



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2017.016	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Fortrolig i 1 år	
Tittel: Undersøkelse av pukkkforekomst Langemyr i Lillesand kommune			
Forfatter: Mark Simoni Roald Tangstad Jakob Keiding		Oppdragsgiver: NCC Industri	
Fylke: Aust-Agder		Kommune: Lillesand (0926)	
Kartblad (M=1:250.000) 4580 Arendal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 15112 Høvåg	
Forekomstens navn og koordinater: Langemyr, UTM Sone 32, 105693 / 6473644		Sidetall: 25	Pris: 130,-
Feltarbeid utført: 30.08. - 01.09.2016		Rapportdato: 01.03.2017	Prosjektnr.: 337106
		Ansvarlig: <i>Kan' Astabesen Asly</i>	
Sammendrag: <p>På oppdrag fra NCC Industri har Norges geologiske undersøkelse (NGU) utført geologisk kartlegging og prøvetaking av lokaliteten Langemyr, som ligger 5 km vest for Lillesand sentrum i Lillesand kommune, Aust-Agder. NGUs oppgave var å undersøke og vurdere lokalitetens egnethet som mulig uttaksområde for råstoff til vei-, bygge- og anleggsformål.</p> <p>Befaringen viste at det opptrer en homogen felsisk granittisk gneis, i tillegg til mindre mengder av kvarts-plagioklas-biotittgneis, granodioritt og meta-arkose. Den granittiske gneisen, som er hovedbergarten, er lys grå, jevn- og finkornet (< 1 mm) og har et homogent utseende. Gneisen er stedvis tydelig foliert og har cm til dm brede tversgående kvartslag i området, noe som henger sammen med tidligere deformasjon under høyt trykk som har dannet folder (bakker i landskapet) og forkastninger synlig i den større regionen. Kvarts, alkalifeltspat og plagioklas er de dominerende mineraler, med mindre mengder glimmermineraler.</p> <p>Det undersøkte området kan benyttes til produksjon av pukk med middels til god kvalitet. Tynnslipanalyse og mekaniske tester viser at de mekaniske egenskapene av den granittiske gneisen er sort sett middels til gode. Utover dette ble det også oppdaget at materialet kan stedvis være dårlig på grunn av regional tektonisk deformasjon og en kombinasjon av sprø forkastning og foldning, som danner mikrosprekker mellom korn grensene og gir en lav motstand mot nedknusing. En kan forvente at et mulig uttak spille en viktig rolle til å dekke et regionalt behov for byggeråstoff.</p>			
Emneord: Byggeråstoffer	Pukk	Geologisk kartlegging	
Prøvetaking	Materialteknisk analyse	Kvalitet	
Petrografisk analyse	Tynnslipsanalyse	Mekaniske egenskaper	

Innhold

1. Innledning.....	1
2. Geologisk undersøkelse.....	1
2.1 Beliggenhet.....	1
2.2 Generell geologi	3
2.3 Geologiske observasjoner.....	4
2.3.1 Granittisk gneis	4
2.3.2 Doleritt, biotittsoner og kvartsbånd i den granittiske gneisen.....	6
2.3.3 Deformasjonsindikatorer og foldesystemer	8
3. Prøvetaking og petrografisk beskrivelse	10
3.1 Introduksjon.....	10
3.2 Tynnslipsbeskrivelse	11
3.3 Mikrosprekker	13
3.4 Mineralsammensetning.....	15
3.5 Undersøkelse av materialtekniske egenskaper	16
3.6 Preparering av prøven.....	16
3.7 Testmetoder	16
3.8 Testresultater	17
4. Konklusjon	18
5. Referanser.....	19
6. Vedlegg	20
6.1 Geologisk kart.....	21
6.2 Geologisk kart med sulfidklassering	22
6.3 Krav til vegdekker	23
6.4 Krav til vegfundamenter.....	24
6.5 Krav til vegdekker inklusive analyseresultater fra et annet laboratorium	25

1. Innledning

Etter ønske fra NCC Industry Steinmaterialer har Norges geologiske undersøkelse (NGU) utført en vurdering av en lokalitet ved Langemyr i Lillesand kommune, Aust-Agder.

Formålet var kartlegging og prøvetaking av lokaliteten, for å vurdere kvaliteten og homogenitet med tanke på å bruke materialet som byggeråstoff. Denne rapporten beskriver resultatene av feltobservasjoner, geologisk kartlegging og prøvetaking, laboratorieanalyser av de mekaniske egenskapene, og tynnslipundersøkelser. Feltarbeid ble utført av Roald Tangstad og Mark Simoni, tynnslipanalyse av Eirik Pettersen, og beskrivelsen av mikrosprekker av Jakob Keiding.

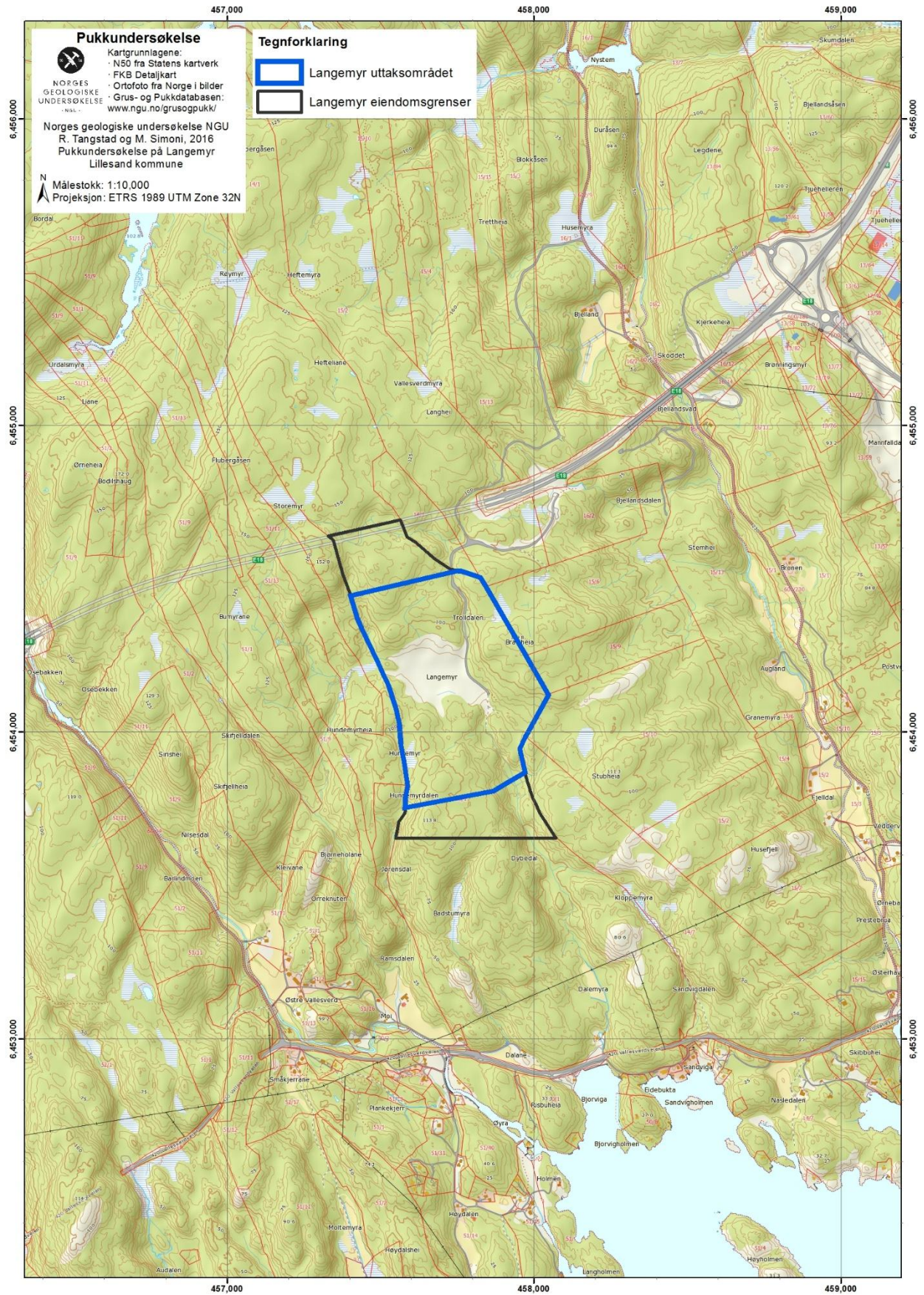
Aust-Agder er i prinsippet selvforsynt av pukk. Enkelte kommuner har overskudd av pukk, mens det i de mer urbane strøkene som Kristiansand og Lillesand er det underskudd på grunn av stor vekst. Omtrent halvparten av forbruket av grus og pukk går til vegformål. Regional utvikling vil føre til et økende behov for byggeråstoffer, og Langemyr har en gunstig beliggenhet for å kunne forsyne Lillesand.

2. Geologisk undersøkelse

2.1 Beliggenhet

Området Langemyr, som ble befart 30. august til 1. september 2016, ligger 5 km vest for Lillesand sentrum i Lillesand kommune, Aust-Agder. Den nordlige grensen av det planlagte uttaksområdet ligger 250 m sør-vest for E-18 tunnelportalen ved Brattheimyr. Det spesifiserte området er cirka 450 m bred (øst-vest) og cirka 750 m lang (nord-sør) og karakteriseres som skoglandskap med fjellrygger dekket med et tynt lag med løsmasser, busker, trær, gress og små myrer.

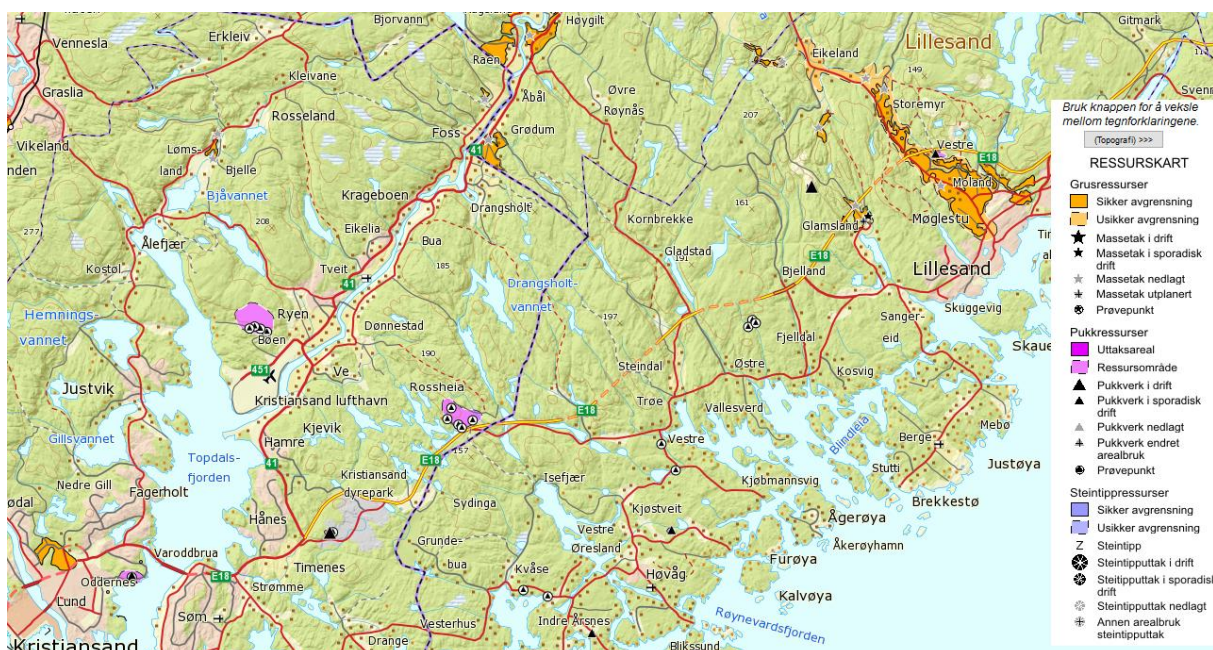
Området ligger godt skjermet for bebyggelse, og vil derfor ikke være noen konflikt i så henseende. Det er anlagt vei inn til området. Bortsett fra at den eksisterende tilkomsten passerer nær enkelte bolighus, anser NGU at det er et lavt konfliktpotensial med hensyn til masseuttak. Nærheten til E18 kan være en fordel for regional transport.



Figur 1: Interesseområdet Langemyr i Lillesand kommune, Aust-Agder.



Figur 2: Oversiktsbilde av Langemyr-området tatt fra pkt 20 mot øst (se også Tabell 1 og geologisk kart i kapittel 6.1).



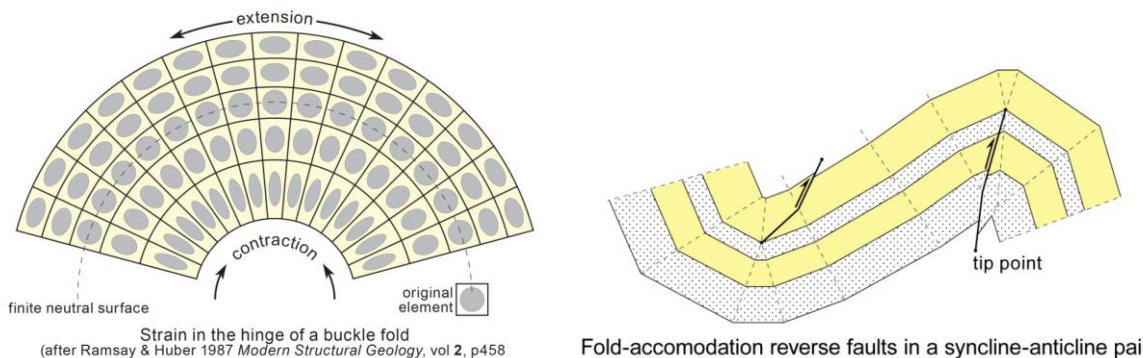
Figur 3: Grus og pukk ressurskart fra NGU har ikke undersøkt området for pukk-ressurspotensial tidligere. Ressurskartet (http://geo.ngu.no/kart/grus_pukk/) viser noen prøvepunkt mot sør-vest av Langemyr og aktuelle uttaksarealer i området. (NGU 2016).

Transportavstand og fraktkostnader er viktige kriterier for lavprisprodukter som pukk. Kjøreavstanden til Lillesand sentrum er rund 8 km (6 km luftlinje) og til Kristiansand rund 25 km (17 km luftlinje). Begge kan være et mulig salgsmarkedet.

2.2 Generell geologi

Bergartene i regionen mellom Lillesand og Kristiansand tilhører det såkalte Sør-Norske Bamble-komplekset, en rund 30 km bred stripe langs kysten som består av en rekke 1500-1000 millioner år gamle (proterozoiske) bergartsenheter av både magmatisk og sedimentær opprinnelse (Nijland *et al.* 2014). Geologisk kart i målestokk 1:50 000 av Padget (1994) danner grunnlaget for berggrunnskartet som finnes på nettet (NGU 2017) og som er brukt for det geologiske kartet i kapittel 6.1.

Bergartene som er del av Bamble-komplekset har vært utsatt for høy-trykk og høy-temperaturdeformasjon (se Engvik *et al.* (2016) for nærmere beskrivelser). Dette har ført til ulike grader av foldning, omkrystallisering (formendring) og oppsprekking fra stor- (km; se på geologisk 1:50 000 kart Hovåg) til mikroskala (mm; synlig i tynnsliper). Figur 4 illustrerer to ulike konsekvenser av slike deformasjon.



Figur 4: Deformasjon i foldningssystemet med endringer i form (til venstre) og oppsprekking med skyveflater (til høyre) er resultater av differensielle ekstensjons- og tryggspenninger (Burg 2017a, b). Begge typer deformasjon er synlig i Langemyrområdet.

2.3 Geologiske observasjoner

I Langemyrområdet består berggrunnen hovedsakelig av en lysgrå, finkornet felsisk granittisk kvarts-feltspat-gneis som delvis er vanskelig å skille fra meta-arkose eller kvartsitt. Langs veien mot nord-vest hjørnet av området opptrer det en karts-plagioklas-biotitt gneis med og mot nord-øst hjørnet opptrer det et desimeter til meter-tykk mørk-grå basaltisk (doleritiske) lag med NNØ strøk, parallell til foldaksene i regionen, i tillegg til noen vanligvis centimeter til sjelden desimeter tykke kvartsbånd, som har samme strøk.

De omtalte bergartene er dokumentert med bilder og håndstykker, og det geologiske kartet i kapittel 6.1 og tabellen i kapittel 3.1 viser en oversikt over hvor håndstykkene og bilder er tatt. Tynnslip av håndstykkene er analysert i mikroskop og beskrevet i kapittel 3.2.

NGU gjør oppmerksom på at området ligger i en region hvor det er registrert sulfidholdige bergarter. En kartlegging lang E18-trase fra Grimstad til Kristiansand i 2005 (Tveten og Nilsson 2005a, b), viste at det opptrer noe sulfidførende båndete gneiser utenfor Langemyrområdet, som indikert i Geologisk kart med sulfidklassering i avsnitt 6.2. Et høyt innhold av sulfider kan føre til forsuring av vann med sulfat, metaller og svovelsyre, når fjelloverflater med sulfider blir utsatt luft og vann. Høyt sulfidinnhold kan blant annet gjenkjennes på forvitringsoverflater har en karakteristisk gulbrun til rustbrun farge som beskrevet i Padget og Breivik (1996). Imidlertid ble det ikke observert sulfidførende båndete gneiser som for eksempel funnet utenfor området langs tunnelportalen. I tillegg var konklusjonen av rapporten nevnt ovenfor at sulfidinnholdet av gneisen er generelt for lavt for å være et stort problem (Tveten og Nilsson 2005a, b). Basert på feltobservasjoner er hoveddelen av lokaliteten vurdert som fri for sulfider men å utelukke dette ville kreve en kjemisk analyse eller malmineralmikroskopering av polerte tynnslip.

2.3.1 Granittisk gneis

Granittisk gneis er den dominerende bergarten i det undersøkte området. Figur 5-10 viser typiske feltforhold for bergarten fra ulike lokaliteter (se Tabell 1 og avsnitt 6.1 Geologisk kart).

På grunn av regional deformasjon danner den granittiske gneisen små eller litt større rygger og knauser i landskapet (Figur 5, Figur 6), og har også utviklet bergartens foliasjon som vanligvis er skråstilt. og som viser noen variasjon i intensitet. Båndingen i gneisen og lagvis variasjon i bergarts sammensetningen kan være en følge av primærsammensetningen, men

oppstår oftest som følge av metamorf påvirkning. Den granittiske gneisen er relativ massiv og hard på grunn av kompresjon under høyt trykk, men dette kan også lede til ulike spenninger i fjellmassen som kan svekke eller styrke bergarten, avhengig av lokaliteten i foldningssystemet (Figur 4).

Bergarten er finkornet (< 1 mm) og svak foliert uten utpreget kløv (Figur 7 til Figur 10). Kwarts, alkalifeltspat og plagioklas er de dominerende mineralene, med mer alkalifeltspat enn plagioklas, og mindre mengder av glimmer..



Figur 5: Den granittiske gneisen er motstandsdyktig mot erosjon og danner rygger i terrenget. Bildet er fra pkt 11 på kartet i kapittel 6.1 mot E18 i nord.



Figur 6: Noen overflatiske sprekkesoner krysser på tvers gneisryggen. Bildet tatt på pkt 9.



Figur 7: Typisk utseende på den granittiske gneisen. Bildet tatt på lokaliteten av prøve 2.



Figur 8: Den synlige forvittringshorizonten er oftest bare noen mm til cm tykk. Bildet fra pkt 5.



Figur 9: Typisk utseende på den granittiske gneisen. Bildet tatt på samme lokalitet som pkt 20.



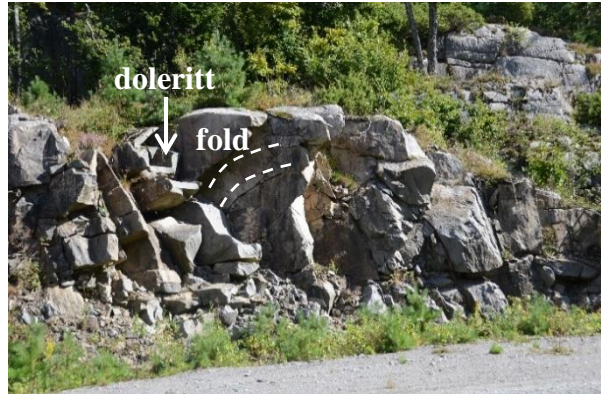
Figur 10: Svak foliasjon i gneisen. Bildet tatt på pkt 8.

2.3.2 Doleritt, biotittsoner og kvartsbånd i den granittiske gneisen

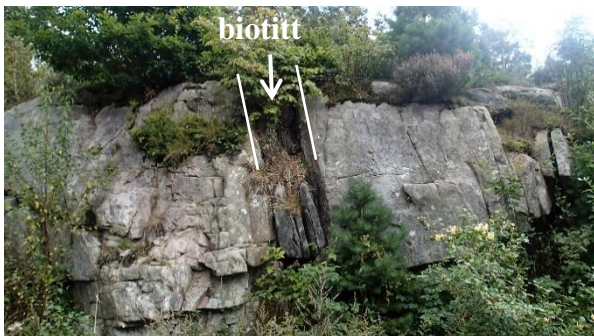
Det ble observert enkelte soner med dolerittinnslag, biotittlag og kvartsbånd, (Figur 11-16) som ofte har sammenheng med regional metamorfose, deformasjon, folding og oppsprekking.



Figur 11: Et mørk finkornet dolerittlag ble observert i nord-østhjørnet av området. Det opptrer ved siden av en foldestruktur med granittisk gneis. Bildet er tatt på samme lokalitet som pkt 18.



Figur 12: Doleritten er finkornet og hardt og har antagelig en god steinkvalitet, men sonen er bare noen få desimeter til meter tykke og derfor ikke av betydning for lokaliteten.



Figur 13: Bildet viser en biotittsone i mellom den granittiske gneisen med tydelig foliasjon i biotittlaget, og parallell oppsprekking i den granittiske gneisen ved siden. Lokaliteten er på østsiden av Langemyr (pkt 15).



Figur 14: Bildet tatt på østsiden av Langemyr, på samme lokalitet som pkt 14 og viser et biotitt-amfibolitt mellomlag langs en foldeflanke.

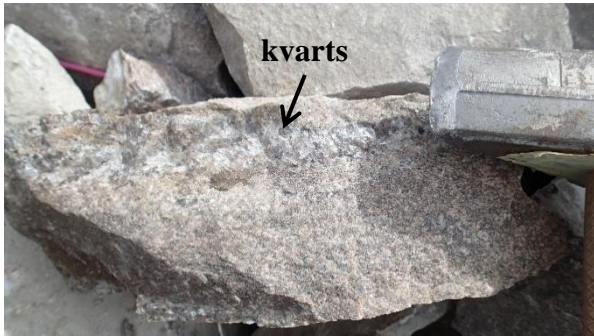


Figur 15: Bildet viser et tydelig foliert håndstykke av lys brun paragneiss til venstre, tatt langs nordkanten av Langemyrområdet (pkt 16). Til høyre er et biotitt-amfibolitt håndstykke som har typisk metamorf bergartstekstur tatt på pkt 14 (Figur 14).



Figur 16: Overflatisk forvitring (mørk lag til toppen) danner en myk forvittringshorison i de øverste cm til dem av bergoverflaten og er ledsaget av rustflekker indikerer jernfrigjøring fra biotitt- og malmmineralforvitring (pkt 19).

Langemyrområdets bergarter er generelt kvartsrike og stedvis finnes det rene kvartsbånd i den granittiske gneisen. Disse kvartsbåndene har ulike kornstørrelser og typisk en lys grå til hvit farge. Tykkelsen av kvartslagene varierer fra cm (Figur 17) til noen desimeter (Figur 18).



Figur 17: Et håndstykke med cm-tykk kvartssprekkfylling fra prøvelokalitet pkt 2.



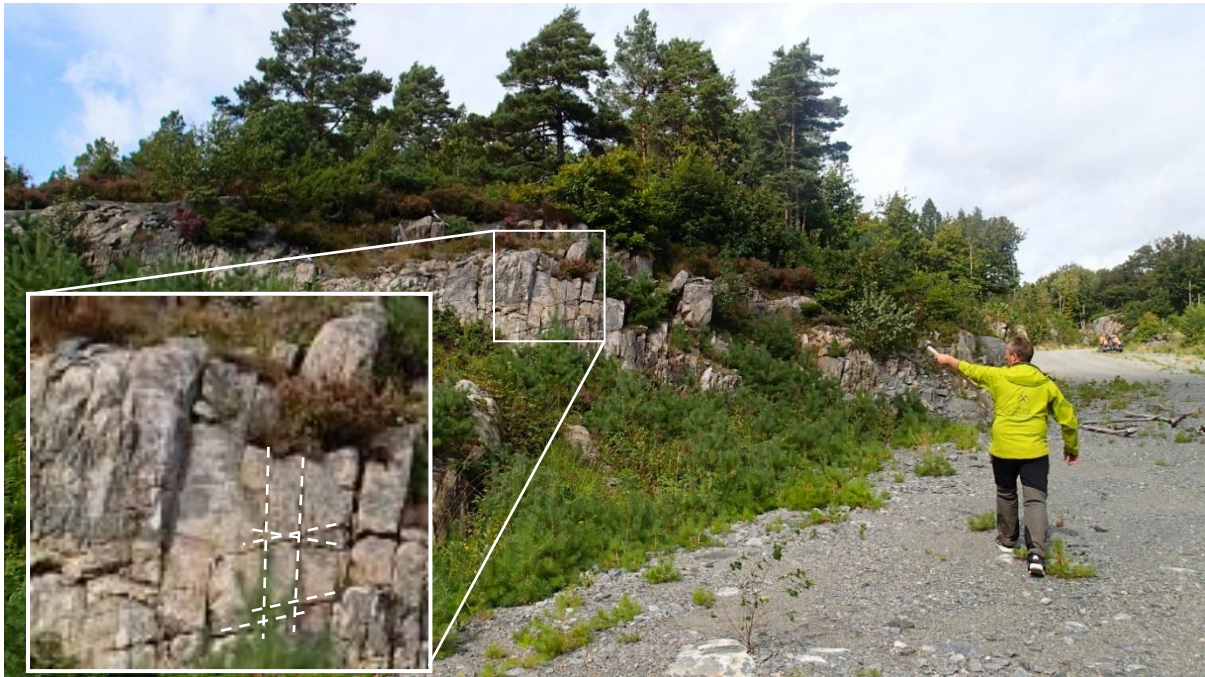
Figur 18: En kvartsansamling ligger i sentrum av en isoklinalfold synlig fra pkt 13 mot vest med sikt inn i foldeaksen



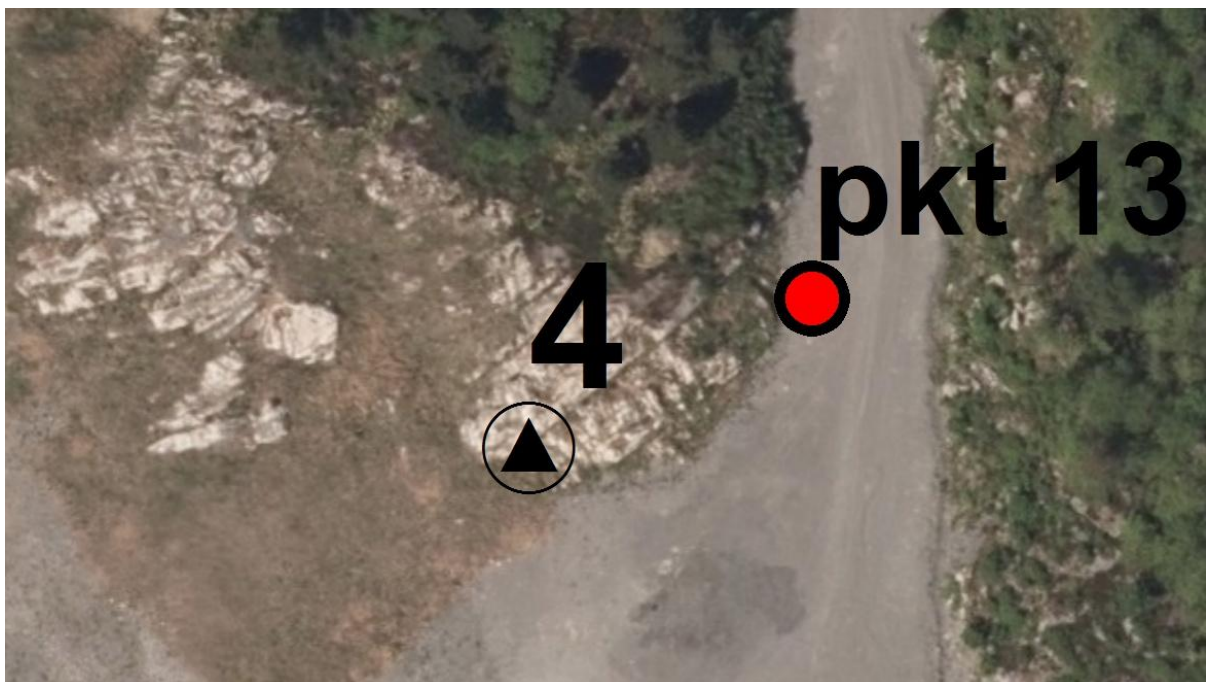
Figur 19: Bildet fra pkt 10 mot øst og viser at den massive finkornete granittiske gneisen med kvartsbånd av varierende tykkelse. Tydelige, nesten vertikale uregelmessige sprekker med kvartsfylling er synlig på tvers gneisen.

2.3.3 Deformasjonsindikatorer og foldesystemer

Ulike sprekkesystemer er synlig, som viser at det har vært sprø deformasjon i hele området.



Figur 20: Bildet er tatt mellom prøvepunkt 4 og pkt 13 og viser uregelmessig oppsprekking av den granittiske gneisen. Det er antatt at veien følger en forkastningssone (se også Figur 22), som henger sammen med en del oppsprekking som svekker fjellmassen. Dette, i kombinasjon med foldningen, er antageligvis ansvarlig for den dårlige mekaniske kvaliteten av prøven 4.



Figur 21: Ortofoto (fra Norge i bilder) av det samme stedet som beskrevet i Figur 20, med prøvelokalitet 4 markert. Oppsprekkingen av fjellmassen er tydelig både fra bakken og på flyfotoet.



Figur 22: Bildet tatt fra pkt 17 mot vest viser at den granittiske gneisen kan være sterkt oppsprukket. I tillegg viser den nesten vertikale flaten skyvemerker som antyder at flaten er resultatet av et stor forkastning som løper parallell til veien.

3. Prøvetaking og petrografisk beskrivelse

3.1 Introduksjon

I forbindelse med kartlegging ble det tatt tre mekaniske prøver for å teste materialtekniske egenskaper (densitet, kule mølle, micro-Deval og Los Angeles). Det er også tatt håndstykker og utført en petrografisk undersøkelse av bergarten ved tynnslipanalyse for utvalgte prøver. Tabell 1 viser prøvelokaliteter, deres geografiske koordinater og typen av prøvevurdering (analysemetode). Lokalitetenes plassering er også vist på geologisk kart i kapittel 6.1. Testresultatene for de mekaniske prøver vil bli lagt inn i NGUs database over grus-, puk- og steintippforekomster.

<http://www.ngu.no/>

<http://www.ngu.no/kart-og-data/kartinnsyn>

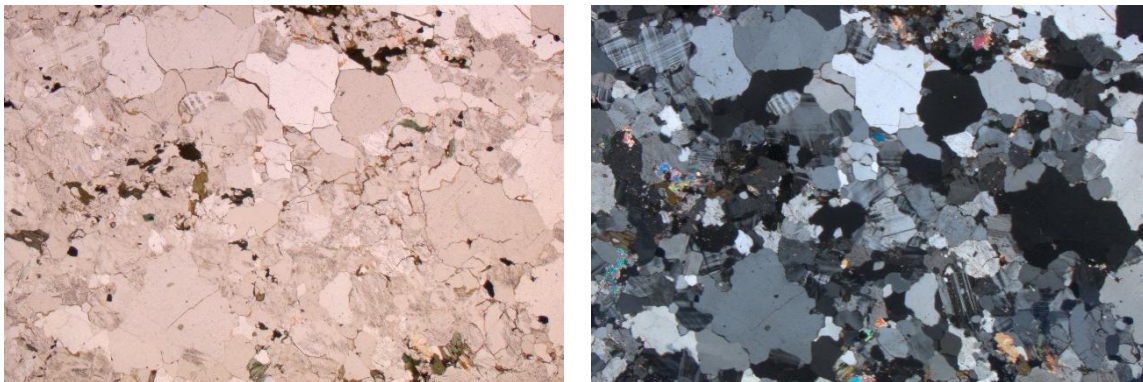
Tabell 1: Koordinater for prøvelokaliteter (UTM sone 32 datum WGS84) for mekaniske prøver og tynnslip.

Lokalitet	Øst	Nord	Prøvevurdering		
			Mekanisk prøve	Tynnslip (normal)	Mikro-sprekker
Langemyr pkt 1	457821	6454198	x		x
Langemyr pkt 2	457746	6454091			
Langemyr pkt 3	457650	6454085	x	x	
Langemyr pkt 4	457739	6454254	x		x
Langemyr pkt 5	458010	6454228		x	
Langemyr pkt 6	457537	6454134		x	
Langemyr pkt 7	457649	6453865		x	
Langemyr pkt 8	457986	6454128		x	
Langemyr pkt 9	457988	6454119			
Langemyr pkt 10	457903	6454119			
Langemyr pkt 11	457927	6454141			
Langemyr pkt 12	457913	6454788			
Langemyr pkt 13	457774	6454273			
Langemyr pkt 14	457778	6454357			
Langemyr pkt 15	457778	6454388			
Langemyr pkt 16	457780	6454409			
Langemyr pkt 17	457746	6454450			
Langemyr pkt 18	457755	6454478			
Langemyr pkt 19	457616	6454482			
Langemyr pkt 20	457517	6454390			
Langemyr pkt 21	457560	6454297			

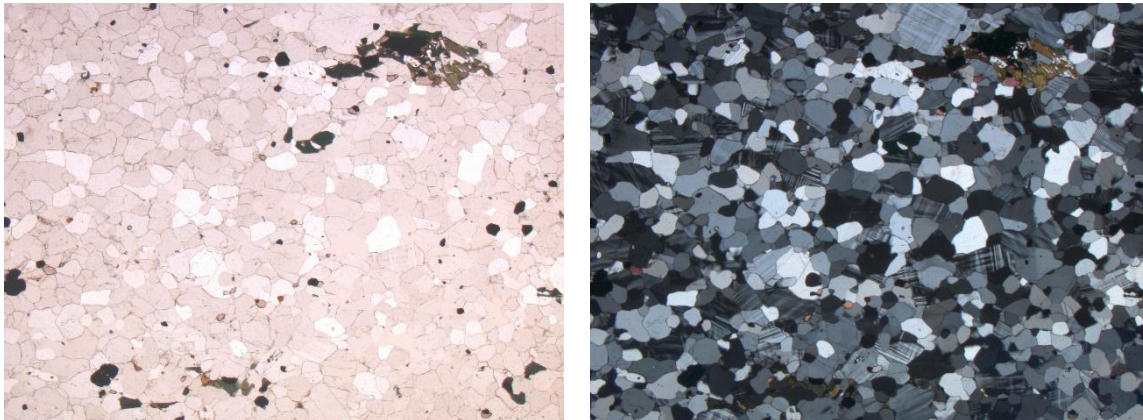
3.2 Tynnslipsbeskrivelse

Tynnslipsanalyse er blitt gjennomført på utvalgte prøver (Tabell 1) og resultatene av mikroskoperingen er sammenfattet i Tabell 2. Den petrografiske mikroskoperingen viser at den kartlagte granittiske gneisen har en del variasjon mellom de forskjellige prøvelokalitetene og det er mulig å skjelne fire ulike bergartstyper ved den petrografiske mikroskoperingen som er vist i Figur 24-27.

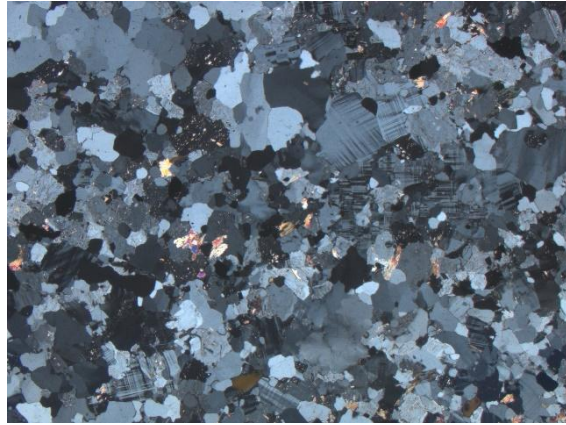
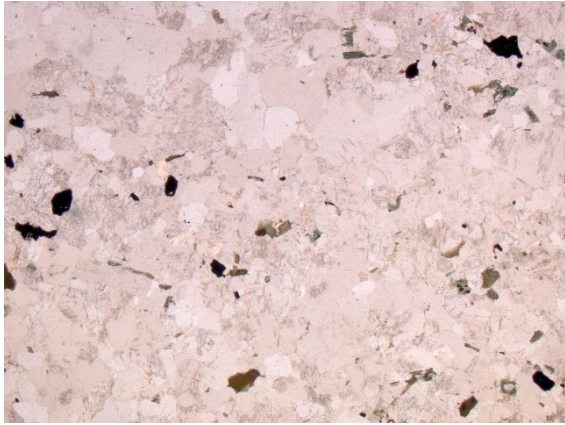
De mikroskoperte bergartene viser dessuten tydelig metamorf omvandling som indikerer at bergarten er sterk deformert (foliasjon; undulerende utslukning av kvarts i krysspolarisert lys, rekrystalliserte korn).



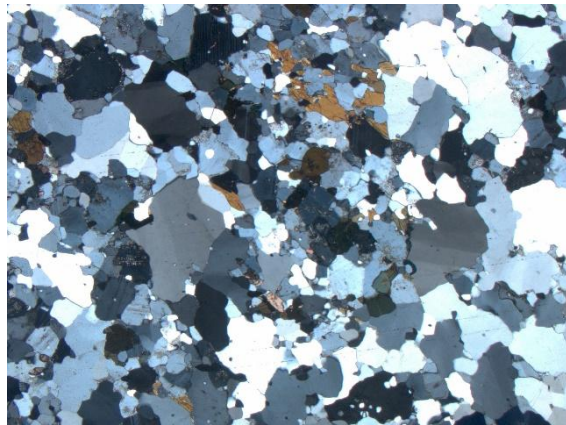
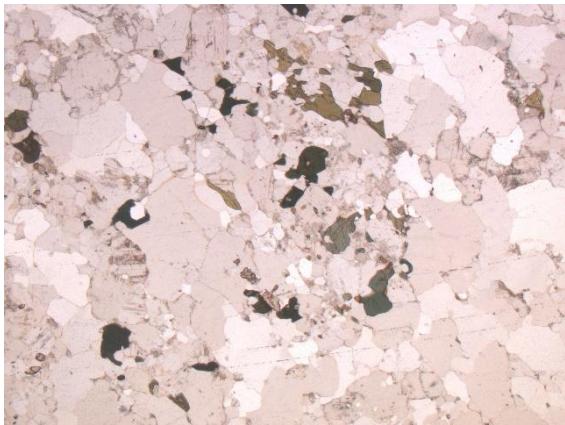
Figur 23 a og b: Mikroskopbilde med utsnitt av tynnslip fra prøvelokalitet **Langemyr pkt 3**. Venstre side: normal polarisert lys (PPL); høyre: krysspolarisert (XPL). Bildebredde er 2.7 mm. Mineralogien er dominert av kvarts, plagioklas og kalifeltspat og prøven viser deformasjonstegn. Kvarts (gule til grå irregulære korn) fyller ut rommet mellom de store plagioklas- og kalifeltspatkornene. (Bergartsnavn: gneis)



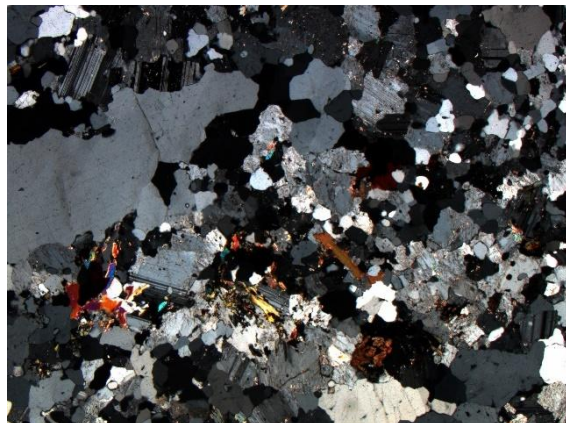
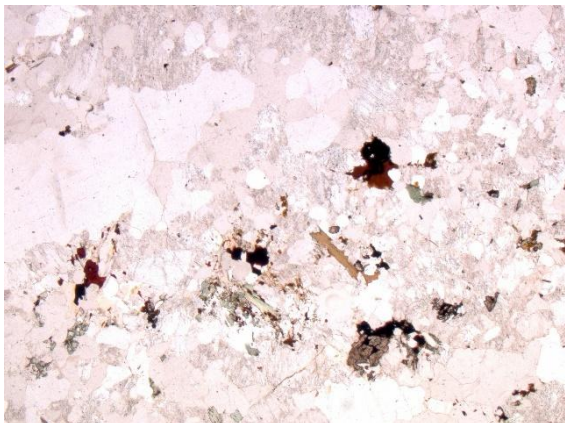
Figur 24 a og b: Mikroskopbilde med utsnitt av tynnslip fra prøvelokalitet **Langemyr pkt 5**. Venstre side: normal polarisert lys (PPL); høyre: krysspolarisert (XPL). Bildebredde er 2.7 mm. Mineralogien er dominert av kvarts, plagioklas og kalifeltspat. Kornstørrelsen er fin og jevnkornet. (Bergartsnavn: meta-arkose).



Figur 25 a og b: Mikroskopbilde med utsnitt av tynnslip fra prøvelokalitet **Langemyr pkt 6**. Venstre side: normal polarisert lys (PPL); høyre: krysspolarisert (XPL). Bildebredde er 2.7 mm. Mineralogien er dominert av kvarts, plagioklas og kalifeltspat. Kvarts fyller ut rommet mellom de store plagioklas og kalifeltspatkornene. (Bergartsnavn: meta-granitt).



Figur 26 a og b: Mikroskopbilde med utsnitt av tynnslip fra prøvelokalitet **Langemyr pkt 7**. Venstre side: normal polarisert lys (PPL); høyre: krysspolarisert (XPL). Bildebredde er 2.7 mm. Mineralogien er dominert av kvarts, plagioklas og kalifeltspat. Kvarts fyller ut rommet mellom de store plagioklas og kalifeltspatkornene. (Bergartsnavn: gneis).



Figur 27 a og b: Mikroskopbilde med utsnitt av tynnslip fra prøvelokalitet **Langemyr pkt 8**. Venstre side: normal polarisert lys (PPL); høyre: krysspolarisert (XPL). Bildebredde er 2.7 mm. Mineralogien er dominert av kvarts og plagioklas med mindre kalifeltspat og mer ulike kornstørrelser. (Bergartsnavn: granodioritt).

3.3 Mikrosprekker

De mekaniske egenskapene til pukk avhenger av en rekke parametere hvor bergartssammensetningen (mineralogi), bergartens tekstur (primært kornstørrelse og foliasjon) samt graden av omvandling alle er faktorer som har en stor og velkjent betydning for de materialetekniske egenskapene. Mikroskopering av vanlig petrografisk tynnslip, beskrevet i avsnitt 3.2, viser at det ikke er noen egenskaper i denne retningen som markant adskiller prøve fra pkt 4 fra prøver som ble tatt på pkt 1, 2, og 3.

En rekke studier har dokumentert at opptreden av mikrosprekker har negativ innvirkning på materialtekniske egenskapene (Åkesson *et al.* 2004; Sousa *et al.* 2005; Lindqvist *et al.* 2007). Mikrosprekker er små sprekker i bergarten som kun kan observeres med mikroskop og ofte kun treder tydelig frem med tynnslip som er fremstillet med henblikk på å undersøke sådanne svakhetssoner.

For å nærmere å undersøke årsaken til de veldig svake knusningsegenskapene observert for Langemyr pkt 4 er det fremstillet UV fluorescens impregnerte tynnslip for denne prøve og for Langemyr pkt 1 som referanse. Til denne typen tynnslip anvendes en spesiell epoksyharpiks som inneholder fargestoff som gjør at mikrosprekkene trer tydelig frem under UV-lys og enkelt kan dokumenteres i mikroskop. Vakuuimpregnering gjør at alle riss, sprekker og porer/ hulrom impregneres ned til 0,2 μm som er vesentlig mindre enn den maksimale oppløsning for optisk mikroskopering. Metoden benyttes ofte til å undersøke kvaliteten av betong, men er også nyttig til å studere byggeråstoffer som naturstein eller pukk.

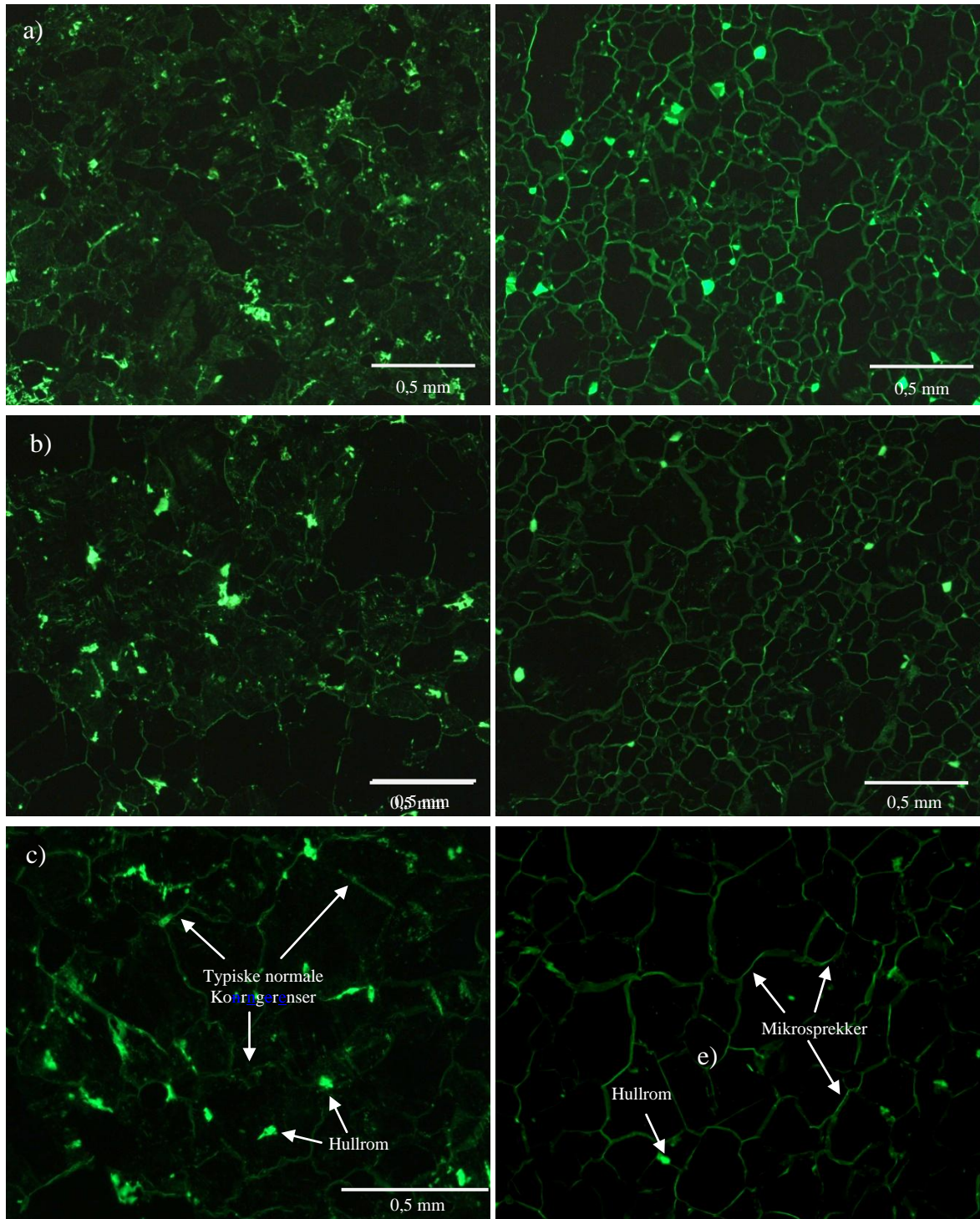
Figur 28 viser mikroskopbilder av Langemyr prøve pkt 2 (Figur 28 a-c) og prøve pkt 4 (Figur 28 d-f). En markant forskjell mellom bildene fra de to prøver er de mye tydeligere kornrensene fra Langemyr prøve pkt 4. I denne prøven forekommer et sammenhengende nettverk av mikrosprekker som finnes langs kornrensene. Kornrensene av Langemyr prøve 1 er også relativt tydelig i UV fluorescens impregnert tynnslip men er mindre distinkte og utgjør ikke et sammenhengende nettverk; de er for små til å bli klassifisert som mikrosprekker. Kornrensene er tykkere i Langemyr prøve pkt 4 enn i Langemyr prøve pkt 2, og derfor betegnes som intergranulære (dvs. forekommer mellom kornene) mikrosprekker. Dette utgjør svakhetssoner i bergarten. Dette kan forklare den høye Los Angeles verdien målt i prøven 4 (se avsnitt 3.8).

Andre fluorescensfenomener som observeres også i tynnslipene i Figur 28 og er inneslutninger og hulrom som er blitt åpnet ved preparering av tynnslip, som for eksempel spalteflater i mineraler. Mikrosprekker som går gjennom mineraler og ikke er knyttet til kornrensene forekommer i begge prøver men er relativt sjeldne og forventes derfor ikke å ha en nevneverdig betydning for de mekaniske egenskapene.

Mikrosprekker i prøven fra Langemyr pkt 4 er sannsynligvis en kombinasjon av regional deformasjon, foldning, forkastning, og "mikro-eksfoliasjon" som er oppsprekking eller avskalling av bergartsflakt parallelt med bergoverflaten. Dette forekommer stedvis i området og danner markante kornrensene (intergranulære mikrosprekker). Avskalling er oppstått ved avlastning da de overliggende bergarten med tiden ble erodert. Muligvis er dette et fenomen som også kan forekomme på krystallkornnivå, men vil typisk være relatert til særlig tydelig sprekkedannelse i et plan, hvilket ikke er observert.

En tidligere studie av Erichsen og Broekmans (1999) har vist at mikrosprekker særlig er et overflatefenomen i dagfjellsonen og avtager med dypet og ikke er et problem ved bare et par meters dybde. Dette kan muligvis også gjøre seg gjeldende for området omkring Langemyr

prøve pkt 4 lokaliteten. En slik avklaring krever kjerneboring, med undersøkelse av mekaniske egenskaper og omfattende mikroskopering av borekjerner.



Figur 28: Bilder av fluorescens-impregnert tynnslip fra Langemyr lokaliteten belyst med UV lyskilde som gir riss, sprekker og porer grønn farge. a-c) Langemyr prøve pkt 2. d-f) Langemyr prøve pkt 4. Det kan sees at korngrensene er tykkere, skarpere og utgjør sammenhengende nettverk i Langemyr prøve 4 (de tre bilder til høyre) som har uvanlig høy Los Angeles verdi. Det ikke er tilfellet for Langemyr prøve pkt 2 (de tre bilder til venstre). Korngrensene i Langemyr prøve pkt 4 tolkes som ofte værende mikrosprekker og svakhetssoner i bergarten som resulterer i de dårlige materialegenskaper. En del hullrom og andre fluorescensfenomener sees også i bildene fra begge prøver.

3.4 Mineralsammensetning

En petrografisk analyse er gjennomført på tynnslipene. Mineralogisk tynnslipbeskrivelse er skjønsmessig uten kjemisk detaljanalyse. NGU skrifter nr. 113, 1995 er brukt for navnsetting av de enkelte slip. Analyseresultatene er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Modal mineralsammensetning i volum prosent.

Prøve	Pkt 3	Pkt 5	Pkt 6	Pkt 7	Pkt 8
NGU nr.	926-511 B	926-511 D	926-511 E	926-511 F	926-511 G
	Vol %	Vol %	Vol %	Vol %	Vol %
Kvarts	40	49	41	62	50
Kalifeltspat	33	40	29	6	10
Plagioklas	12	3	13	16	25
Hornblende		3		7	
Muskovitt	2		3		2
Kloritt	1		2	1	3
Epidot	1		1		1
Biotitt	3		1	1	2
Kalkspat	1		1		
Granat		1	1		
Apatitt				1	
Spinell					
Staurolitt					
Titanitt		1		3	
Sericitt	2		4	2	1
Andre	5	3	4	1	6
SUM	100	100	100	100	100
Bergart	Gneis	Meta-arkose	Meta-granitt	Gneis	Meta-grano-dioritt

Hovedbergarten i Langemyrområdet er en granittisk gneis, med noe variasjon i sammensetning og metamorfosegrad (granitt og granodioritt; ulike foliasjonsintensitet), noe som er vanlig i komplekse geologiske situasjoner og ikke nødvendigvis har negative konsekvenser på materialkvaliteten.

3.5 Undersøkelse av materialtekniske egenskaper

I forbindelse med den geologiske kartleggingen ble det tatt tre prøver for testing av de materialtekniske egenskaper (Tabell 3).

Tabell 3: Prøvelokaliteter

NGU Referanse nr.	Lokalitet	Ca. prøvevekt i kg
2016031	Langemyr pkt 1	62
2016032	Langemyr pkt 3	62
2016033	Langemyr pkt 4	62

3.6 Preparering av prøven

Prøven er nedknust i laboratoriet i henhold til spesifikasjoner gitt i Statens vegvesen (1997): Håndbok 014, Laboratorieundersøkelser (14.457 Laboratorieknusing av steinmaterialer). Prøven er deretter tørrsiktet og representativ mengde er brukt for densitet, Kulemølle, Micro-Deval og Los Angeles ved NGU's laboratorium.

3.7 Testmetoder

Representative mengder av prøven er brukt for bestemmelse av de aktuelle parameterne. Analysene er utført i henhold til Norsk Standard eller retningslinjer gitt av Statens vegvesen, Håndbok 014-Laboratorieundersøkelser (1997);

14.422	Densitet for materiale større enn 4,0 mm
NS-EN 1097-1	Prøvmingsmetode for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag. Del 1: Bestemmelse av motstand mot slitasje (micro-Deval).
NS-EN 1097-2	Prøvmingsmetode for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag. Del 2: Metode for bestemmelse av motstand mot knusing (Los Angeles metoden).
NS-EN 1097-9	Prøvmingsmetode for mekaniske og fysiske egenskaper for tilslag. Del 9: Bestemmelse av motstand mot piggdekkslitasje. Nordisk metode.

3.8 Testresultater

Tabell 3: Materialtekniske testresultater. De åtte prøvene nederst i tabellen er inkludert som referanse og ble tatt av NCC Industri med håndboring på mindre enn 1 m dybde, og analysert av et annet laboratorium.

Lokalitet	Densitet g/cm ³	Kulemølle verdi	Flisighetsindeks til Kulemølle	Micro-Deval (MD) verdi	Los Angeles (LA) verdi	Flisighetsindeks til LA
Langemyr pkt 1	2,66	7,2	3,6	5	23	13,7
Langemyr pkt 3	2,65	6,6	7,2	5	25	6,4
Langemyr pkt 4	2,65	11,2	3,4	8	71	4,8
Langemyr pkt 4/2				6	54	4,1
Langemyr prøve 1	2,68	9,9			25	
Langemyr prøve 2	2,67	12			29	
Langemyr prøve 3	2,67	10			29	
Langemyr prøve 4	2,67	12,3			31	
Langemyr prøve 5	2,68	9,7			27	
Langemyr prøve 6	2,66	13,6			31	
Langemyr prøve 7	2,67	11,8			32	
Langemyr prøve 8	2,68	8,8			21	

Da variasjon kan forekomme innenfor en forekomst, gjelder resultatene kun enkeltprøven og ikke hele forekomsten som sådan.

Testresultatene fra Langemyr Pkt 1 og 3 viser at materialet egner seg til vegformål opp til 15000 ÅDT (gjennomsnittlig årstdøgntrafikk) (se vedlegg om krav til vegdekker). Langemyr prøven fra pkt 4 ga et uventet dårlig Los Angeles verdi, og derfor ble en annen Los Angeles analyse gjort for denne prøven (Langemyr pkt 4/2). Begge resultater viser at materialet fra dette prøvepunktet ikke egner seg til vegformål. For å finne en forklaring for dette resultatet ble en mikrosprekk-analyse gjort i tillegg (Tabell 1 og Figur 28). Det viste at det er svært sannsynlig at den regionale tektoniske deformasjonen og sammenhengen med en forkastningssone og resulterende mikrosprekker (se avsnitt 3.3) har påvirket det dårlige resultatet av prøve 4. Imidlertid viser en stor del av området mye bedre steinkvalitet enn lokaliteten pkt4 med mindre deformasjon og oppsprekking.

Pkt 1 og 3 viser også at materialet egner seg godt som bære- og forsterkningslag i alle trafikkgrupper (se vedlegg om krav til vegfundamenter). Her er også Pkt 4 ikke egnet pga. alt for høy Los Angeles verdi.

4. Konklusjon

I de kartlagte områdene utgjør en felsisk meta-granitt (granitisk gneis) hoveddelen av volumet, og forekomsten er stort sett relativt homogent og har gode materialeegenskaper for pukkproduksjon.

Testresultatene (kapittel 3.8) fra pkt 1 og 3 viser at materialet egner seg til vegformål opp til 15000 ÅDT (årsdøgntrafikk). Langemyr prøve pkt 1 og 3 gir relativt gode verdier for Kulemølle og Micro Deval (høy slitestyrke) og gjennomsnittlig Los Angeles-verdi og flisighetsindeks.

Dessverre viser analyseresultatene at bergarten der prøve 4 ble tatt har vesentlig dårligere mekaniske egenskaper enn det som man har fått inntrykk av fra feltobservasjonene. Materialet fra Langemyr pkt 4, ikke egner seg til vegformål. Det antas at mikrosprekker, den metamorfe omvandlingen, og den jevnkornete tekturen gjør den granittiske gneisen veldig sprø, og at det oppstår mikrosprekker (sprekkdannelse langs korngrensene) på grunn av regional tektonisk deformasjon. Samtidig ligger pkt 4 i nærheten av det som er tolket som en forkastningssone (som også danner sprekker og mikrosprekker). Derfor blir materialet på pkt 4 svært sprø og knuses lett, som den høye Los Angeles-verdien viser.

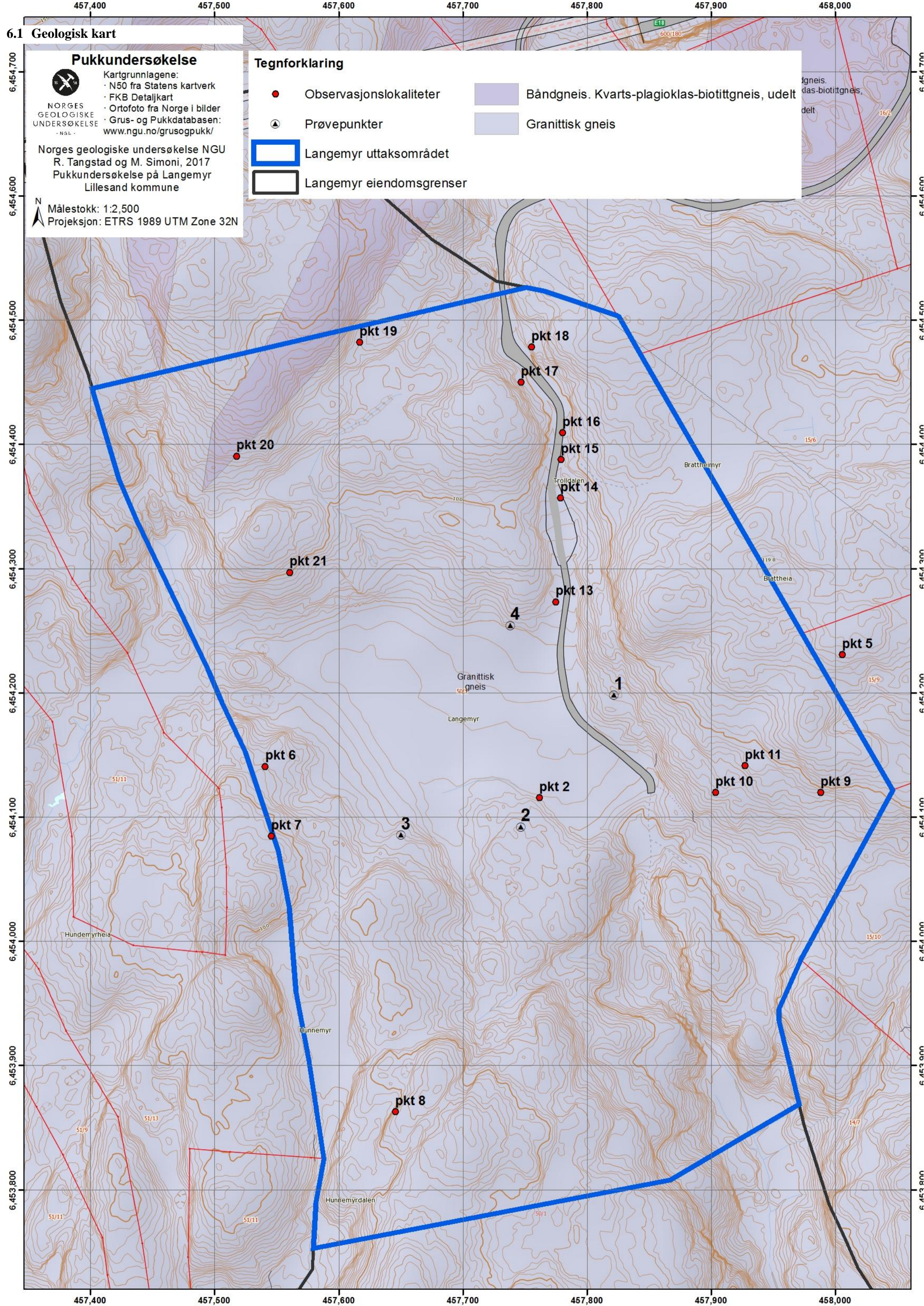
Feltobservasjoner i den sørlige delen av forekomsten antyder mer homogenitet og bedre kvalitet, noe som er bekreftet av tilleggsprøvene som ble tatt av NCC Industri. Det betyr at en stor del av forekomsten er egnet til mange formål der det stilles middels høye mekaniske krav til råstoffet. En kan forvente at et mulig uttak kan spille en viktig rolle til å dekke et regionalt behov for byggeråstoff.

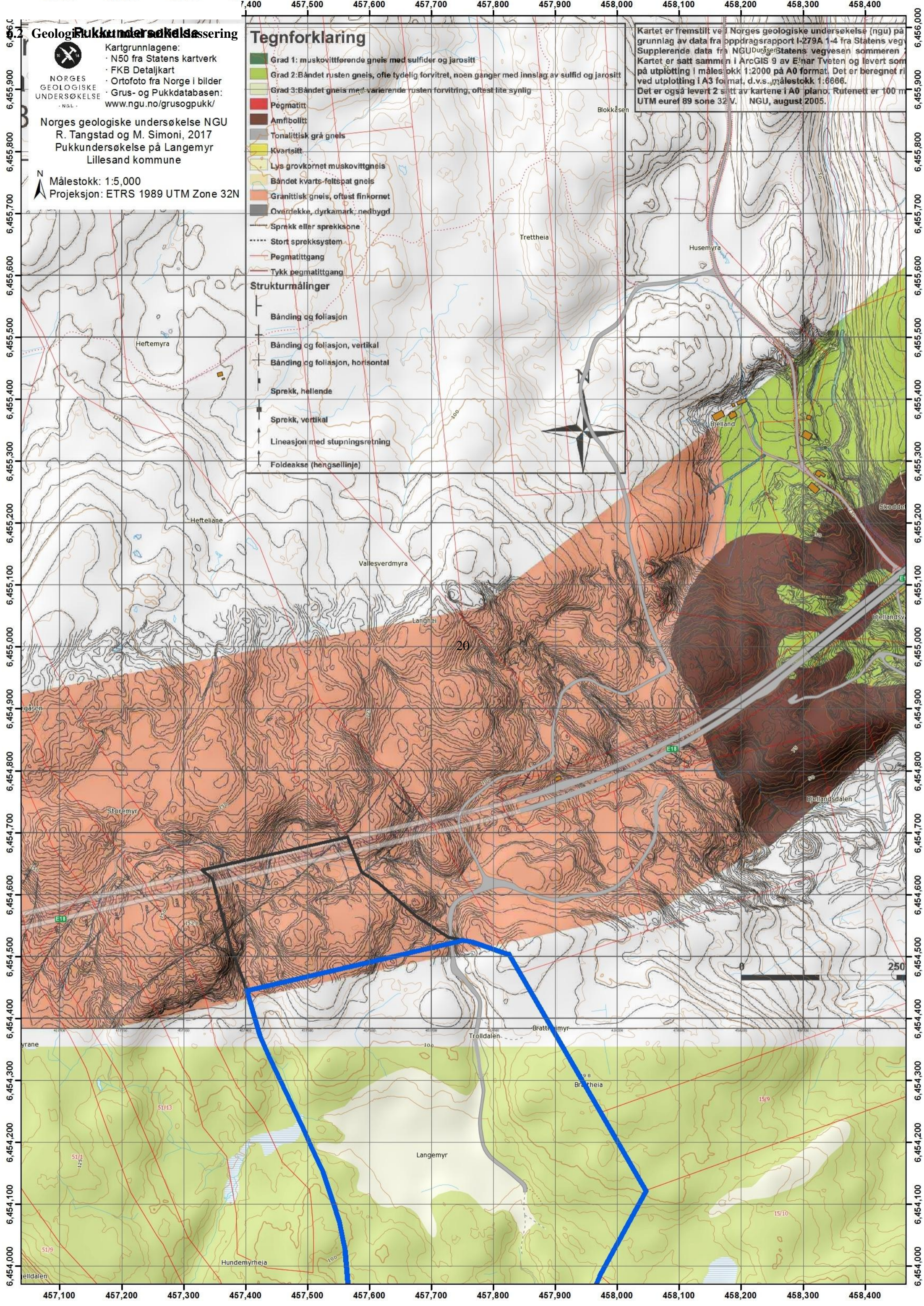
5. Referanser

- Åkesson, U., Hansson, J. and Stigh, J. (2004). Characterisation of microcracks in the Bohus granite, western Sweden, caused by uniaxial cyclic loading. *Engineering Geology* **72** (1–2): 131-142.
- Burg, J. P. (2017a). 651-3422-00L Structural Geology lecture notes. Chapter 7 Folding. Department of Earth Sciences - Structural Geology and Tectonics Group; Zurich, ETH Zurich. 30 pp. tilgjengelig på nettet: <http://www.files.ethz.ch/structuralgeology/JPB/files/English/7folding.pdf>.
- Burg, J. P. (2017b). 651-3422-00L Structural Geology lecture notes. Chapter 4: Thrust systems. Department of Earth Sciences - Structural Geology and Tectonics Group; Zurich, ETH Zurich. 58 pp. tilgjengelig på nettet: <http://www.files.ethz.ch/structuralgeology/JPB/files/English/4thrustsyst.pdf>.
- Engvik, A. K., Bingen, B. and Solli, A. (2016). Localized occurrences of granulite: P–T modeling, U–Pb geochronology and distribution of early-Sveconorwegian high-grade metamorphism in Bamble, South Norway. *Lithos* **240–243**: 84-103.
- Erichsen, E. and Broekmans, M. (1999). NGU rapport 99.060. - Påvirkning av mekaniske egenskaper ved prøvetakning i dagfjellsonen. 33 pp. tilgjengelig på nettet: http://www.ngu.no/upload/publikasjoner/rapporter/1999/99_060.pdf.
- Lindqvist, J. E., Åkesson, U. and Malaga, K. (2007). Microstructure and functional properties of rock materials. *Materials Characterization* **58** (11–12): 1183-1188.
- NGU (2016). "Grus og Pukk - ressurskart". Norges geologiske undersøkelse (NGU) [online] tilgjengelig på nettet: <http://geo.ngu.no/kart/minkommune/?kommunenr=1224> hentet 22.02.2017.
- NGU (2017). "Berggrunn N50". Norges geologiske undersøkelse (NGU) [online] tilgjengelig på nettet: <http://geo.ngu.no/kart/minkommune/?kommunenr=926> hentet 22.02.2017.
- Nijland, T. G., Harlov, D. E. and Andersen, T. (2014). The Bamble Sector, South Norway: A review. *Geoscience Frontiers* **5** (5): 635-658.
- Padget, P. (1994). Berggrunnskart Høvåg 1511-2 [map]. Berggrunnskart. Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU). Målestokk 1:50 000. Skannet kart i PDF format.
- Padget, P. and Breivik, H. (1996). NGU Rapport 96.116. Berggrunnskartlegging langs aktuelle E-18 traseer mellom Nørholm (Aust-Agder) og Dyreparken; Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU). 13 pp. 96.116. tilgjengelig på nettet: http://www.ngu.no/upload/publikasjoner/rapporter/1996/96_116.pdf.
- Sousa, L. M. O., Suárez del Río, L. M., Calleja, L., Ruiz de Argandoña, V. G. and Rey, A. R. (2005). Influence of microfractures and porosity on the physico-mechanical properties and weathering of ornamental granites. *Engineering Geology* **77** (1–2): 153-168.
- Tveten, E. and Nilsson, L. P. (2005a). NGU Rapport 2005-052. E18 Grimstad - Kristiansand. Geologisk kartlegging 2005.; Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU). 41 pp. 2005-052. DOI: ISSN 0800-3416. tilgjengelig på nettet: http://www.ngu.no/FileArchive/227/2005_052.pdf.
- Tveten, E. and Nilsson, L. P. (2005b). NGU Rapport 2005-052. Kartbilag 6-10.; Trondheim, Norges geologiske undersøkelse (NGU). 41 pp. 2005-052. DOI: ISSN 0800-3416. tilgjengelig på nettet: http://www.ngu.no/FileArchive/227/2005_052Kart6-10.pdf.

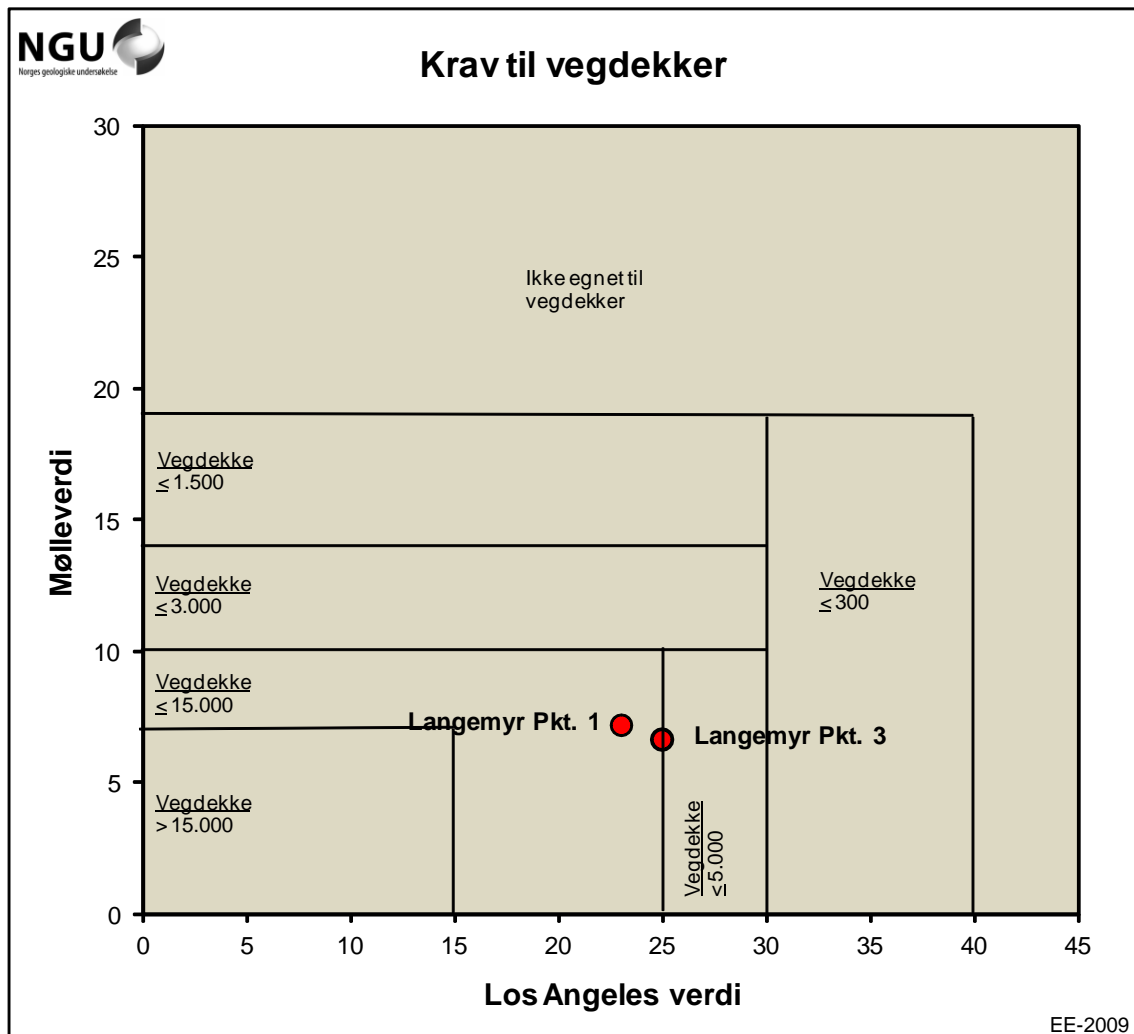
6. Vedlegg

- 1- Geologisk kart
- 2- Geologisk kart med sulfidklassering
- 3- Materialtekniske resultatene plottet i diagram med krav til vegdekker.
- 4- Materialtekniske resultatene i diagram med krav til vegfundamenter.
- 5- Materialtekniske resultatene, inklusive analyseresultater fra et annet laboratorium, plottet i diagram med krav til vegdekker.





6.3 Krav til vegdekker



<u>Vegdekke (ÅDT)</u>	<u>Los Angeles</u>	<u>Flis. Indeks</u>	<u>Mølleverdi</u>	<u>Micro-Deval</u>
> 15000	≤ 15	≤ 25	≤ 7	
5001-15000	≤ 25	≤ 25	≤ 10 ³⁾	
3001-5000	≤ 30 ¹⁾	≤ 30	≤ 10 ³⁾	
1501-3000	≤ 30 ²⁾	≤ 30	≤ 14 ⁴⁾	
301-1500	≤ 30	≤ 30	≤ 19	
≤ 300	≤ 40	≤ 35	≤ 19	
Grusdekke*	≤ 35	≤ 30	≤ 19	≤ 15

NB! Kravene kan variere noe avhengig av masstype

¹⁾ Kravet gjelder for masstypen asfaltbetong (Ab) ellers er kravet ≤ 25 og for tynndekke ≤ 15

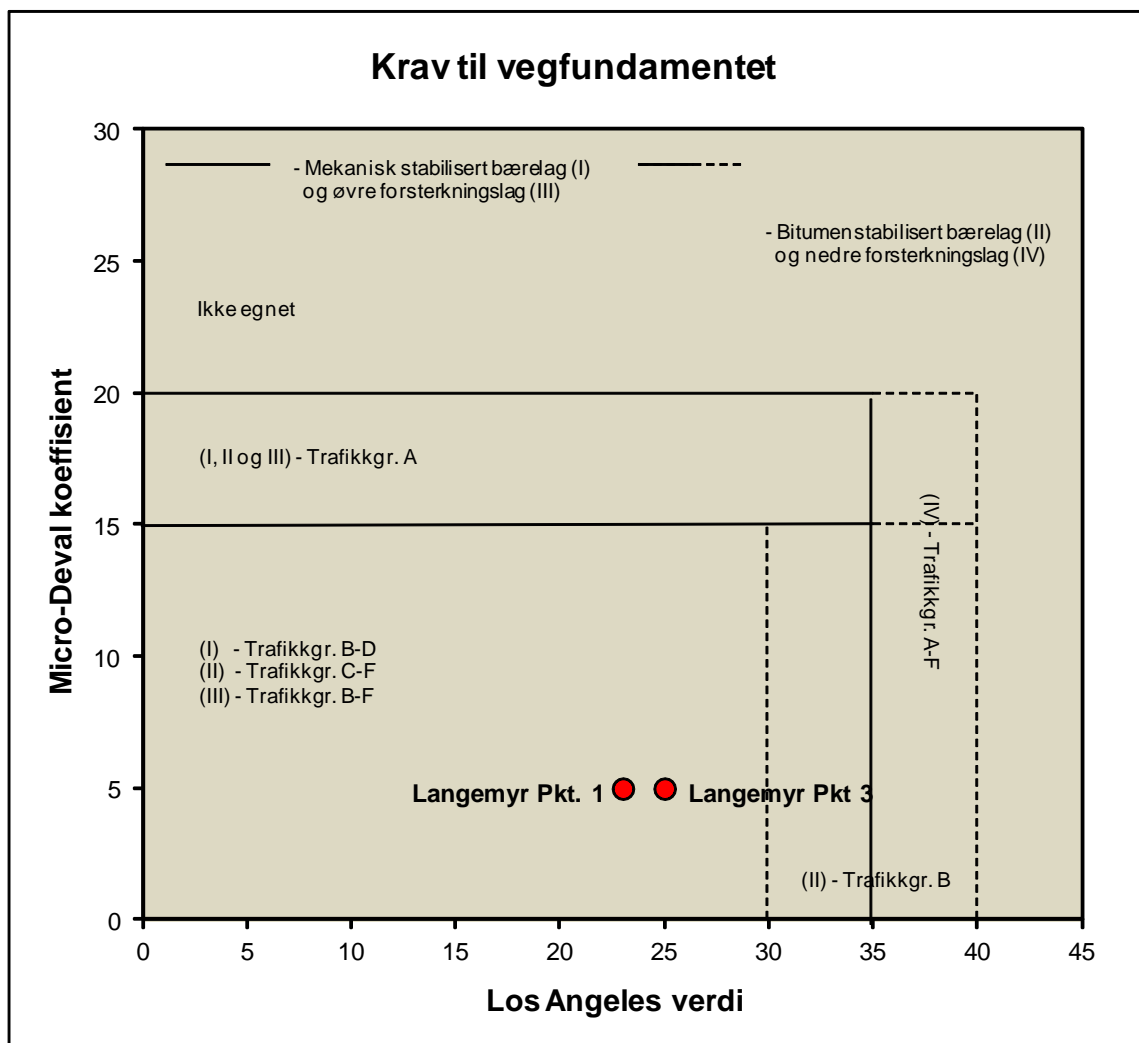
²⁾ Kravet for tynndekke ≤ 25

³⁾ Kravet for tynndekke ≤ 7

⁴⁾ Kravet for tynndekke ≤ 10

* Kravene for slitasje stilles til micro-Deval. Kulemølla kan benyttes ved intern produksjonskontroll.

6.4 Krav til vegfundamenter



Bærelag		(I)	(II)		
Trafikkgr.	ÅDT	Los Angeles	Los Angeles	Micro-Deval	Mølleverdi*
F	(> 15000)	-	≤ 30	≤ 15	≤ 19
E	(5001-15000)	-	≤ 30	≤ 15	≤ 19
D	(3001-5000)	≤ 35	≤ 30	≤ 15	≤ 19
C	(1501-3000)	≤ 35	≤ 30	≤ 15	≤ 19
B	(751-1500)	≤ 35	≤ 40	≤ 15	≤ 19
A	(≤ 750)	≤ 35	≤ 40	≤ 20	≤ 26

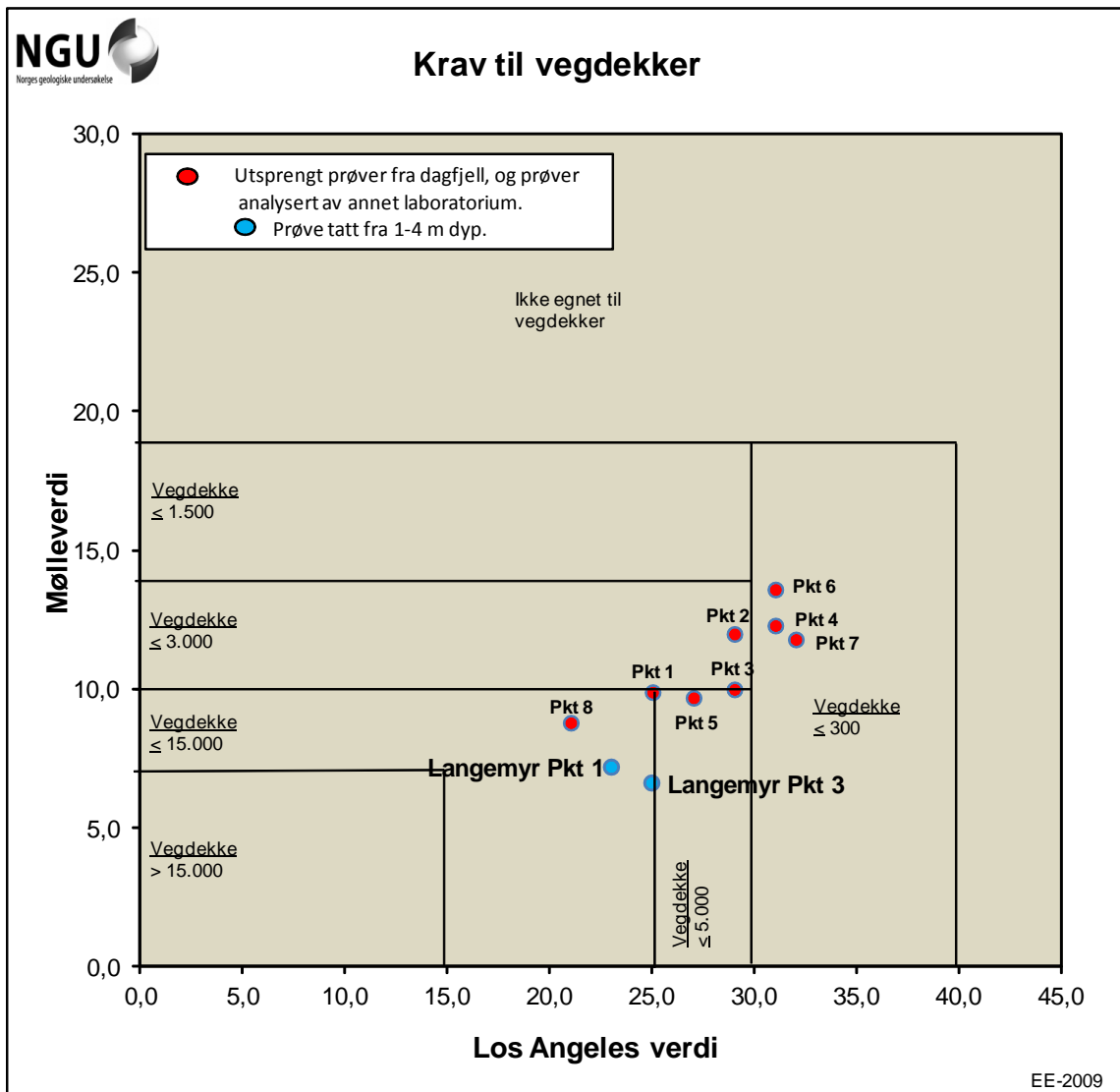
Forsterkningslag		ÅDT	Los Angeles	Micro-Deval	Mølleverdi*
Øvre (III)	B-F	(> 751)	≤ 35	≤ 15	≤ 19
Øvre (III)	A	(≤ 750)	≤ 35	≤ 20	≤ 26
Nedre (IV)	A-F	-	≤ 40	≤ 20	≤ 26

Trafikkgruppene tilsvarer omtrentlig ÅDT, men skille mellom tra.gruppe A og B går ved ca. ÅDT 750.

Mekanisk stabilisert bærelag benyttes kun inntil trafikkgruppe D (ÅDT ≤ 5000).

* Kravene for slitasje stilles til micro-Deval. Kulemølla kan benyttes ved intern produksjonskontroll.

6.5 Krav til vegdekker inklusive analyseresultater fra et annet laboratorium



<u>Vegdekke (ÅDT)</u>	<u>Los Angeles</u>	<u>Flis. Indeks</u>	<u>Mølleverdi</u>	<u>Micro-Deval</u>
> 15000	≤ 15	≤ 25	≤ 7	
5001-15000	≤ 25	≤ 25	≤ 10 ³⁾	
3001-5000	≤ 30 ¹⁾	≤ 30	≤ 10 ³⁾	
1501-3000	≤ 30 ²⁾	≤ 30	≤ 14 ⁴⁾	
301-1500	≤ 30	≤ 30	≤ 19	
≤ 300	≤ 40	≤ 35	≤ 19	
Grusdekke*	≤ 35	≤ 30	≤ 19	≤ 15

NB! Kravene kan variere noe avhengig av massetype

¹⁾ Kravet gjelder for massetypen asfaltbetong (Ab) ellers er kravet ≤ 25 og for tynndekke ≤ 15

²⁾ Kravet for tynndekke ≤ 25

³⁾ Kravet for tynndekke ≤ 7

⁴⁾ Kravet for tynndekke ≤ 10

* Kravene for slitasje stilles til micro-Deval. Kulemølla kan benyttes ved intern produksjonskontroll.



NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no