



GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2017.010	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Undersøkelse av pukkkressurser i Røyken kommune 2016			
Forfatter: Jakob K. Keiding og Lars R. Libach		Oppdragsgiver: Røyken kommune	
Fylke: Buskerud		Kommune: Røyken	
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1814 I Asker, 1814 II Drøbak, 1814 III Drammen, 1814 IV Lier	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 26	Pris: 100,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: September 2016	Rapportdato: 31.01.2017	Prosjektnr.: 337107	Ansvarlig: <i>Uari A. Aashy</i>
Sammendrag: <p>I samarbeid med Røyken kommune har NGU undersøkt pukkkpotensialet i kommunen. Arbeidet har involvert geologisk kartlegging, prøveuttak, gammaspektrometriske målinger og mekaniske tester for å vurdere berggrunnens egnethet til pukk.</p> <p>Røykens berggrunn består av dypbergarter (Drammensgranitten) tilhørende Oslofeltet, eldre (Proterozoiske) grunnfjellsbergarter samt mindre mengder kambrosilure sedimentære bergarter som er begrenset til den nordøstligste del av kommunen omkring Slemmestad. Drammensgranitten er den dominerende bergartstypen og forekommer både som fin- til mellomkornet og grovkornet.</p> <p>Kvaliteten av bergartene for anvendelse til pukk varierer noe. De mer finkornede bergartene viser gode mekaniske egenskaper som dekker behovet for sterk trafikkerte veier med gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (ÅDT) inntil 15000 kjøretøyer, mens den grovkornede Drammensgranitten har svakere egenskaper og bør primært brukes til pukkkformål der det ikke stilles spesielle mekaniske krav til råstoffet. De sedimentære bergartene i Røyken, med unntak av sandstein (som kun finnes ganske lokalt), er uegnet til pukkkproduksjon.</p> <p>Bergartene i Røyken kommune er generelt kjennetegnet ved høyt innhold av uran som utvikler helseskadelig radongass. Dette gjelder særlig for alunskifer som ikke er nærmere undersøkt her. For bergartene målt med gammaspektrometer er det observert lavest urankonsentrasjon i sandstein mens det for krystalline bergarter er målt verdier over det som anbefales for byggeråstoffer til pukk til anvendelse rundt bygninger. Særlig for Drammensgranitten er det målt høye verdier omkring uttakene ved Follestad.</p> <p>På bakgrunn av undersøkelsen er det fremstilt et kart som viser hvor man kan forvente å finne de bergartene som er best egnet til pukkkproduksjon med utgangspunkt i mekanisk kvalitet og lavest mulig uraninnhold.</p>			
Emneord: Byggeråstoff	Pukk	Materialteknisk analyse	
Kvalitetsundersøkelse	Mekanisk styrke	Ressurskartlegging	
Planlegging	Arealbruk		

INNHOOLD

1. INNLEDNING	4
2. GJENNOMFØRING AV FELTARBEID OG PRØVETAKNING.....	4
2.1 Feltområde og prøvelokaliteter.....	4
3. GEOLOGIEN I RØYKEN KOMMUNE.....	6
3.1 Geologisk bakgrunn.....	6
3.2 Beskrivelse av geologien i Røyken kommune	6
4. BYGGERÅSTOFFUTTAK I RØYKEN KOMMUNE.....	10
5. RESULTATER	13
5.1 Krav til kvalitet av byggeråstoffer.....	13
5.2 Testmetoder	14
5.3 Mekanisk testresultater	14
5.4 Gammaspektrometer målinger	19
6. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER.....	21
7. REFERANSER	23

VEDLEGG

Vedlegg 1: Prøveliste

Vedlegg 2: Petrografisk analyse

Vedlegg 3: Gammaspektrometer målinger

1. INNLEDNING

I et samarbeidsprosjekt mellom Røyken kommune og Norges geologiske undersøkelse (NGU) har NGU fått i oppdrag å kartlegge og vurdere arealer egnet for fremtidig masseuttak av byggeråstoffer i kommunen.

Formålet med prosjektet har vært å få oversikt over bergartstyper i kommunen som kan være egnet til pukk og vurdere deres kvalitet med hensyn til mekaniske egenskaper. Resultatene fra undersøkelsen er presentert i denne rapporten.

2. GJENNOMFØRING AV FELTARBEID OG PRØVETAKNING

Feltarbeidet ble utført av Lars R. Libach og Jakob K. Keiding fra NGU i dagene fra 26. til og med 28. september 2016. I forbindelse med feltarbeidet har NGU i samråd med Røyken kommune diskutert hvilke områder som skulle befares ut fra geologiske forhold samt hensyn til beliggenhet og andre arealinteresser/konflikter. Det ble arbeidet med å undersøke hele kommunen for at få en bra geologisk oversikt over det komplette området.

2.1 Feltområde og prøvelokaliteter

Røyken kommune dekker et areal på 113 km² og har et vekslende landskap med åpne dyrkede partier og skogkledde koller og åser. Det er begrenset topografi med høyest punkt ved Villingstadåsen øst for Hyggen som har høyde på 357 moh. Kommunen har forholdsvis høy trafikkbelastning, hvor hovedferdselårer som Rv.23, Fv.165 og Fv.167 har en gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (ÅDT) på 5000-15000 kjøretøyer, mens flere mindre veger har trafikk med 3000-5000 ÅDT og i lavere grad tilhører kategorien for 1500-3000 ÅDT. Kjennskap til trafikkmengde og prognoser for framtidig trafikkutvikling er viktig for å sikre tilgang til riktig kvalitet av pukk (og sand eller grus) til det lokale behovet. Kvalitetskrav til byggeråstoffer er beskrevet ytterligere i avsnitt 5.1.

Undersøkelse av kommunens berggrunnsgeologi og prøvetaking har primært funnet sted ved lokaliteter nær veg eller ved masseuttak, som gir lett adgang til friskt og lite forvitret fjell. Bergarter med egnet beliggenhet nær veg er også mest interessante for uttak. Undersøkelsene har tatt utgangspunkt i geologiske kart tidligere publisert av NGU. Det er for de mekaniske prøvene tilstrebet å få "rene" prøver av den dominerende bergarten for lokaliteten/forekomsten slik at for eksempel mindre gangbergarter er unngått for å gi den beste oversikten over de enkelte bergartstypenes kvalitet.

I tillegg til prøvene innsamlet av NGU ble det i regi av Skanska i 2014 tatt ut borkjerner fra 4 forskjellige punkter fordelt over et lite område ved Hotvet sentralt i kommunen. Hvert hull ble boret til 15 m dypde, og prøvene ble oversendt Tjervåg AS for laboratorieknusing og bestemmelse av mekaniske egenskaper for bruk som vegdekke (Tjervåg, 2014). Geografiske koordinater for alle prøvelokaliteter (inkludert borkjernene) fremgår av Vedlegg 1 og er vist på det geologisk kartet i Figur 1.

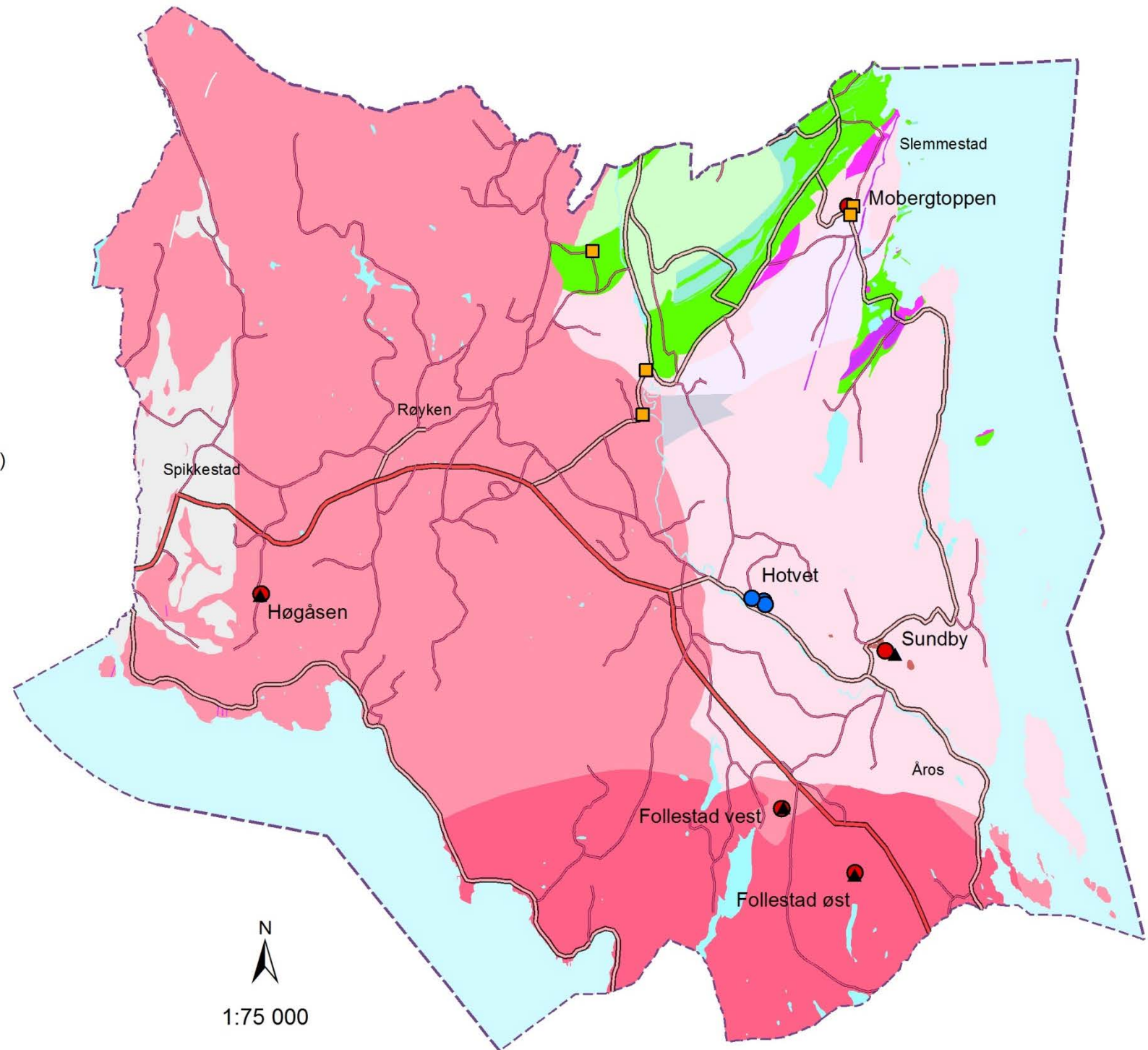
Prøvetyper

- Tynnslip
- Mekanisk ekstern
- Mekanisk NGU

Berggrunn

- Røykengranitt
- Drammensgranitt (grovkornet)
- Drammensgranitt (fin- til mellomkornet)
- Gangbergart
- Rombeporfyr
- Metagabbro
- Skifer
- Skifer og kalkstein
- Kalkstein
- Metaryolitt
- Granittisk gneis
- Løsmasser

- Riksvei
- Fylkesvei
- Kommunal / privat vei
- ▲ Brudd i drift



Figur 1 Forenklet berggrunnskart med prøvepunkter.

3. GEOLOGIEN I RØYKEN KOMMUNE

3.1 Geologisk bakgrunn

En stor del av geologien i Røyken tilhører det såkalte Oslofeltet, som er en provins med en veldig variert geologi. Den geologiske provinsen omfatter området rundt vest- og nordsiden av Oslofjorden, fra Langesund i sør til Hamar i nord. Oslofeltet ble primært utviklet over ca. 70 million år perioden fra omkring 310 til 240 millioner år siden, men eldre sedimentære bergarter tilbake fra Kambriumperioden forekommer også i Oslofeltet. Provinsen er resultatet av oppsprekning av jordskorpen, hvor platetektoniske krefter har strukket jordskorpen slik at en del av skorpen er sunket ned. Da ble det dannet en såkalt rift som er en grabenstruktur avgrenset av forkastninger og i disse dannes sedimentbassenger hvor sand og leire akkumuleres. Denne strekningen medførte også at magma strømmet opp langs deler av riften og danner dypbergarter (for eksempel granitt), ganger og lavaer. Stedvis har varmpåvirkning fra de varme magmabergarter påvirket de allerede eksisterende bergartene (såkalt kontakt-metamorfose) så det ble dannet nye bergarter.

3.2 Beskrivelse av geologien i Røyken kommune

Geologien i Røyken kommune er vist på kartet i Figur 1 og er dominert av krystalline bergarter og mindre mengder av sedimentære bergarter. Det forekommer flere større forkastninger som typisk er nord-sør orienterte og ofte heller mot øst. Oslofeltets dypbergarter er representert ved den dominerende Drammensgranitten som omtrent dekker to tredjedel av kommunen. Dette er en stor magma bergartskropp (batolitt) dannet ved størkning i jordkorpen sist i Permtiden for omkring 280 million år siden, og består av flere undertyper. Ved Oslofjorden er det et belte med grunnfjell fra Nærnes til Åros. Enheten består av forskjellige omdannede bergarter og er mye eldre enn Drammensgranitten. Sedimentære bergarter forekommer i den nordøstlige del av kommunen der har været et innsynkningsområde.

Drammensgranitten

Den typiske Drammensgranitten er kjennetegnet ved grovkornet tekstur og karakteristisk rødlig farge (Figur 2), men bergarten kan lokalt også være gulbrun. To hovedtyper av Drammensgranitt finnes i Røyken kommune og er vist i Figur 2 og 3. Grovkornet granitt dominerer, men i den sørlig del av kommunen finnes et større område med fin- til mellomkornet Drammensgranitt. Stedvis er den fin- til mellomkornete granitten porfyrisk med 8-10 mm store feltspatkrystaller i mer finkornet grunnmasse (matriks). Granitten består av kvarts, feltspat (kalifeltspat og plagioklas), mørk glimmer (biotitt) og aksessoriske mineralfaser (se Vedlegg 2 for petrografisk analyse).

Det forekommer lokale "forurensninger" i granitten slik som pegmatittårer, diabasganger og inneslutninger av andre bergarter (Figur 4). Mengden av disse andre bergartene kan variere sterkt over små områder, men det generelle bildet er at granitten er temmelig "ren". Drammensgranitten forekommer oftest ganske homogen og massiv stedvis er det imidlertid observert markante sprekkersoner (Figur 5).



Figur 2. Feltbilder av den grovkornete Drammensgranitten. Bilde til venstre viser den homogene granitten. Bilde til høyre nærbilde av typisk grovkornet Drammensgranitt.



Figur 3. Bilde til venstre: Fin- til mellomkornet Drammensgranitt. Bilde til høyre: Kontakten mellom grovkornet, (sett øverst) og fin- til mellomkornet (sett nederst) Drammensgranitt.

Grunnfjellsbergarter

Bergartene i denne delen av Røyken er på geologiske kart ofte beskrevet som "Røykengranitt" men består av flere forskjellige bergartstyper og kun stedvis er det snakk om faktisk granitt. De fleste steder består berggrunnen av finkornete gråblå bergarter (Figur 6) dannet fra omvandlede felsiske (SiO_2 -rike) dagbergarter og betegnes som metaryolitt. Mineralogien er vanskelig å avgjøre i felt på grunn av den lille kornstørrelsen, men mikroskopering viser at bergartene er dominert av kvarts og feltspat og mindre mengder av glimmer, epidot og serisitt. Bergartene har noen steder sulfider og rustdannelse, og er ofte kvarts- og/eller feltspatporfyriske. De steder hvor grunnfjellet er egentlig granitt er bergarten fin- til mellomkornet og består av kvarts, alkalifeltspat, plagioklas, biotitt og aksessoriske faser (se Vedlegg 2).



Figur 4. Eksempler på "forurensinger" i Drammensgranitten. Bilde til venstre: Tynn diabas gang i granitt. Til høyre: Mafisk inneslutning i grovkornet Drammensgranitt.



Figur 5. Sterkt oppsprukket parti av Drammensgranitt fra Follestad Vest forekomsten.

Ofte finnes det internt i bergartene tydelig og hyppig sprekkedannelse (Figur 7, bilde til venstre) som gjør at bergarten lett sprekker opp i mindre deler. Der forekommer også innslag av en del mørke (mafiske) bergarter i grunnfjellsområdet, i form av metagabbro og metadoleritt (stedvis porfyrisk) særlig i området omkring bruddet ved Sundby gård (Figur 7, bilde til høyre).



Figur 6. Typiske eksempler på finkornete grunnfjellsbergarter (metaryolitt) fra Røyken kommune.



Figur 7. Bilde til venstre: Metaryolitt med sett av parallelle sprekker. Bilde til høyre feltspat porfyrisk mafisk intrusiv bergart funnet i metaryolitt. Begge bilder fra bruddet ved Sundby gård.

Sandstein og andre sedimentære bergarter

Små blotninger av sandstein er observert i den nordlige del av kommunen (Figur 8) ofte sammen med skifer. Stedvis er sandsteinen utviklet til en hornfels som er en hard "bakt" bergart som er dannet ved kontaktmetamorfose (se beskrivelse avsnitt 3.1). Ofte har hornfels veldig god mekanisk kvalitet, men kun en mindre blotning tett på bebyggelse ble funnet og ble derfor kun prøvetatt til petrografisk analyse (prøve# 128316). Det har tidligere vært et lille brudd ved Stokker (UTM 581258, 6626883), med uttak av massiv, ren hornfels. Dessverre er forekomsten nedlagt og under befaringen ble det sett at bruddet er gjenfylt som deponi, så reetablering av brudd vil være lite aktuelt.



Figur 8. Flatliggende sandsteinsblotning.

Med unntak av små mektigheter av sandstein og hornfels består de sedimentære bergartene av kambrosilurisk kalkstein og skifre. Der er ikke foretatt detaljundersøkelser av disse bergartstypene da de normalt er lite egnet til byggeråstoffer. Dette skyldes først og fremst svake materialetekniske egenskaper. Dessuten er skifrene, som primært er svarte alunskifre rike på karbon (opp til 17 % C), og kjennetegnet ved et høyt innhold av uran som også gjør bergarten uegnet til flere typer av byggeråstoffer. De sedimentære bergartene i Slemmestadsområdet har også mange fossilførende lag, og flere områder er vernet. En del lavere partier i kommunen (under ca. 200 moh.) er dekket av marin leire fra Kvartærtiden (Figur 1) men generelt er det liten overdekning av løsmasser.

4. BYGGERÅSTOFFUTTAK I RØYKEN KOMMUNE

I 2016 finnes det fire større aktive masseuttak i Røyken kommune som er vist på kartet på Figur 1 og beskrevet her. NGU har registret fire grusforekomster i kommunen, men disse er alle små og er ikke drift. Beskrivelse av grusutakene og deres plassering finnes i NGUs grus-, pukk- og steintippdatabase (NGU, 2017a).

Høgåsen

Det har tidligere vært en betydelig produksjon av blokkstein fra grovkornet Drammensgranitten med en rekke uttak i Hurum og i Røyken særlig rundt Hyggen. Steintypen kan gjenkjennes i bygninger i Sør-Norge (for eksempel i Regjeringsbygningen) og særlig fra siste halvdel av 1800 tallet og frem til 1930-årene var der betydelig drift på Drammensgranitten (Heldal og Gautneb, 1996 og Oxaal, 1916). I dag er det kun et operativt brudd igjen som finnes ved Høgåsen (Figur 9). Dette mindre natursteinsbruddet, som også er kjent under navnet Ovnerud, har vært i drift fra 1915 og drives nå av JOGRA Steinindustri A/S. Mest vanlige bruksområde i dag er bygnings- og belegningsplater med ru overflate, murestein, utsmykning og kantstein.

Forekomsten utgjør en bratt kulle på vestsiden av Høgåsen, og bruddet er i dag omkranset av jordbruksareal og boligområder, så reservene er begrenset, men tilstrekkelig for småskala drift i flere tiår. Uttaket består av blokkstein av den grovkornete Drammensgranitt med driftretning primært mot øst. Vrakstein er ble benyttet til knusning til pukk.



Figur 9. Natursteinsbruddet ved Høgåsen som er Norges eneste aktive brudd av Drammensgranitt til blokkstein. Bildet er tatt fra syd mod nord og høyden på den lyse sagnet veggen er ca. 5 m.

Follestad Øst

To aktive masseuttak finnes ved Follestad i den sørøstlig del av Røyken kommune. Begge forekomstene er store og vurderes regionalt viktige. Bruddene ligger i område som utbygges til næringformål. Follestad Øst forekomsten er et dagbrudd hvor det tas ut granitt av den fin- til mellomkornete Drammensgranitten som lokalt er noe porfyrisk. Granitten er mer homogen enn i Follestad Vest, men noe oppsprukket og inneholder stedvis sulfider. Driftsretning mot øst, men tilkjørte masser knuses også på pukkverket.

Follestad Vest

Pukkbruddet Follestad Vest vist i Figur 11 er en langstrakt forekomst hvor det finnes både grovkornet og fin- til middelskornet Drammensgranitt. Uttak har pågått fra 1970 og bruddet har driftsretning mot vest, men en del tilkjørte masser knuses også i knuseverket. Grovkornet granitt dominerer bruddet, men den er også tidligere tatt ut stein fra den sørlige del av fin- til middelskornet granitt. Forekomsten har en del større sprekker (Figur 5, bilde til høyre) og noen pegmatittgange. Prøven til denne rapporten er tatt fra den nordlige grovkornete del av forekomsten. Det kan forventes at kvaliteten av den sørlig del av forekomsten som ikke ble prøvetatt er sammenlignbar med Follestad Øst. Cirka 400 m sør for forekomsten finnes et mindre brudd (Follestad Syd) som ikke lengre er i drift og ikke ble undersøkt ved denne befaringen.



Figur 10. Pukkbruddet Follestad Øst. Bilde tatt fra sørvestlig retning.



Figur 11. Bilde av del av Follestad Vest bruddet sett fra øst mot vest.

Sundby

Ved Sundby gård finnes et lite dagbrudd (Figur 12) som ble prøvetatt. Den dominerende bergarten er en hard og tett ryolitt kjennetegnet ved meget markant oppsprekking som ofte deler bergarten i 5-10 cm tykke lag. I området er også en del metagabbro og mafiske porfyriske ganger som ikke er prøvetatt til den mekaniske testen fordi de volummessig kun utgjør en mindre del (<10 %) av forekomsten, men disse bergarter finnes i litt større områder rundt uttaket. Bruddet måler ca. 150 m x 100 m og drives i østlig retning. Her er det gode uttaksmuligheter, men området ligger noe nær bebyggelsen på stedet.



Figur 12. Masseuttaket ved Sundby gård sett fra nordvest.

5. RESULTATER

5.1 Krav til kvalitet av byggeråstoffer

Der finnes en lang rekke krav til egenskapene av pukk som avhenger av bruksområdet, men dessverre finnes det ikke per i dag en god og samlet oversikt over kvalitetskravene som kreves til pukk til ulike formål.

Til vegbygging har Statens vegvesen spesifikke krav til testing av bergarten (se beskrivelse fra Statens vegvesen (2014)). Dette er for å sikre at vegen holder en standard som tilfredsstillende en viss trafikkbelastning. Det stilles krav til bergartens knuse- og slitasjemotstand i fundament og vegdekke. Kvalitetsundersøkelsen foregår med standardiserte mekaniske testmetoder som beskriver motstandskraft mot knusing (Los Angeles metoden) og slitasje (kulemølle og micro-Deval undersøkelse). Slitasjeegenskapene er spesielt viktig for materiale til bruk i vegdekker pga. bruk av piggdekk (kulemølle). Krav til slitasje stilles også for materiale for bruk i bære- og forsterkningslaget (micro-Deval). Detaljert beskrivelse av testmetodene er gitt av Erichsen (2012).

Til betongformål stilles ingen spesielle krav til mekanisk styrke, med unntak for høyfastbetong, hvor tilslaget ofte bestemmende for betongens totalstyrke. For vanlig betong bør tilslaget inneholde minst mulig glimmer og kornformen er av betydning for støpeligheten. Kornformen undersøkes ved flakindeks (FI). Ettersom flisig kornform gjerne gir dårligere støpbarhet, er det ønskelig at det knuste materialet er mest mulig kubisk (dvs. lavt FI tall). For betong er der dessuten risiko for kjemiske reaksjoner (såkalt alkali-kisel reaksjoner) som i kombinasjon med fukt ødelegger betongen. Kvalitet i forhold til risiko for alkali-kisel reaksjoner er ikke undersøkt nærmere her.

Selv om det ikke stilles krav til en bergarts egenvekt, uttrykt ved densitet, bør den verken være for lav eller for høy, men generelt ønskes temmelig lav densitet da vekten har betydning for transportkostnad og CO₂ utslipp. Til enkelte formål, som stor blokkstein til diker eller tung ballaststein som tildekkingsmateriale til oljerørledninger på sjøbunnen etc. kan det stilles krav til minimum egenvekt, men det er unntaket. Markedsdelen for spesialprodukter med høy egenvekt er forholdsvis liten.

Radon er en naturlig forekommende radioaktiv gass, som siver inn i boliger fra undergrunnen og som kan forårsake lungekreft. Der anslås at 2 % av alle krefttilfelle i Europa er relatert til

radonpåvirkning (Darby m.fl., 2005). Radon dannes kontinuerlig fra uran (U) som forekommer i små mengder naturlig i alle bergarter, men i varierende mengde. Statens strålevern (2015) anbefaler for byggeråstoffer til anvendelse under og rundt bygninger for varig opphold at konsentrasjon av radium (^{226}Ra) i massene bør være så lav som mulig, og lavere enn 150 Bq/kg (becquerel per kilogram). For pukk tilsvarer dette 12 ppm uran (parts per million dvs. mg/kg). Det finnes ingen nedre terskelverdi for når radon gjør skade og derfor bør byggeråstoffer til bygninger og omkring dem ha så lave radonkonsentrasjoner som mulig, men NGU anbefaler at masseuttak til bygningsformål ikke bør ha konsentrasjoner over 5 ppm U (Watson m.fl., 2013). Uttak kan finne sted fra forekomster mer høyere urankonsentrasjon, men så bør medianverdien av 20 representative prøver være ≤ 10 ppm U og løpende overvåkes. (se Watson (2015) og NGU (2016) for ytterligere beskrivelse).

5.2 Testmetoder

For analyser av de mekaniske egenskapene er tatt ut en representative mengde av prøven som er brukt for bestemmelse av de aktuelle parametrene. 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.

For undersøkelse av innhold av radioaktive grunnstoffer er anvendt gammaspektrometer modell RS-230 (Radiation Solutions Inc). På alle prøvelokaliteter ble det foretatt målinger, dessuten ble en rekke andre lokaliteter undersøkt med gammaspektrometret. Det understrekes at denne metoden kun er stikkprøver av uraninnholdet i bergartene ved de enkelte lokalitetene og geokjemiske laboratoriemålinger gir mer presise resultater enn målingene med gammaspektrometer. NGU anbefaler at det foretas en mer detaljert prøvetakning for vurdering av konsentrasjon av radium og uran for pukkforekomster der det skal drives uttak. Retningslinjer for denne typen undersøkelsen er gitt av Watson m. fl. (2013) og NGU (2016).

5.3 Mekanisk testresultater

Resultatene av de mekaniske testene er vist i Tabell 1 og plottet i Figur 13 og 14 i forhold til kravene for henholdsvis vegdekker og vegfundament. Den mekaniske kvaliteten i forhold til vegdekker er likeledes vist på Figur 15. Områdene som disse prøver representerer fremgår ikke av Figur 15 da de er for små ved den anvendte målstokken, men kan finnes på NGUs nettside for grus og pukk kartinnsynn (NGU, 2017b). Prøvene fra borhullene utført av Skanska er ikke analysert med micro-deval metoden og kan derfor ikke vurderes i forhold til kvaliteten for vegfundament.

Den beste kvaliteten er observert for prøven "Blåfjell" som er undersøkt av Tjervåg A/S for Skanska. Prøven dekker kravene til den beste klassen for vegdekker med gjennomsnittlig årsdøgntrafikk (ÅDT) høyere enn 15000 kjøretøyer. Ifølge Tjervåg (2014) er denne bergarten en mørk (mafisk) bergart og etter all sandsynlighet en diabas. Det vil si en gangbergart som kun utgjør en mindre del av berggrunnen i området og ikke er representativ for den overordnede regionale geologien. Dette inntrykket ble bekreftet ved NGUs befaring.

Hovedparten av prøvene dekker kravene til vegdekker på høyt trafikkerte veger med ÅDT < 15000 kjøretøyer (Figur 13). Dette gjelder for prøvene av grunnfjellsbergartene prøvetatt av NGU og Skanskas Hull 2 og Hull 3 samt den fin- til mellomkornete prøven fra Follestad Øst. En borprøve fra Hull 4 har høyere kulemølleverdi og faller strengt tatt i gruppen for vegdekker med trafikkbelastning på ÅDT < 3000 kjøretøyer, men plotter ved grensen til feltet for ÅDT < 15000. Denne gruppen av prøver tilfredsstiller kravene til alle typer vegfundament (Figur 14).

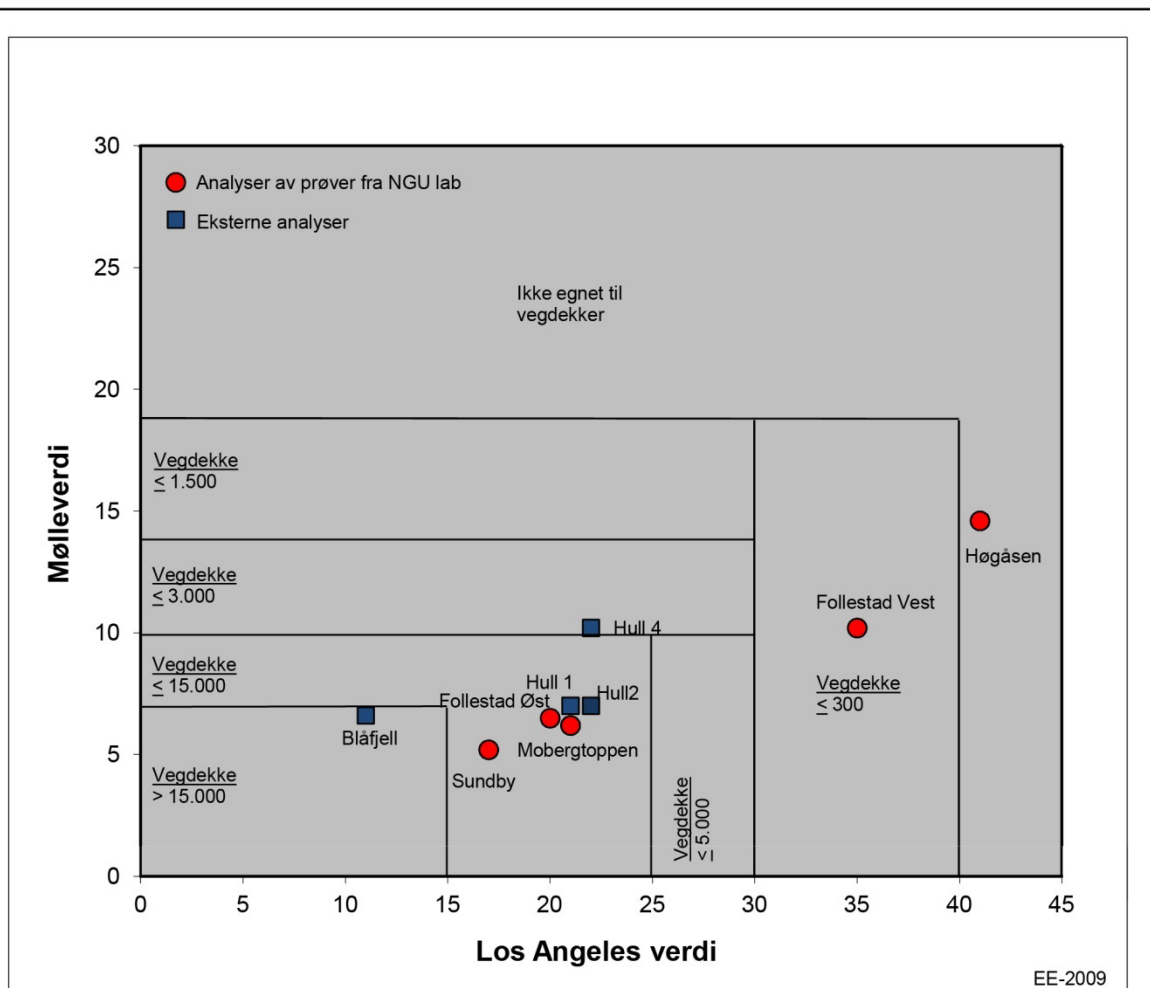
De grovkornete prøvene av Drammensgranitt (Høgåsen og Follestad Vest) har derimot dårligere kvalitet uttrykt ved høy Los Angeles verdi. Disse prøvene viser at den grovkornete Drammensgranitten i de fleste tilfellene ikke er tilstrekkelig til vegformål unntatt, prøven fra Follestad Vest som dekker kravene for vegdekker og vegfundament med lav trafikkmengde. Til annen byggteknisk bruk eksempelvis tilslag til betong, grøfte- eller dreispukk etc. er det ikke spesielle krav til mekanisk styrke. Til denne typen formål anses materialet fra alle lokaliteter som egnet.

Det samlede inntrykket er at kornstørrelsen er en viktig parameter som har stor innvirkning på den mekaniske kvaliteten og de beste materiale tekniske egenskaper oppnås for de mer finkornete bergartstyper. Dette svarer godt overens med tidligere undersøkelser av Drammensgranitten og bergartens variasjon i kvalitet med kornstørrelsen (Erichsen og Neeb, 1989).

Tabell 1: Mekaniske testresultater

Forekomst #	NGU Lab #	Lokalitet	Bergartstype	ρ (g/cm ³)	FI	KM	M _{DE}	LA
627.502	2016040	Sundby	Metaryolitt	2,64	9	5,2	4	17
627.505	2016039	Høgåsen	G. granitt	2,59	4	14,6	8	41
627.506	2016041	Follestad Øst	M. granitt	2,59	7	6,5	4	20
627.507	2016038	Follestad Vest	G. granitt	2,58	3	10,2	7	35
627.509	2016042	Mobergtoppen	Metaryolitt	2,63	7	6,2	3	21
Ekstern prøve		Hull 1		2,62		7		21
Ekstern prøve		Hull 2		2,62		7		22
Ekstern prøve		Hull 4		2,62		10,2		22
Ekstern prøve		Blåfjell		3,07		6,6		11

ρ - densitet; FI - flakindeks (målt på 8-11 mm fraksjonen). KM - Kulemølleverdi; M_{DE} - micro-Deval; LA - Los Angeles koeffisient. G. granitt grovkornet granitt, M. granitt - mellomkornet granitt. Prøver merket med "Ekstern prøve" er analyser foretatt av Tjervåg A/S og er ikke fullstendig undersøkt med hensyn mekaniske egenskaper og bergartstype (petrografi).



<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

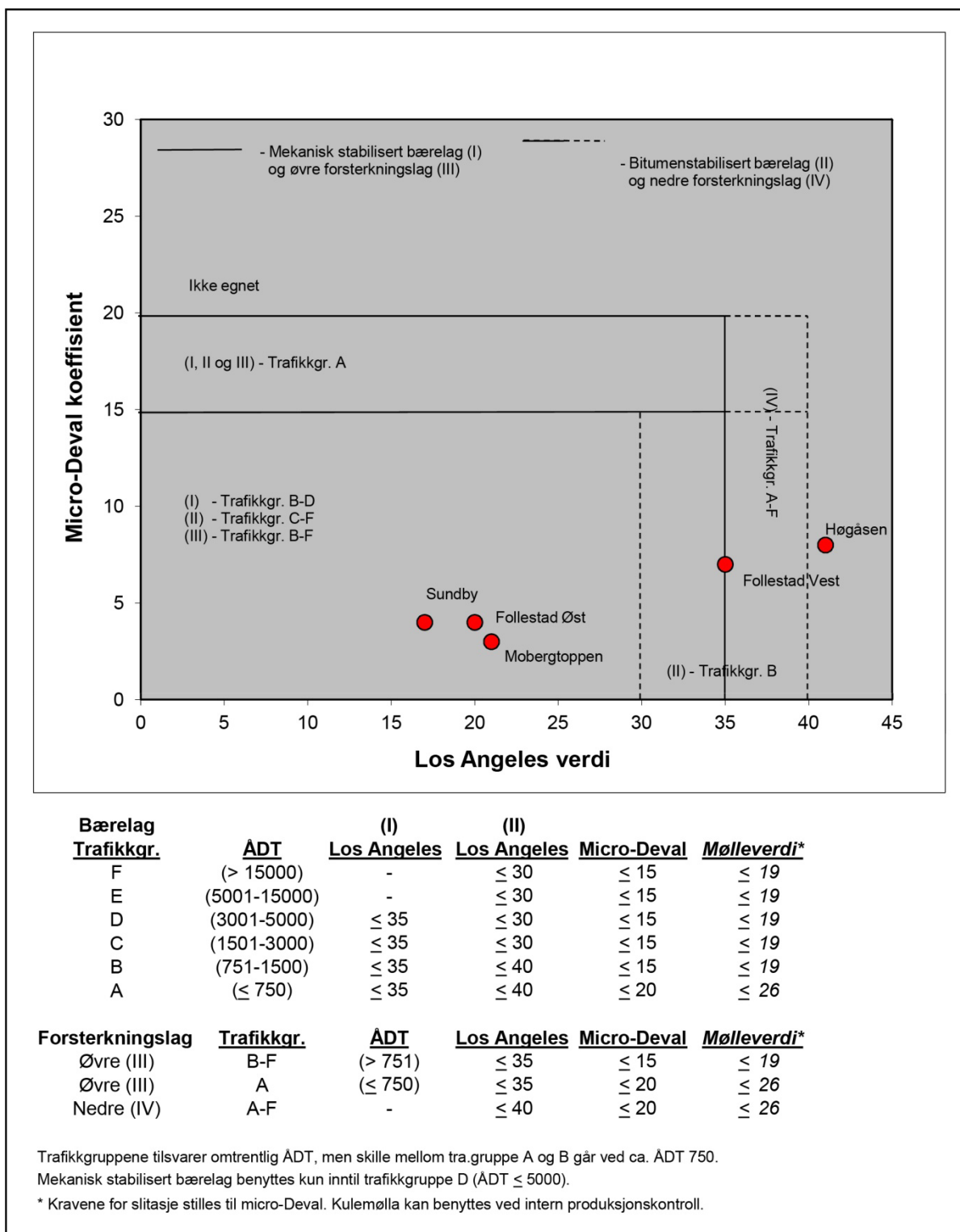
²⁾ Kravet for tynndekke ≤ 25

³⁾ Kravet for tynndekke ≤ 7

⁴⁾ Kravet for tynndekke ≤ 10

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

Figur 13. Egnethet til vegdekke i forhold til kravene fra Statens vegvesen. Analyser angitt med røde sirkler er foretatt på NGUs lab mens firkantet blå symboler er analyser foretatt av Tjervåg A/S.



Figur 14. Egnethet til vegfundament i forhold til kravene fra Statens vegvesen. Alle prøveanalyser er foretatt på NGUs lab.

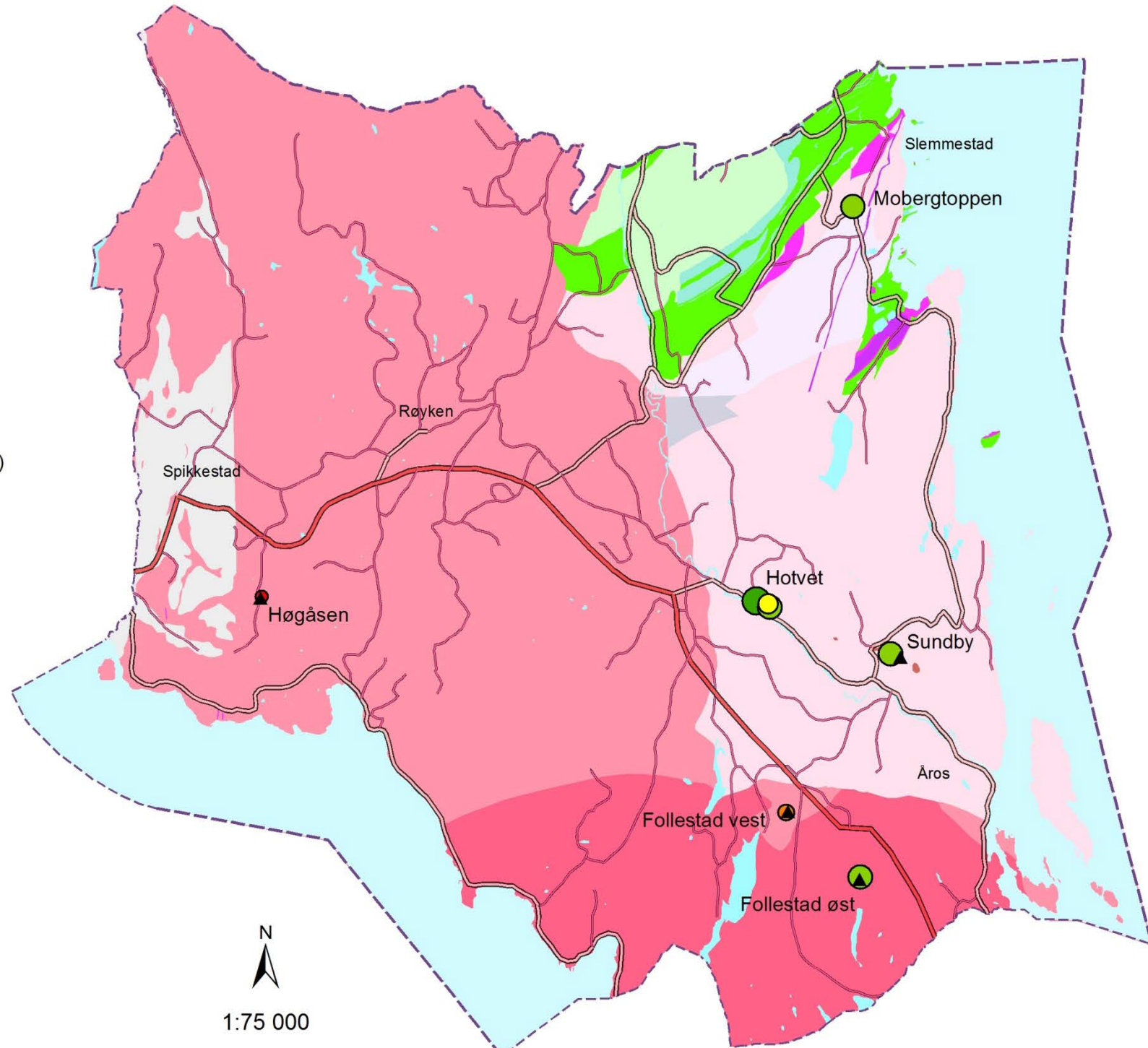
Steinkvalitet til vegdekker årsdøgntrafikk (ÅDT)

- Uegnet
- ≤ 300
- ≤ 3 000
- ≤ 15 000
- > 15 000

Berggrunn

- Røykengranitt
- Drammensgranitt (grovkornet)
- Drammensgranitt (fin- til mellomkornet)
- Gangbergart
- Rombeporfyr
- Metagabbro
- Skifer
- Skifer og kalkstein
- Kalkstein
- Metaryolitt
- Granittisk gneis
- Løsmasser

- Riksvei
- Fylkesvei
- Kommunal / privat vei
- ▲ Brudd i drift

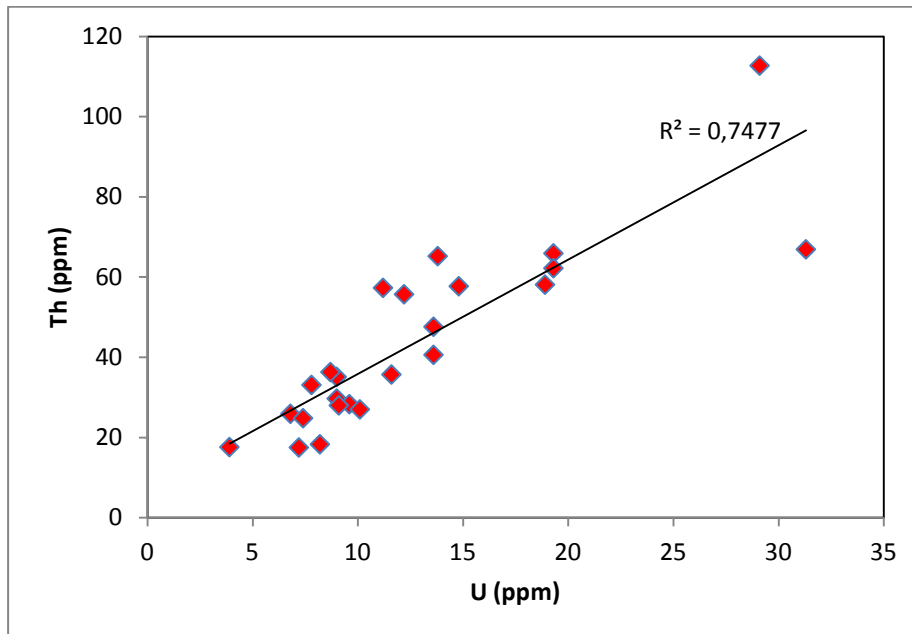


1:75 000

Figur 15. Kart over prøvenes mekaniske kvalitet i forhold til kravene til vegdekker.

5.4 Gammaspektrometer målinger

Gammaspektrometer målingene fremgår av Vedlegg 3 og Figur 15. Målinger viser stor variasjon (3,9-31,3 ppm U) men generelt høye konsentrasjoner med gjennomsnittsverdi på 12,7 ppm U. Der sees også høye verdier for det radioaktive element thorium som er positivt korrelert med uran (Figur 16). Teoretisk sett kan radon også dannes fra thorium, men på grunn av kort halveringstid (under et minutt) av den radioaktive radon isotopen er det normalt ikke av praktisk betydning for radonproblematikken og behandles derfor ikke ytterligere her.



Figur 16. Plott av uran mott thorium konsentrasjoner fra undersøkte lokaliteter i Røyken.

Kartet på Figur 17 viser den geografiske fordeling av gammaspektrometer målinger for uran og hvordan de er knyttet til ulike bergartstyper. Lavest konsentrasjon er observert i hornfelsen av sandstein (3,9 ppm U) mens grunnfjellprøvene av metaryolitt og Røykengranitten har 5-10 ppm U. Drammensgranitten viser høyest uraninnhold med kun enkelte prøver under 10 ppm U og konsentrasjonen synes å være uavhengig om det er den fin-til middelskornete eller grovkornete typen. Særlig i området i sydøst omkring uttakene ved Follestad er det observert høyt uraninnhold i Drammensgranitten (15-31 ppm U) med høyest verdier i Follestad Øst forekomsten. Det relative høye uraninnholdet i Drammensgranitten avspeiler at Oslofeltets dypbergarter sammensetning og sett med geologisk målestokk ikke er særlig gamle. Det kjemiske sammensetningen gjør at bergartene er beriket i radioaktivt uran som ennå ikke har hatt tilstrekkelig tid til å henfalle til mer stabile isotoper. Det bør bemerkes at ren alunskifer ikke er målt, fordi bergarten er uegnet som byggeråstoff, blant annet på grunn av typisk langt høyere innhold av uran enn bergartene undersøkt her.

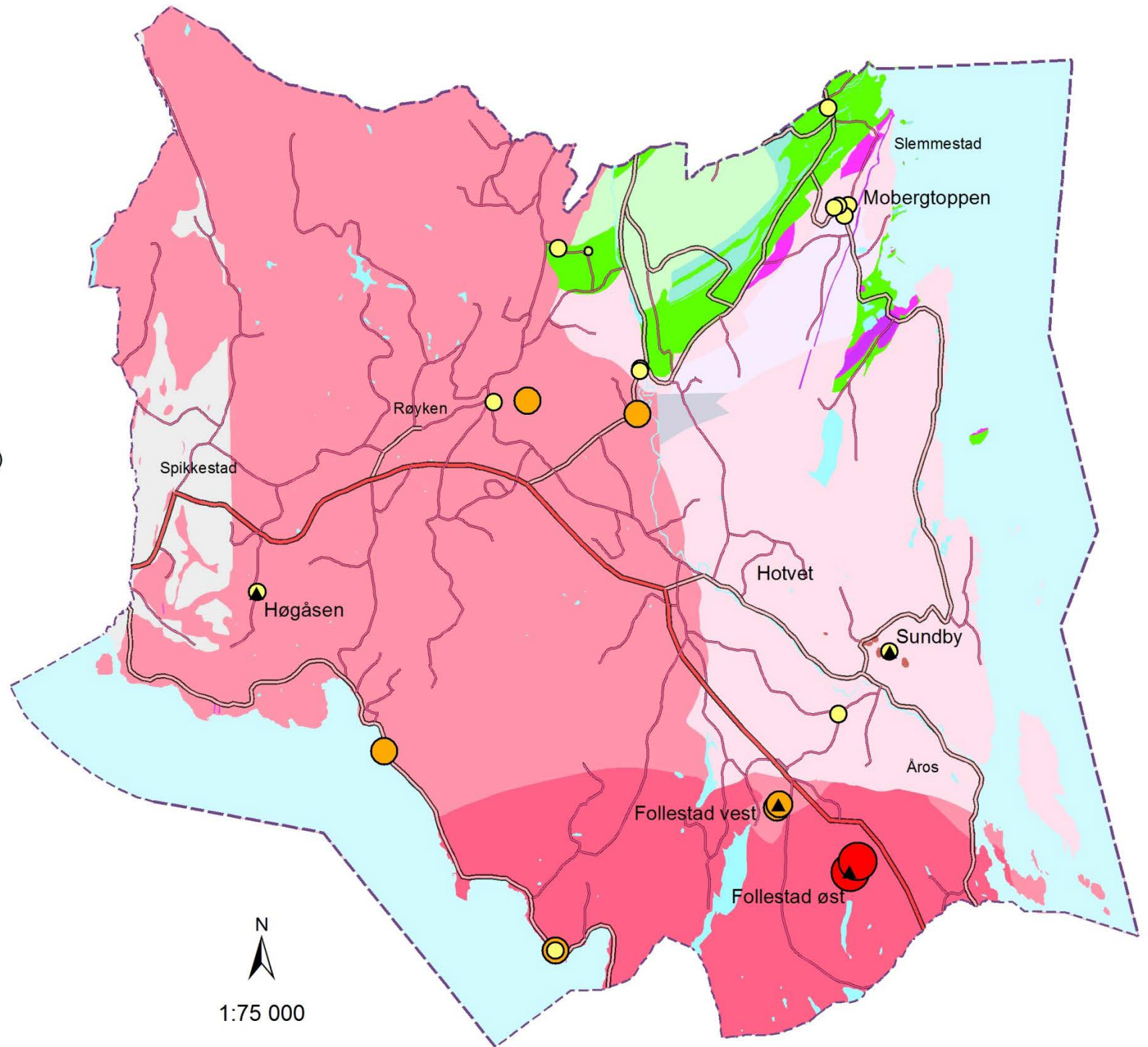
Uran

- < 5 ppm (min 3.9)
- 5 - 12 ppm
- 12 - 20 ppm
- > 20 ppm (max 31.3)

Berggrunn

- Røykengranitt
- Drammensgranitt (grovkornet)
- Drammensgranitt (fin- til mellomkornet)
- Gangbergart
- Rombeporfyr
- Metagabbro
- Skifer
- Skifer og kalkstein
- Kalkstein
- Metaryolitt
- Granittisk gneis
- Løsmasser

- Riksvei
- Fylkesvei
- Kommunal / privat vei
- ▲ Brudd i drift



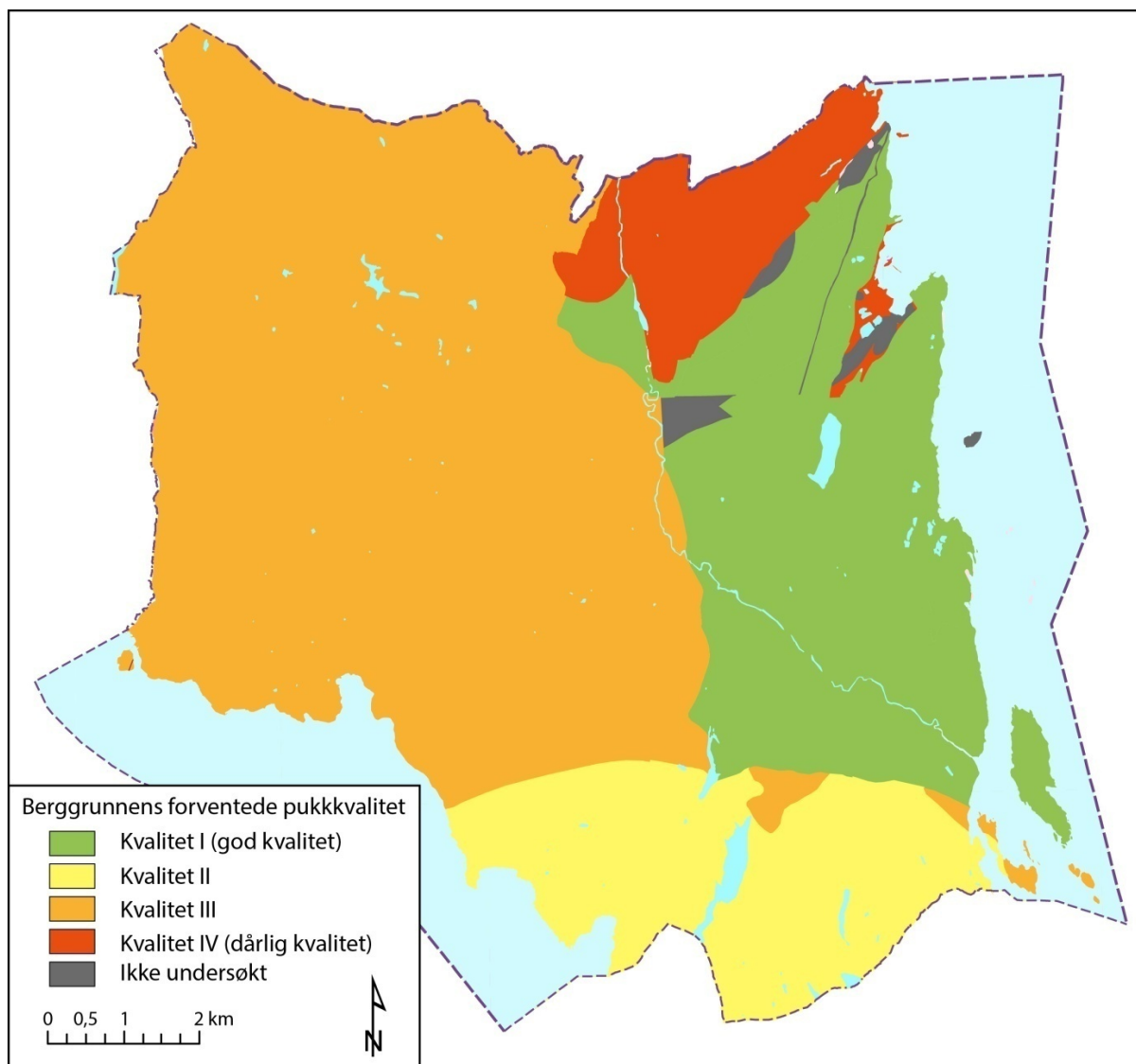
Figur 17. Kart over uraninnhold på lokaliteter målt med gammaspektrometer.

6. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Det er en betydelige variasjon i de mekaniske egenskapene i bergartene i Røyken som avhenger av kornstørrelsen. Den beste kvaliteten er observert for fin- til mellomkornete krystalline bergarter som typisk dekker behovet for pukk til sterkt trafikkerte veier (ÅDT <15000 kjøretøyer) mens grovkornet Drammensgranitt, som finnes i store del av Røyken kommune, ikke er velegnet til pukk for vegformål. Dessuten viser undersøkelsen, at berggrunnen i Røyken har høyt innhold av uran. Særlig problematisk er alunskiferen som dog ikke er undersøkt nærmere for innhold av radioaktive grunnstoffer, da bergarten er uegnet til pukkformål, men alle lokaliteter målt her viser forhøyede uranverdier. Pukk av bergarter med høyt radium- og uraninnhold kan produceres såfremt det ikke brukes til bygningsformål.

Figur 18 og tilhørende figurforklaring sammenfatter resultatene av de mekaniske undersøkelser og gammaspektrometriske undersøkelser. Det er viktig å påpeke at dette kun er et prognosekart og basert på enkelte prøver samt at de materialtekniske egenskapene kan variere innenfor en og samme bergartsenhet, det anbefales derfor å gjøre ytterligere undersøkelse av enkelte områder som kun være aktuelle å vurdere for masseuttak.

På grunn av meget små og begrensede grusforekomster må slike masser mest sannsynlig hentes fra andre steder. Røyken må basere egen forsyning av byggeråstoffer på pukk. Det er allerede flere pukkuttak etablert i kommunen med de to brudd ved Follestad som de klart største og viktigste forekomstene. Det er gode muligheter for å etablere flere nye brudd i tillegg til å fortsette driften i de eksisterende bruddene. Fra et kvalitetssynspunkt anbefales det i første omgang å lete i den grønne sonen i Figur 18 for eventuelle nye uttak.



Figur 18. Prognosekart for pukkkvalitet i Røyken kommune. Kartet er inndelt i 4 klasser. Kvalitet I: Grunnfjellsbergarter. God mekanisk kvalitet, noe forhøyet uraninnhold. Kvalitet II: Fin- til middelskornet Drammensgranitt. Middels til god mekanisk kvalitet med høyt uraninnhold. Kvalitet III: Grovkornet Drammensgranitt. Mindre god til dårlig mekanisk kvalitet og høyt uraninnhold. Kvalitet IV. Sedimentære bergarter av skifer og kalkstein med dårlige mekanisk egenskaper og ofte meget høyt uraninnhold (gjelder alunskifer). Lokalt kan forekomme sandstein og hornfels som er velegnet til pukkkproduksjon men disse bergarter finnes kun i meget små mengder.

7. REFERANSER

- Darby, S., D. Hill, A. Auvinen, J. M. Barros-Dios, H. Baysson, F. Bochicchio, H. Deo, et al. 2005. "Radon in Homes and Risk of Lung Cancer: Collaborative Analysis of Individual Data from 13 European Case-Control Studies." *BMJ (Clinical Research Ed.)* 330 (7485): 223. doi:10.1136/bmj.38308.477650.63.
- Erichsen, E. 2012: En vurdering av testmetoder for tilslagsmaterialer til vegformål. NGU rapport 2012.011. ISSN 0800-3416, 34 pp.
http://www.ngu.no/upload/publikasjoner/rapporter/2012/2012_011.pdf
- Erichsen, E & Neeb, P-E. Vurdering av Drammensgranittens mekaniske egenskaper. NGU rapport 89.107. 32 pp. http://www.ngu.no/FileArchive/NGURapporter/89_107.pdf
- NGU, 2016: Radon fra pukk. Grenseverdier og prøvetakning.
<https://www.ngu.no/sites/default/files/radonfrapukk.pdf>
- NGU, 2017a:" Gjøre oppslag i Grus-, Pukk- og Steintippdatabasene". Røyken kommune.
http://aps.ngu.no/pls/oradb/grus_GP_Oppslag.Alle_fkom_komm?p_kommunenr=627
- NGU, 2017b: Kartinnsyn Grus og Pukk. http://geo.ngu.no/kart/grus_pukk/
- Statens strålevern 2015: Radon fra tilkjørte masser under bygg - anbefalt grenseverdi. StrålevernInfo 6,15. 2 pp. ISSN 1891-5191 <http://www.nrpa.no/filer/6f312fa358.pdf>
- Statens vegvesen 2014: Vegbygging. Håndbok N200. ISBN: 978-82-7207-672-5
<http://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/Handboker/om-handbokene/vegnormalene/n200>
- Tjervåg 2014, Mekaniske egenskaper, borkjerner fra Hotvedt, Røyken. Rapport fra Tjervåg A/S 2 pp.
- Watson, R.J, Erichsen, E. Finne, T. E., & Ganerød, G. V. 2015: Radon from building materials. Mineralproduksjon 6, B7-B13.
<http://mineralproduksjon.no/wp-content/uploads/2015/11/MP6-04-FN-Watson.pdf>
- Watson, R.J, Erichsen, E. Finne, T. E., Ganerød, G. V., Neeb, P.-R.; Rønning, J. S. & Tangstad, R. 2013: Radontrygge byggeråstoffer. Vurdering av kartleggingsmetoder og fastsettelse av grenseverdier for pukkbergarter. NGU rapport 2013.031, 85 pp.
http://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2013/2013_031.pdf

Vedlegg 1: Prøveliste

Prøve #	NGU lab#	Forekomst eller prøvenavn	NGU forekomst#	Koordinater (UTM)			Bergart	Analysemetode	
				Sone	Øst	Nord		M	MT
128311	2016039	Høgåsen	627.505	32	575864	6621750	Granitt	x	x
128312	2016040	Sundby	627.502	32	584168	6620998	Metaryolitt	x	x
128313	2016041	Follestad Øst	627.507	32	583764	6618053	Granitt	x	x
128314	2016042	Mobergtoppen	627.509	32	583593	6629890	Metaryolitt	x	x
91231	2016038	Follestad Vest	627.506	32	582789	6618901	Granitt	x	x
128316		Røy 1		32	580276	6626303	Sandstein (hornfels)	x	
128317		Røy 2		32	580985	6624727	Biotittgranitt	x	
128318		Røy 3		32	580942	6624135	Omvannlet diabas	x	
128319		Røy 4		32	580942	6624135	Biotittgranitt	x	
128320		Røy 5		32	583742	6626902	Granitt	x	
128321		Røy 7		32	583703	6626788	Metaryolitt	x	
Ekstern		Borhull 1		32*	582552	6621659			x
Ekstern		Borhull 2		32*	582574	6621611			x
Ekstern		Borhull 3		32*	582637	6621562			x
Ekstern		Blåfjell 1		32*	582394	6621695			x

*Ekstern - Ekstern prøve fra borkjerne utført av Skanska. * - Unøyaktig koordinat basert på plassering funnet fra kart. Analysemetode: PM - Petrografisk mikroskopering, MT - mekanisk test.*

Vedlegg 2: Petrografisk analyse

Prøve	Lokalitet	Bergart	Foliasjon	Tekstur	Kornstørrelse	Mineralogi													Feltspat- omdannelse
						Kv	Kfs	Plg	Bio	Mus	Gra	Klo	Zoi	Kal	Ep	Tit	Malm	And	
128311	Høgåsen	Granitt	Ingen	Ekvigranular	Grovkornet	40	46	6	5								1	2	Sterk
128312	Sundby	Metaryolitt	Moderat	Porfyrisk	Finkornet	42	37	7	6						7		1		Moderat
128313	Follestad Øst	Granitt	Ingen	Ekvigranular	Mellomkornet	35	50	8	3	1						1		2	Moderat
128314	Mobergtoppen	Metaryolitt	Moderat	Porfyrisk	Finkornet	40	40	5	9	1	2				3				Liten
091231	Follestad Vest	Granitt	Ingen	Ekvigranular	Grovkornet	38	44	6	5	2	1				1		1	2	Moderat
128316	Røy-1	Hornfels	Ingen	Ekvigranular	Finkornet	50	3								35		4	8	-
128317	Røy-2	Granitt	Ingen	Porfyrisk	Fin-til mellomkornet	38	48	10							3			1	Moderat
128318	Røy-3	Omvandlet diabas	Moderat	Ekvigranular	Finkornet	12			15			15	12	3	15		3	25	-
128319	Røy-4	Biotittgranitt	Svak	Ekvigranular	Grovkornet	40	45	5	8									2	Sterk
128320	Røy-5	Granitt	Ingen	Porfyrisk	Mellomkornet	36	35	12	1	5		6			3	1	1		Liten
128321	Røy-7	Metaryolitt	Middel	Porfyrisk	Finkornet	40	35	5	10		2	1	2		5				Liten

Forkortelser: Kv - kvarts; Kfs - kalifeltspat, Plg - plagioklas;; Bio - biotitt; Mus - muskovitt; Gra - granat; Klo - kloritt; Zoi- zoisit;; Ep - epidot; Tit - titanitt; Malm - malmmineraler (opake faser); And - andre mineraler som forekommer i små mengder (aksessorisk) eller som ikke er entydig bestemt.

Feltspatomdannelse er primært omvandling til serisitt og saussuritt og medregnet i feltspatene.

Alle mineralangivelser er i modal % og basert på visuell vurdering fra mikroskopering.

Vedlegg 3: Gammaspesktrometer målinger

Målingstype		Koordinater (UTM)			Konsentrasjoner		
Bergart	Blotnings-type	UTM sone	Øst	Nord	Kalium (vekt%)	Uran (ppm)	Thorium (ppm)
Sandstein	Blotning	32	580277	6626303	6	3,9	17,6
Granitt (tet på sandstein)	Skjæring	32	579870	6626335	6,6	7,8	33,1
Røykengranitt	Veiskjæring	32	580971	6624731	8,2	9	29,7
Hydrotermal omvannlet diabas	Veiskjæring	32	580964	6624702	7,2	9,6	28,3
G. Drammensgranitt	Veiskjæring	32	580936	6624127	7,1	12,2	55,7
G. Drammensgranitt	Brudd	32	575857	6621755	6,7	9	35,1
Metaryolitt	Veiskjæring	32	583614	6620125	7,5	7,2	17,5
Uren skifer	Skjæring	32	583471	6628211	6,7	8,2	18,3
Metaryolitt	Veiskjæring	32	583746	6626908	8,9	8,7	36,3
Metaryolitt	Veiskjæring	32	583689	6626772	8,2	6,8	25,9
Metaryolitt	Brudd	32	584295	6620959	7,2	7,4	24,8
Metaryolitt	Veiskjæring	32	579843	6616968	8,4	13,8	65,2
Metaryolitt	Veiskjæring	32	579832	6616968	7,5	11,2	57,3
G. Drammensgranitt	Veiskjæring	32	577556	6619632	8,9	13,6	47,6
M. Drammensgranitt	Brudd	32	583770	6618095	8,2	14,8	57,7
G. Drammensgranitt	Brudd	32	583748	6617972	7,5	18,9	58,1
M. Drammensgranitt	Brudd	32	583772	6618011	4,6	31,3	66,9
M. Drammensgranitt	Brudd	32	583864	6618158	9,6	29,1	112,7
G. Drammensgranitt	Brudd	32	582796	6618878	7,4	19,3	65,9
G. Drammensgranitt	Brudd	32	582828	6618920	6,7	19,3	62,2
Metaryolitt	Skjæring	32	583614	6626905	8,6	9,1	28
Metaryolitt	Skjæring	32	583559	6626877	8,3	10,1	27
G. Drammensgranitt	Nedlagt brudd	32	579465	6624307	8,6	13,6	40,6
G. Drammensgranitt	Skjæring	32	579014	6624287	7,6	11,6	35,7



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