene fra feltarbeidet tyder ikke på skrå bevegelses, men heller «*dip-slip*» (Figur 48 C). En mulig forklaring er at det kan være flere faser med bevegelse, og at forkastningen kan ha blitt reaktivert. To av tre målinger av glidestriper er observert på plan med fall mot vest (Figur 48 C), som dermed kan tolkes som mindre splittforkastninger/bruddplan dannet antitetisk til Storvatnforkastningen.

Mangel på kinematiske data og frekvensen av bruddplan i Storvassbukta antyder at de undersøkte områdene befinner seg utenfor forkastningskjernen (*core zone*) til Storvatnforkastningen (Gabrielsen and Braathen, 2014). Basert på feltundersøkelsene, som viser at frekvensen av sprekker i de kaledonske bergartene minker østover, og tidligere arbeid (Bartley, 1981, Øvrelid, 1995), ligger forkastningen seg ute i Storvatnet, og er overdekt nordøstover.



## 3.3 Regionale implikasjoner

### 3.3.1 Geometrisk sammenheng mellom lineamenter og sprø forkastninger

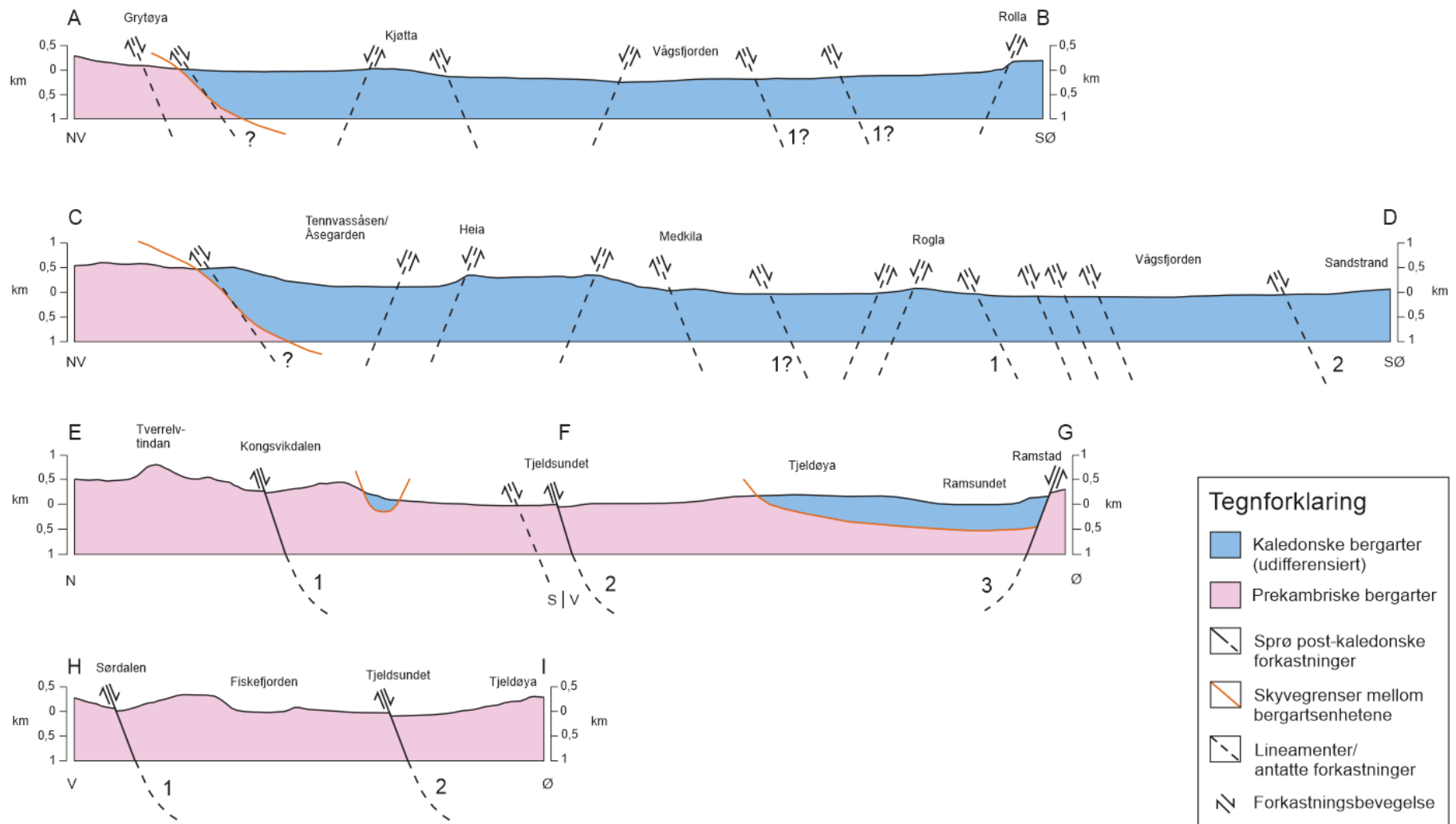
For sammenligning og geometrisk korrelasjon av de studerte forkastningene i Tjeldsund-området, er det utarbeidet (tolket) fire regionale geologiske profiler (Figur 51). Profilene er basert på feltobservasjoner og lineamentstolkninger, og dekker det meste av studieområdet (Figur 9, kap. 2.1). Feltundersøkelsene bekrefter at noen av de tolkede lineamentene er forkastninger, hvor disse og tidligere identifiserte forkastninger er merket i profilene.

Lineamenter som ikke er undersøkt i felt er stiplet, hvor lokalisering og fallretning er basert på topografiske og batymetriske data, samt tidligere publiserte arbeider i området (Øvrelid, 1995, Bartley, 1981, Forthun, 2014).

De enkelte forkastningene og lineamentene som er identifisert og tolket regionalt er forsøkt korrelert og knyttet sammen ved hjelp av satellitt- og batymetriske data (Figur 8 og Figur 9). Hovedforkastninger som antas å være genetisk relatert, er nummerert i de tolkede profillinjene (Figur 51).

Det vestligste lineamentet i denne masteroppgaven, Fiskefjordlineamentet (markert som 1), strekker seg nordøstover fra Sjørdalen (Figur 51, profil H-I), gjennom Norddalen og Kongsvikdalen (profil E-F-G), til Storvatnet. Nordover fra Storvatnet kan det, basert på topografien på land og fjordbatymetri, se ut som at forkastningen splittes opp i to lineamenter som fortsetter fra land ut i Vågsfjorden (profil C-D). Det vestligste lineamentet ser ut til å gå ut i Kilbotn og videre vest for øya Rogla, mens det østligste ser ut til å gå ut i Sjørvika og fortsetter nordover på østsiden av Rogla (Figur 9).

Med bakgrunn i landskapsformen (topografien) av Rogla og batymetrien, kan Rogla tolkes å være en horst som blir smalere nordøstover og dør ut (Figur 11 C). Der den nordvestlige delen av øya definerer en nesten loddrett, 100 meter høy klippevegg som har geometrisk form som ligner et normalforkastningsplan med fall mot VNV. Videre er den vestlige delen av øya preget av en NNØ-SSV strykende forsenkning, som ser ut til å danne



Figur 51: Geologiske profiler for studieområdet. Profillinjene for de geologiske profilene er lokalisert i lineamentskartet i Figur 9.

et lineament med den VSV hellende skråningen. I fjorden utenfor den sørøstlige siden av øya viser batymetrien en bratt topografi, som kan representere et NØ-SV strykende lineament (forkastning) med fall mot SØ. Dette lineamentet kan være fortsettelsen av Storvatnforkastningen som forsetter ut i Sørvika (Figur 9).

Strøk og fallretning på lineamentene som danner en mulig horst (i Rogla), er forskjellig og ligner det rombiske mønsteret som karakteriserer Andfjordbassenget nord for Grytøya (Forthun, 2014). Dette indikerer at de to regionale og dominerende NNØ-SSV og NØ-SV strykende forkastningene også opptrer i mindre skala langs hovedlineamentene.

Lineamentet som avgrenser horsten i Rogla mot sørøst har fall mot SØ (Figur 11 C) og er tolket som den vestlige fortsettelsen av Fiskefjordlineamentet fra Storvatnet. Omtrent 3 km nord for Storvatnet finnes Langvatnforkastningen (Bartley, 1981). Denne forkastningen faller ifølge Bartley (1981) mot NV, og tolkes derfor til å være antitetisk til Storvatnforkastningen. Forkastningen fortsetter trolig også nordøstover ut i Vågsjorden. Topografien og batymetrien antyder at Langvatnforkastningen trolig fortsetter ut i Kilbotn, og sammenfaller derfor trolig med fortsettelsen av Storvatnforkastningen.

Det er uklart hvilke lineamenter Fiskefjorlineamentet fortsetter langs nordover i Vågsfjorden, men dersom de forsetter med samme orientering som på Hinnøya, er det trolig representert ved de to SØ-fallende lineamentene markert i profil A-B og det tolkede lineamentskartet (Figur 9)

De regionale lineamentene markert med tallet 2 tolkes som del av NØ-SV strykende sprø forkastninger som er knyttet til lokaliseringen og dannelsen av Tjeldsundet og Vågsfjorden, og trolig Astafjorden mellom Rolla og fastlandet (ved Sandstrand, profil C-D). Bartley (1981) definerer dette lineamentet som Astafjordforkastningen som utgjør et NØ-SV strykende lineament på Sandtorg/Hårvik i Tjeldsundet. Dette lineamentet tolkes til å være samme lineament som kan følges gjennom Tjeldsundet nordover til Vågsfjorden (Figur 11 D), og muligens videre inn i Astafjorden, mellom Rolla og Sandstrand.

Den NNØ-SSV orienterte Ramstadforkastningen (profil E-F-G) i Ramsundlineamentet er tolket til å kunne være en antitetisk forkastning til Tjeldsund- og Astafjordforkastningene, og Fiskefjordlineamentet. Dette fordi forkastningene i Tjeldsundet er antatt å være de dominerende bruddsettene i området vest for Ramstad. Det begrunnes med at bruddsettene i Tjeldsundet separerer ut Lofoten-Vesterålen horsten fra de mer flatliggende dekkebergartene i øst.

Ramsundet sør for Ramstad har samme orientering/trend som selve Ramstadforkastningen. Trolig går det et lineament gjennom Ramsundet fra Tjeldøya, som fortsetter til Ramstad og videre nordover gjennom Tjeldsundet (Figur 12). Ramstadforkastningen kan da tolkes som en NNØ-SSV strykende splittforkastning til forkastningssonen ved Ramsundet, mens Tjeldsundet definerer fortsettelsen av de NØ-SV strykende forkastningene langs Ramsundet. De tolkede lineamentene på Tjeldøya, vest for Ramsundlineamentet, stryker både NØ-SV og NNØ-SSV. Disse orienteringene sammenfaller med de dominerende orienteringene av påviste NØ-SV og NNØ-SSV strykende forkastninger i steinbruddet ved Ramsund, hvor de danner et sammensatt rombisk mønster, slik som Forthun (2014) dokumenter i Andfjorden nord for studieområdet.

Bartley (1981) kartla Ramstad-Fjelldal forkastningen som en mer NØ-SV strykende forkastning, mens dette studiet viser at Ramsundforkastningen har en mer NNØ-SSV strykende trend.

De sprø bruddsettene i den vestlige flanken av Ofotsynformen (Gustavson, 1966, Gustavson, 1974, Augland et al., 2013) synes å ikke være påvirket av post-kaledonsk tektonikk. Denne observasjonen er basert på lineamentstolkningen og feltobservasjoner i veiskjæringer i Evenskjærområdet. Retningene på Ramsundlineamentet stemmer overens med observerte lineamenter på selve Tjeldøya, og disse fortsetter sørvestover til Vestfjorden (Wilson et al., 2006, Bergh et al., 2007).

Nord i studieområdet er det vanskeligere å knytte de tolkede lineamentene sammen med feltundersøkelsene lenger sør på Hinnøya. De tolkes til å høre sammen med forkastningene og lineamentene lenger sør, men dette er usikkert. Retningen på disse to parallellstyrende



lineamentene (profil A-B) stemmer overens med orienteringen til Fiskefjordlineamentet lengre sørvest.

Lenger nord i Tjeldsundet blir det vanskeligere og mer usikkert å knytte de tolkede lineamentene sammen med feltundersøkelsene i dette studiet. De to studerte, regionale lineamentene i studieområdet, dvs. Ramsund- og Fiskefjordlineamentene, synes begge å fortsette i strøkretningen både mot sør ut i Vestfjorden og mot nord ut i Vågsfjorden og Andfjorden. Dette underbygges av fjordbatymetrien, lokalisering og antatt orientering. I profil A-B tolkes Kjøtta, en øy øst for Grytøya, som en horst. Geometrien til øyen viser en steil vestlig side og en slakere østlig side, dette kan se ut som en rotert forkastningsblokk. Landskapsformen på øyen sammenholdt med batymetriske data viser at Kjøtta ligger på en horststruktur (Figur 51 og Figur 11 E).

Vågsfjordområdet er preget av et horst og graben landskap. Dette er tolket til å være en del av Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset (Andresen and Forslund, 1987, Olesen et al., 1997, Indrevær et al., 2013). Basert på batymetriske data (Figur 8 og Figur 9) tolkes Vågsfjorden å bestå av horst-graben landskap hvor retningene på disse tektoniske elementene er i overensstemmelse med de øvrige strukturelementene observert og tolket tidligere.

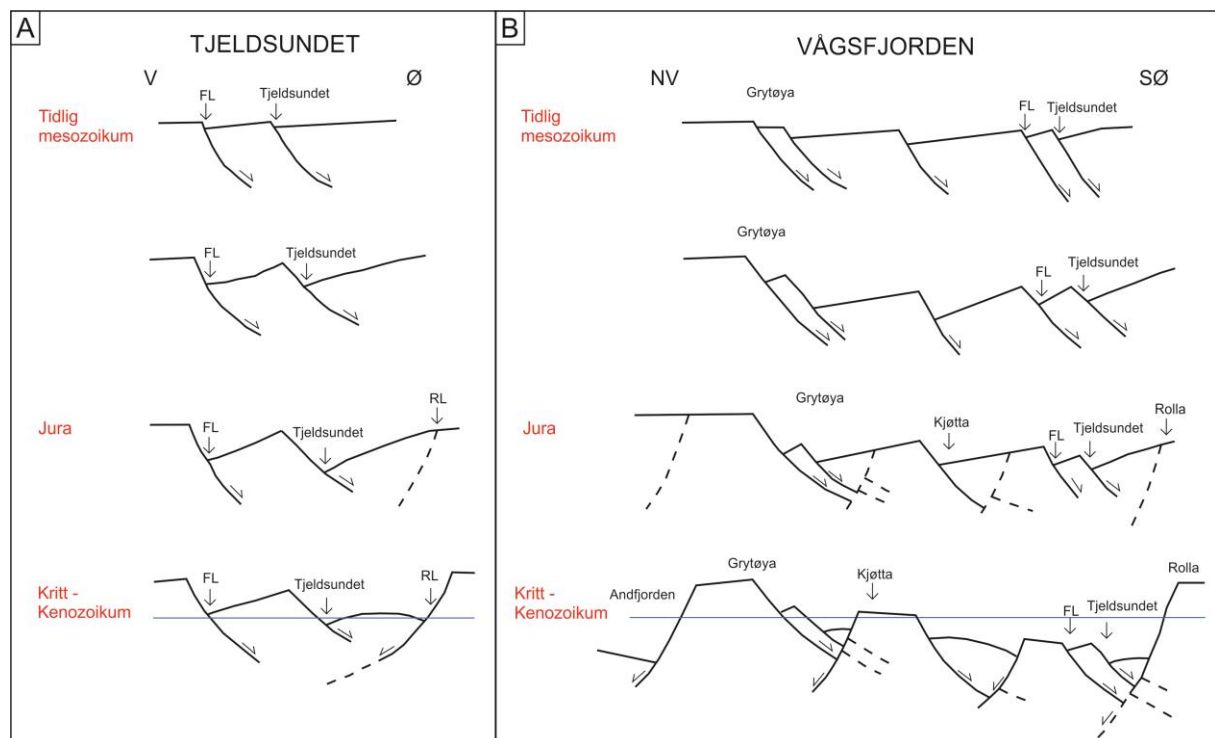
### 3.3.2 Relativ alder og tektonisk modell

Basert på den regionale lineamentsanalysen og feltstudier langs Ramsund- og Fiskefjordlineamentene tolkes begge lineamentene å være regionale ekstensjonsforkastninger relatert til rifting og åpning av Norge-Grønlandshavet i mesozoisk-kenozoisk tid (Bergh et al., 2007, Olesen et al., 1997, Hansen et al., 2012).

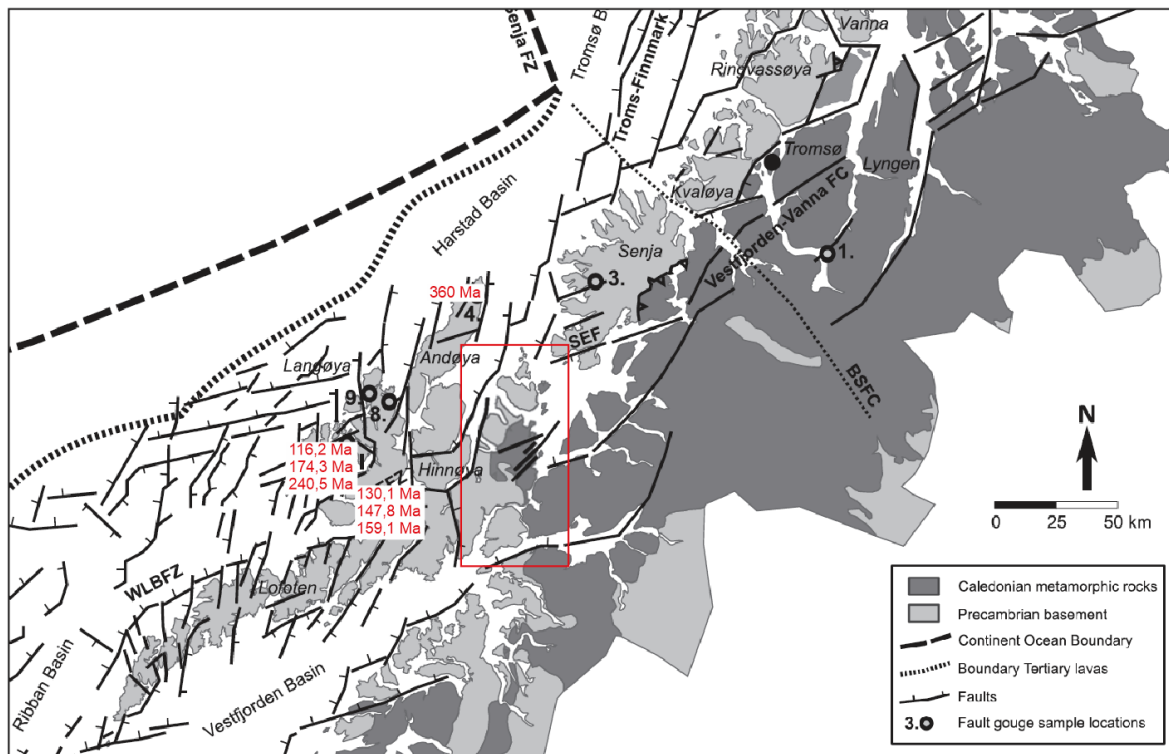
I regional sammenheng har Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset (Andresen and Forslund, 1987, Olesen et al., 1997) hatt en sentral rolle i rift-marginutviklingen, og er knyttet til de første riftfasene som dannet Lofotryggen (Wilson et al., 2006, Bergh et al., 2007, Hansen et al., 2012). Det vestligste studerte lineamentet i dette studiet, Fiskefjordlineamentet, tolkes

som et syntetisk lineament til forkastningene i Tjeldsundet (Astafjordforkastningen, Bartley (1981)) og er trolig dannet på samme tid. Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset stryker sannsynligvis langs fjorden som skiller Lofoten og Vesterålen fra fastlandet, og da er trolig Fiskefjordlineamentet utviklet i liggblokken til NØ-SV strykende avgrensingsforkastninger til Lofotryggen (Bergh et al., 2007). Disse avgrensingsforkastningene inkluderer også trolig orienteringene NNØ-SSV og ØNØ-VSV. Ramstadforkastningen faller mot VNV og er sammenfaller i orientering (fallretning) med forkastningene som ble dannet i sen jura til overgangen til kenozoisk tid (Figur 5) (Bergh et al., 2007, Hansen et al., 2012).

Basert på dataene diskutert over, med fokus på Ramsund- og Fiskefjordlineamentene, foreslås en enkel tektonisk modell for utviklingen av Tjeldsundet og Vågsfjorden (Figur 52). Den tektoniske utviklingen av roterte forkastningsblokker i Tjeldsundet ligner den som er postulert for Vågsfjorden, og trolig også den for Andfjorden og Andfjordbassenget (Forthun, 2014). Basert på aldersdatering av forkastninger vest for studieområdet, kan forkastningene i Tjeldsundet og Vågsfjorden antas å være av samme alder (Figur 53).



Figur 52: Enkle tektoniske modeller for utviklingen av A) Tjeldsundet og B) Vågsfjorden. Figuren er ikke i skala. De blå linjene viser dagens havnivå. Forkortelser brukt i figuren; FL = Fiskefjordlineamentet, RL = Ramsundlineamentet.



Figur 53: Forenklet geologisk kart over nordre Nordland og Troms fylker, som viser lokaliteter for prøver for datering av forkastninger. Alder på forkastninger nært studieområdet er vist med rød skrift. Studieområdet er rammet inn i rødt (modifisert etter Davids et al. (2013)).

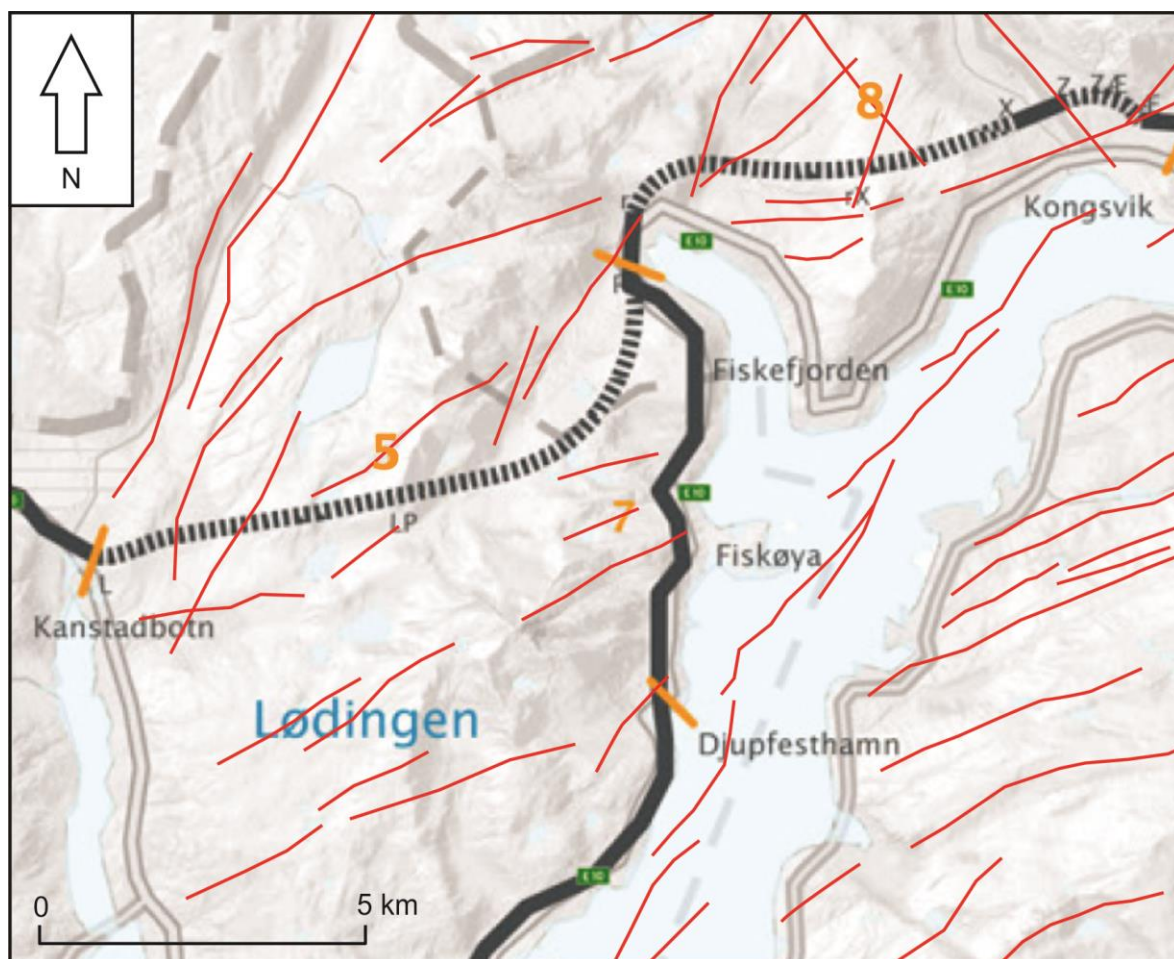
I modellen for Tjeldsundet ble det dannet, trolig i tidlig mesozoikum, to regionale SØ-fallende ekstensjonsforkastninger; det tolkede Fiskefjordlineamentet og syntetiske forkastninger i Tjeldsundet. I midtre jura ble det dannet antitetiske NØ-SV strykende forkastninger – trolig Ramsundlineamentet. Gjennom krittiden ble denne forkastningen videreutviklet.

For Vågsfjorden og området mot de sørlige delene av Andfjorden, dannes først de SØ-fallende forkastningene i tidlig mesozoikum det som i dag er østsiden av Grytøya. De to store forkastningene i Tjeldsundet utvikles også her, som i dag befinner seg i Vågsfjorden. I jura dannes det antitetiske forkastninger, slik som i Tjeldsundet. Her dannes flere forkastninger som fører til at Kjøtta, Rolla, Andørja og Grytøya utvikles som horstblokker. Også her startet utviklingen av forkastningene som danner østsiden av Andøya og Senja, og dermed Andfjorden og Andfjordbassenget.

Modellene viser at de undersøkte forkastningene i denne masteroppgaven henger sammen i et større forkastningssystem, og knyttes derfor til Vestfjord-Vanna forkastningskomplekset.

### 3.4 Implikasjoner for Hålogalandsvegen

Hålogalandsvegen er et prosjekt som berører syv kommuner i to fylker, hvor hensikten er å knytte regionene tettere sammen og redusere reisetiden mellom Sortland, Harstad og Evenes. Planforslaget viser til ca. 160 km ny vei, derav 34 km tunnel (Statens-Vegvesen, 2017a). I Fiskefjorden, sør i studieområdet til denne masteroppgaven, har Statens Vegvesen planlagt tunnel fra Kanstadbotn sørvest for Sjørdalen, gjennom Sjørdalen til innerst i Fiskefjorden (Figur 54, trasé markert med 5). I Fiskefjorden vil tunnelen gå på tvers gjennom Norddalen og komme ut i Kongsvika i Tjeldsundet (Figur 54, trasé markert med 8).



Figur 54: Tunneltrasévalg i Tjeldsundet, med tunnel fra Kanstadbotn til Fiskefjord (markert med 5) og deretter fra Fiskefjord til Kongsvik (markert med 8). Lineamentene tolket i Figur 9 er markert for å vise hvor tunneltraséne og lineamentene krysser hverandre (Statens-Vegvesen, 2017b).



De to tunnelene går gjennom et område med mange tolkede lineamenter som stryker NNØ-SSV, NØ-SV og ØNØ-VSV. Tunnelen markert med 5 (Figur 54) går gjennom Sjørdalen og både krysser og følger lineamenter parallelt. Selv om tunneltraseen ikke treffer eller ligger langs lineamentet gjennom hele dalen, så viser feltundersøkelsene fra Ramsundlineamentet (se kap. 2.2.1), at området rundt også har blitt påvirket av ekstensjonsaktivitet. Dermed kan en møte mye oppsprukket berggrunn, samt kataklasitter (sprø forkastningsbergarter) som er påvist i dalene i området (kap. 2.2.2).

I Norddalen krysser tunnelen (Figur 54) dalen på tvers før den går gjennom Taralsviktinden og kommer ut i Kongsvikdalen. Denne tunnelen både krysser lineamenter og følger dem parallelt.

Det er usikkert hvor bred forkastningssonene er i området, men trolig vil lokalitetene hvor tunnelene krysser linemanetene gå gjennom berggrunn med ulike frekvens av oppsprekking avhengig av om de krysser på tvers eller følger lineamentene. Geologiske kart (NGU) og feltundersøkelser i Sjørdalen og Norddalen viser at berggrunnen består av granittisk gneis/foliert granitt, som i utgangspunktet er godt egnet til tunnelbygging. Den helhetlige kvaliteten av berggrunnen vil ofte styres og bestemmes av strukturer. Svakhetssoner som for eksempel i Sjørdalen og Norddalen vil svekke bergmassekvaliteten og utsette tunnelen for blant annet lekkasjer. En måte å imøtekomme eventuelle lekkasjer er å sikre tunnelene med blant annet injeksjon og buer (Karlsen pers. med.). Ved å bedre forstå strukturgeologien i området kan vi bedre forstå, planlegge og bygge tunneler.

## 4 Konkusjon

Dette studiet har fokusert på lineamentskartlegging og kartlegging av sprø forkastninger i Tjeldsundet, Vågsfjorden, østlige deler av Hinnøya og øyene Grytøy, Bjarkøy og Sandsøy. Feltobservasjoner og tolkning av landskapstrekk danner grunnlaget for karakterisering av forkastningsgeometrier. Kinematiske data er brukt til å bekrefte at det har foregått tektoniske bevegelser og til korrelering mellom land-, sund- og fjordsystemer.

Studieområdet dominerer tre retninger på lineamentene: NNØ-SSV, NØ-SV og ØNØ-VSV. Disse retningene ser ut til å være regionale. En fjerde retning er NV-SØ. Denne retningen er ikke dominerende, men noen av dal- og fjordsystemene følger denne retningen. I kartplanet kan det se ut som om at denne retningen er yngst. Dette kan bekreftes av at lavviklede NV-SØ strykende bruddplan kutter steile NØ-SV og ØNØ-VSV strykende bruddplan ved Ramsundbrua.

1. Ramsundlineamentet danner et rombisk mønster med dominerende orientering NØ-SV og NNØ-SSV. Dette mønsteret er repetert i lineamentene på Tjeldøya, Ramstad, Ramsund, Tjeldsund og Vågsfjorden.
2. Fiskefjordlineamentet er sannsynligvis syntetisk til antatt Vestfjorden-Vannaforkastningskompleks i Tjeldsundet. Lineamentet er sammensatt av to retninger. I sørvest er retningen NNØ-SSV. Fra Kongsvikdalen dreier retningen mot nordøst. Denne retningen kan en følge gjennom Storvatnet, Kilbotn/Sørvika og videre nordøstover gjennom Vågsfjorden.
3. Lineamentene med retning NNØ-SSV og NØ-SV fortsetter ut i Vågsfjorden. På batymetriske data ser dette ut som et horst- grabenlandskap.
4. Ramsund- og Fiskefjordlineamentene er antatt å være henholdsvis antitetisk og syntetisk til Vestfjorden-Vanna forkastningskomplekset. Forkastningkompleksets forløp er antatt å være på østsiden av Lofoten og videre inn Vestfjorden, gjennom Tjeldsundet, Vågsfjorden/Astafjorden og følger sund og daler til Vannøya nordvest i Troms. Området vest for forkastningskomplekset representerer i dag en horst fra Lofoten i sør til Vannøya i nord.

5. Basert på orienteringsretningene av lineamentene er sprø forkastninger og bruddplan i eksempelvis Sjørdalen og steinbruddet ved Ramstad hovedsakelig styrt av kaledonsk deformasjon.
6. Med tanke på tunnelbygging gjennom Sjørdalen og Norddalen må en forvente å krysse Fiskefjordlineamentet. Basert på lineamentsanalysen og feltundersøkelser forventes det oppknuste bergarter dypere i berggrunnen, blant annet der det er planlagt tunneltraseer. Følgelig bør det legges opp til tung sikring (injeksjon, buer og sålestøp) ved krysning av slike svakhetssoner.

## Referanseliste

- ANASTASIO, D. J. 1987. *Thrusting, halotectonics and sedimentation in the External Sierra*. Johns Hopkins University.
- ANDRESEN, A. & FORSLUND, T. 1987. Post-Caledonian brittle faults in Troms: geometry, age and tectonic significance. *Abstract. The Caledonian and Related Geology of Scandinavia*.
- ANDRESEN, A. & TULL, J. F. 1983. The age of the Lødingen granite and its possible regional significance. *Norsk geologisk tidsskrift*, 63, 269-276.
- ANDRESEN, A. & TULL, J. F. 1986. Age and tectonic setting of the Tysfjord gneiss granite, Etfjord, North Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 66, 69-80.
- AUGLAND, L. E., ANDRESEN, A., GASSER, D. & STELTENPOHL, M. G. 2013. Early Ordovician to Silurian evolution of exotic terranes in the Scandinavian Caledonides of the Ofoten–Troms area—terrane characterization and correlation based on new U–Pb zircon ages and Lu–Hf isotopic data. *Geological Society, London, Special Publications*, 390, 655-678.
- BARTLEY, J. M. 1981. Mesozoic high-angle faults, east Hinnøy, North Norway. *Nor geol Tidsskr*, 61, 291-6.
- BERGH, S. G., CORNER, G. & CORFU, F. 2008. *Proterozoic igneous and metamorphic rocks: a template for Mesozoic-Cenozoic brittle faulting and tectonic inherited landscapes in Lofoten-Vesterålen, North Norway*, 33 IGC Excursion Guidebook No 38, IGC The Nordic Countries.
- BERGH, S. G., EIG, K., KLØVJAN, O. S., HENNINGSEN, T., OLESEN, O. & HANSEN, J.-A. 2007. The Lofoten-Vesterålen continental margin: a multiphase Mesozoic-Palaeogene rifted shelf as shown by offshore-onshore brittle fault-fracture analysis. *Norwegian Journal of Geology/Norsk Geologisk Forening*, 87, 29-58.
- BERGH, S. G., KULLERUD, K., ARMITAGE, P. E. B., BOUKE ZWAAN, K., CORFU, F., RAVNA, E. J. K. & MYHRE, P. I. 2010. Neoproterozoic to Svecofennian tectono-magmatic evolution of the West Troms Basement Complex, North Norway. *Norwegian Journal of Geology/Norsk Geologisk Forening*, 90, 21-48.
- BJÖRKLUND, L. J. O. 1987. Basement-cover relationships and regional correlations of the Caledonian nappes, eastern Hinnøy, N. Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 67, 3-14.
- BRAATHEN, A., OSMUNDTSEN, P. T. & GABRIELSEN, R. H. 2004. Dynamic development of fault rocks in a crustal - scale detachment: An example from western Norway. *Tectonics*, 23, 21 pp.
- BREKKE, H. 2000. The tectonic evolution of the Norwegian Sea continental margin, with emphasis on the Voring and More basins. *Special Publication-Geological Society of London*, 167, 327-378.
- CAINE, J. S., EVANS, J. P. & FORSTER, C. B. 1996. Fault zone architecture and permeability structure. *Geology*, 24, 1025-1028.
- CORFU, F. 2004. U–Pb age, setting and tectonic significance of the anorthosite–mangerite–charnockite–granite suite, Lofoten–Vesterålen, Norway. *Journal of Petrology*, 45, 1799-1819.



- DALLAND, A. 1981. Mesozoic sedimentary succession at Andoy, northern Norway, and relation to structural development of the North Atlantic area.
- DAVIDS, C., WEMMER, K., ZWINGMANN, H., KOHLMANN, F., JACOBS, J. & BERGH, S. G. 2013. K–Ar illite and apatite fission track constraints on brittle faulting and the evolution of the northern Norwegian passive margin. *Tectonophysics*, 608, 196-211.
- DAVIDSEN, B., SOMARUGA, A. & BØE, R. 2001. Sedimentation, tectonics and uplift in Vesterålen; Phase 1: Localizing near-shore faults and Mesozoic sediment basins. *Geological Survey of Norway Report 2001.111*.
- EIG, K. & BERGH, S. G. 2011. Late Cretaceous–Cenozoic fracturing in Lofoten, North Norway: Tectonic significance, fracture mechanisms and controlling factors. *Tectonophysics*, 499, 190-205.
- FALEIDE, J. I., TSIKALAS, F., BREIVIK, A. J., MJELDE, R., RITZMANN, O., ENGEN, O., WILSON, J. & ELDHOLM, O. 2008. Structure and evolution of the continental margin off Norway and the Barents Sea. *Episodes*, 31, 82-91.
- FORSLUND, T. 1988. Post-kaledoniske forkastninger i Vest-Troms, med vekt på Straumbukta-Kvaløysletta forkastningen. *Kvaløya [MS thesis]: Tromsø, Norway, University of Tromsø*.
- FORTHUN, T. 2014. *Onshore-offshore correlation in the Andfjorden area and the structural controls on the opening and evolution of the Mesozoic sedimentary basins on Andøya and Andfjorden, northern Norway*. UiT Norges arktiske universitet.
- FOSSEN, H. 2010. *Structural Geology*, 463 pp. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- FÆRSETH, R. B. 2012. Structural development of the continental shelf offshore Lofoten–Vesterålen, northern Norway. *Norwegian Journal of Geology/Norsk Geologisk Forening*, 92, 19-40.
- GABRIELSEN, R. H. & BRAATHEN, A. 2014. Models of fracture lineaments—Joint swarms, fracture corridors and faults in crystalline rocks, and their genetic relations. *Tectonophysics*, 628, 26-44.
- GABRIELSEN, R. H., BRAATHEN, A., DEHLS, J. & ROBERTS, D. 2002. Tectonic lineaments of Norway. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 82, 153-174.
- GIBBS, A. D. 1984. Structural evolution of extensional basin margins. *Journal of the Geological Society*, 141, 609-620.
- GOLDSTEIN, A. & MARSHAK, S. 1988. Analysis of fracture array geometry. *Basic Methods of Structural Geology*.
- GUSTAVSON, M. 1966. The Caledonian mountain chain of the southern Troms and Ofoten areas. Part I. Basement rocks and Caledonian metasediments. *Norg. geol. Unders*, 239, 1-162.
- GUSTAVSON, M. 1974. Narvik. Beskrivelse til det berggrunnsgeologiske gradteigskart N 9–M 1: 100 000. *Nor. geol. unders*, 308, 34 pp.
- HANSEN, J.-A. 2009. Onshore–offshore tectonic relations on the Lofoten and Vesterålen Margin—Mesozoic to early Cenozoic structural evolution and morphological implications. *University of Tromsø, Faculty of Science, Department of Geology*.
- HANSEN, J.-A. & BERGH, S. G. 2012. Origin and reactivation of fracture systems adjacent to the Mid-Norwegian continental margin on Hamarøya, North Norway: use of digital geological mapping and morphotectonic lineament analysis. *Norwegian Journal of Geology/Norsk Geologisk Forening*, 92, 391-403.

- HANSEN, J.-A., BERGH, S. G. & HENNINGSEN, T. 2012. Mesozoic rifting and basin evolution on the Lofoten and Vesterålen Margin, North-Norway; time constraints and regional implications. *Norwegian Journal of Geology/Norsk Geologisk Forening*, 91, 203-228.
- HARALDSVIK, K. L. 2015. *Analyse av mesozoiske forkastninger og asymmetriske landskap i et profil over Lofotryggen ved Leknes, Vestvågøy. Implikasjoner for dannelsen av roterte forkastningsblokker, riftrelaterte bassenger og nedforkastningen av Leknesgruppen*. UiT Norges arktiske universitet.
- HINZE, W. J., VON FRESE, R. R. B. & SAAD, A. H. 2013. *Gravity and magnetic exploration: Principles, practices, and applications*, Cambridge University Press.
- INDREVÆR, K., BERGH, S. G., KOEHL, J.-B., HANSEN, J.-A., SCHERMER, E. R. & INGEBRIGTSEN, A. 2013. Post-Caledonian brittle fault zones on the hyperextended SW Barents Sea margin: New insights into onshore and offshore margin architecture. *Norwegian Journal of Geology*, 93, 167-188.
- INDREVÆR, K., STUNITZ, H. & BERGH, S. G. 2014. On Palaeozoic–Mesozoic brittle normal faults along the SW Barents Sea margin: fault processes and implications for basement permeability and margin evolution. *Journal of the Geological Society*, 171, 831-846.
- LISTER, G. S., ETHERIDGE, M. A. & SYMONDS, P. A. 1986. Detachment faulting and the evolution of passive continental margins. *Geology*, 14, 246-250.
- LUNDEKVAM, P. A. 2015. *Land sokkel korrelasjon av sprø mesozoiske og paleozoiske forkastninger i et profil over Vestfjordbassenget, Vestvågøya og Ribbebassenget*. UiT Norges arktiske universitet.
- MCGRATH, A. G. & DAVISON, I. 1995. Damage zone geometry around fault tips. *Journal of Structural Geology*, 17, 1011-1024.
- NASUTI, A., ROBERTS, D., DUMAIS, M.-A., OFSTAD, F., HYVÖNEN, E., STAMPOLIDIS, A. & RODIONOV, A. 2015. New high-resolution aeromagnetic and radiometric surveys in Finnmark and North Troms: linking anomaly patterns to bedrock geology and structure. *Norwegian Journal of Geology*, 95, 217-243.
- OLESEN, O., TORSVIK, T. H. & TVETEN, E. 1997. Basement structure of the continental margin in the Lofoten-Lopphavet area, northern Norway: constraints from potential field data, on-land structural mapping and palaeomagnetic data. *Oceanographic Literature Review*, 12, 1478.
- OSMUNDSSEN, P. T., REDFIELD, T. F., HENDRIKS, B. H. W., BERGH, S. G., HANSEN, J.-A., HENDERSON, I. H. C., DEHLS, J., LAUKNES, T. R., LARSEN, Y. & ANDA, E. 2010. Fault-controlled alpine topography in Norway. *Journal of the Geological Society*, 167, 83-98.
- PASSCHIER, C. W. & TROUW, R. A. J. 2005. *Microtectonics*, Springer Science & Business Media.
- RAMBERG, I. B., BRYHNI, I. & NØTTVEDT, A. 2013. *Landet blir til: Norges geologi*, Norsk geologisk forening.
- SANDSTAD, J. S. 2015. MINN—Mineral resources in North Norway. Geological Soc Norway C/O NGU, 7491 Trondheim, Norway.
- SIGMOND, E. M. O., JORDE, K. & BRYHNI, I. 2013. Norsk geologisk ordbok: Med engelsknorsk ordliste. *Akademika forl.*
- STATENS-VEGVESEN 2017a. Hålogalandsvegen. <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/halogalandsvegen>.
- STATENS-VEGVESEN 2017b. Planbeskrivelse av Hålogalandsvegen. 20.07.2017 ed. <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/halogalandsvegen/reguleringsplaner/attach>

[ment/1624245? ts=15d74d0a0c0&fast title=Planbeskrivelse+E10%2Frv.+83%2Frv.+85+H%C3%A5logalandsvegen.](#)

- TALWANI, M. & ELDHOLM, O. 1977. Evolution of the Norwegian-Greenland sea. *Geological Society of America Bulletin*, 88, 969-999.
- TESSENSOHN, F. & PIEPJOHN, K. 2000. Eocene compressive deformation in Arctic Canada, North Greenland and Svalbard and its plate tectonic causes. *Polarforschung*, 68, 121-124.
- VAN WINKLE, S. W., STELTENPOHL, M. G. & ANDRESEN, A. 1996. Basement-cover relations and Caledonian tectonostratigraphy of Sandsoeya, Grytoeya, Aakeroeya, and Kjoetta, Western Gneiss Region, North Norway. *Norges Geologiske Undersøkelse*, 431, 67-89.
- WILSON, R. W., MCCAFFREY, K. J. W., HOLDSWORTH, R. E., IMBER, J., JONES, R. R., WELBON, A. I. F. & ROBERTS, D. 2006. Complex fault patterns, transtension and structural segmentation of the Lofoten Ridge, Norwegian margin: using digital mapping to link onshore and offshore geology. *Tectonics*, 25.
- ZWAAN, K. B., MOTUZA, G., MELEZHIK, V. A., SOLLI, A. & ROBERTS, D. 2002. Berggrunnsgeologisk kartlegging av karbonatforekomster i Evenes og Skånland kommune. *Norges geologiske undersøkelse Report 2002.088*.
- ØVERENG, O. 2003. En vurdering av kalkspat- og dolomittmarmorpotensialet i kommunene Tjeldsund, Evenes og Skånland. *Norges geologiske undersøkelse, rapport 2003.009*.
- ØVRELID, S. P. 1995. Brottektikk på land i Vesterålen og i tilstøtende område på sokkelen vest for Lofoten. [MS thesis]: Bergen, Norway, Universitetet i Bergen.