

Til
Statens Strålevern
Grini næringspark 13
1361 Østerås

Kvalsund 12.mai 2015

Tilsvaret til brev fra Statens strålevern datert 12.12.2014 angående miljørisikovurdering med hensyn på radioaktive stoffer som følge av fremtidig gruvedrift.

Statens strålevern har gått gjennom dokumentasjon som Nussir tidligere har oversendt. Statens strålevern skriver i sitt brev at den oversendte dokumentasjonen ikke var tilstrekkelig for å vurdere om avgangen fra Nussir vil kunne medføre risiko for forurensning.

Nussir presenterer derfor her ytterligere dokumentasjon som viser at avgangen fra Nussir ikke vil representere noen fare for forurensning med hensyn til radioaktive stoffer.

Regionale helikoptermålinger.

Nye geofysiske kart fra NGU (vedlagt) som dekker Repparfjord grunnfjellsvindu, hvor Nussir og Ulveryggen ligger, er publisert i februar 2015. Slike kart blir brukt for å finne områder med høy radioaktivitet på regionalt nivå. Kartene viser at bergarter som ligger i utgående av Nussir har U-innhold i området 0,4 – 1,5 ppm U (vedlegg 1 viser kart over U-innhold fra Repparfjord, utgående av Nussir er lagt inn som en tykk svart strek). Dette ansees som lave verdier, og ligger under gjennomsnittet for U (2,8 ppm) i jordskorpen.

Måling av Th-innhold viser tilsvarende lave verdier (1-4 ppm Th) der Nussir er utgående i dagen (vedlegg 2 viser kart over Th-innhold fra Repparfjord, utgående av Nussir er lagt inn som en tykk svart strek). Gjennomsnittlig gehalt av Th i jordskorpen er 5,8 ppm.

Radiometriske målinger av bergartsmateriale fra, Nussir-forekomsten, Ulveryggen og fjordsedimenter.

På bakgrunn av dokumentasjonsønsket fra Statens Strålevern, ble to måleinstrumenter brakt til Skaidi og Tromsø for å teste radiometrisk strålenivå på malmsonen, relaterte bergarter og sedimenter fra Repparfjorden. Instrumentene som ble benyttet var et scintillometer (G. B-h. D 3162 Uetze-1989) utleid fra Geologiske Tjenester for å måle totalstråling (cps), og et gammaspespektrometer (ny Gamma Surveyor II) utleid av Gammadata for å måle stråling (doserate), konsentrasjon og bidrag fra aktuelle Kalium, Uran og Thorium-isotoper. Målingene ble foretatt på representative prøver på Nussirs kjernelager på Skaidi, i form av hele borekjerner, bearbejdede kjerneprøver fra laboratoriet (såkalt rejects og finkornet pulp) samt en mineralisert steinprøve fra utgående på malmsonen på Nussir. Kjerneprøvene var representert fra nylig avsluttet borekampanje (aug 2014 – jan 2015) i form av splittede kjerneprøver. Sedimentmålingene ble utført hos Akvaplan Niva i Tromsø, på bunnsedimenter (0-15 cm) fra to prøvestasjoner i nærheten av planlagt deponi i Repparfjorden. Materiale fra Ulveryggen ble målt på bearbejdede kjerneprøver (rejectprøver).

Målinger av stråling og isotoper på forskjellig materiale har generelt store usikkerhets faktorer. Stråleimpulsene varierer mye innenfor begrensede tidsrom og Uran har en kompleks serie av datter-isotoper inkludert Radon gass. Bakgrunnsstrålingen vil påvirke målingene avhengig av i hvilken grad måleoppsettet vil skjerme for bakgrunnsstrålingen. U- resultatene vil også avhenge av hvorvidt gass opptrer som innkapslet, utsiving eller fjernet fra målemediet. Det forutsettes at U- deriverte isotoper skal være i likevekt.

Prøvemengde og overflate har vesentlig betydning. Detektorene på måleinstrumentene er relativt små og det meste av strålingsintensiteten blir registrert innenfor diameter på ca. 2 cm (sidestråling innenfor < 3-4 cm kan antagelig ha betydning).

Et utvalg av borekjerner fra malm- sekvens, og tilgrensende sidebergarter med skifer, ble først målt med scintillometeret (se regneark 2.) Representative malmsoner og skifere fortrinnsvis med høyest antatt aktivitet ble så valgt ut for spektrometermålinger. På scintillometeret

avleses måledataene fra en viser i bevegelse, gjennomsnittsverdier med anslått usikkerhet 20- 30 %. For målinger over større kjernelengder ble i praksis det akustiske nivå stilt inn ved signifikante endringer i tellefrekvens (impulser/min).

Flere forskjellige måleoppsett ble utprøvd og en mengde duplikatmålinger med nærliggende målepunkter ble testet for å dokumentere varians og måleusikkerhet. Det vedlagte regnearket beskriver målebetingelsene og materialet, prøvemengde og setting. Scintillometer -målinger i impulser/min er omregnet til cps (counts pr sekund) og målte konsentrasjoner av K- U- og Th er omregnet til Bq/kg med oppgitt omregningsfaktor i ark 2.

Resultater.

Måleresultatene med statistisk spredning er vist i fig. 1- og 2. De statistiske usikkerhetene for spektrometermålingene ligger på ca. +/- 0,5% for K- og ca. +/- 1 til 1,5 ppm for U- og Th. Bakgrunnsstrålingen ligger stort sett i området rundt usikkerhetsnivåene rundt 200 Bq/kg (150- 250) for K og ca. 0- 30 Bq/kg for U- Th.

Måledataene vise at langt de fleste resultatene har verdier innenfor angitte bakgrunnsnivåer og telleusikkerheter. Innledende test på relativt små håndstykker fra kjent høygehaltig forekomst (Telemark) demonstrerer viktigheten av at prøvemengde er av en viss størrelse. Alle måledata fra Nussir og Ulveryggen er basert på prøvemengde > 0,3- 0,5 kg og overflate > 10 cm², noe som gir tilfredstillende måleresultater.

Th- dataene ligger stort sett på < 3- 4 ppm, flere av de høyeste måle- verdiene er fra nøytrale målinger av bakgrunn. Både scintillometer- og gamma- dataene antyder en svak negativ trend Bq mot cps- og doserate. Dette tyder på at aktuelle Th-resultater i realiteten er insignifikante (< 3- 4 ppm) i relasjon til begge måle metodene basert på stråleintensitet og måleusikkerheter.

U- måleverdiene antyder et generelt bakgrunnsnivå på <= 20- 30 Bq/kg eller ca. 1,5- 2ppm. Ved cps > ca. 170 og tilsvarende doserate > 40 (fig, 1- og 2) blir U- verdiene signifikant høyere enn bakgrunn. Alle måle- verdier ligger < 2x bakgrunn. De høyeste verdiene < 60 Bq/kg er fra tilfeldige enkeltprøver fra Ulveryggen og spesielt utvalgte prøver fra tilgjengelige

borehull med høyest stråleaktivitet basert på scintillometer-målinger, fra ca. 400 meter borekjerne gjennom 6 borehull med malmskjæringer og sidebergarter.

K- verdier viser relativ stor spredning i de fleste settinger tilsynelatende delvis kontrollert av gjennomsnittlig bakgrunnsnivå rundt 200 Bq/kg (150-250). De høyeste verdiene ligger på 2- 2,5 x bakgrunn, tilsvarende \leq ca. 1,5 % K. Fra borekjerne- analysedataene vet vi at generelt nivå er stort sett 0- 1% innenfor malm-sonen med dolomitt og \leq 1- 2% i sidebergarten leirskifer. Måleresultater $<$ ca. 150 Bq/kg viser aktuelt K-innhold $<$ 0,5 % som er mer eller mindre skjermet for bakgrunnsstråling.

Konklusjon.

Alle måledataene fra tilgjengelige tilfeldige og utvalgte relativt høyaktive prøver fra kjernelageret på Skaidi samt fjordbunn sedimentprøver fra Akvaplan Niva i Tromsø, viser at de fleste prøvene under disse målebetingelsene viser verdier innenfor bakgrunns-verdier og måleusikkerheter på $<$ 0,5 % K, $<$ 1,5- 2 ppm U og $<$ 3 ppm Th. Th-verdier er stort sett lavere enn bakgrunn. U- verdier av tilfeldige og noen utvalgte prøver viser høyere aktiviteter med verdier $<$ 60 Bq/kg som tilsvarer aktuelt U- innhold på $<$ 5,5 ppm.

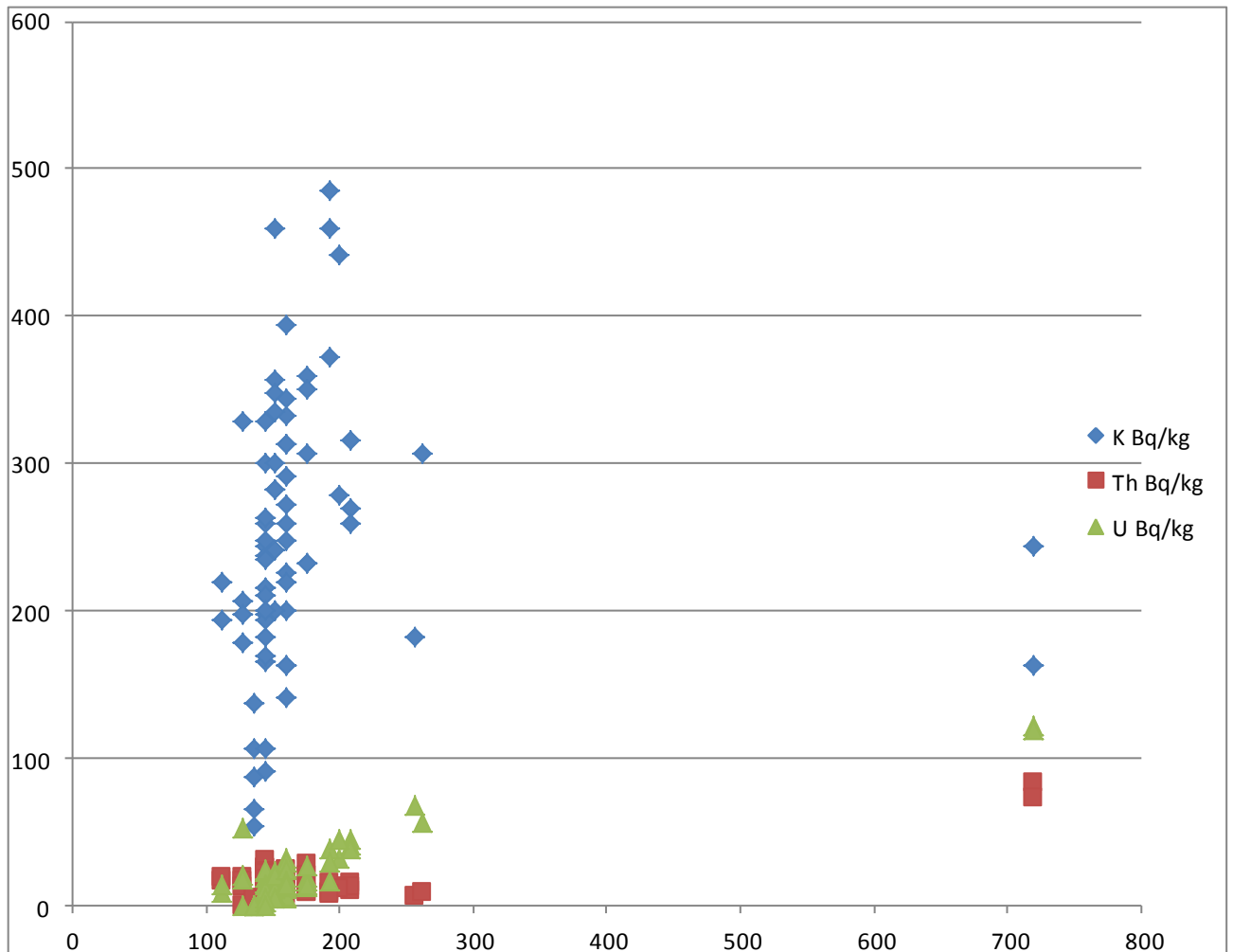
Fig. 1 med scintillometermålinger med cps mot Bq/kg verdier viser stor spredning uavhengig av cps måle-verdier, som antyder at dette scintillometeret ikke registrerer lavenergi K- stråling, men hovedsakelig U-stråling.

Fig. 2 viser at totalstrålingen fra gamma spektrometer- målingene domineres av K- stråling (i Bq/kg) av størrelsesorden 5- 6 ganger nivået av både U- og Th. Bidrag fra Th- strålingen antas å ha underordnet betydning. U- strålingen vil da utgjøre anslagsvis $<$ 15- 20 % av den totale strålemengden.

Usikkerhetsmomenter spesielt angående registrerte U-nivåer kan reise spørsmål om hvor relevante disse måleresultatene er. Tidligere analyser (labtium. ALS og andre) angir deteksjonsnivå på 5- og 10 ppm U som er for unøyaktige i denne sammenhengen. De beste dataene er fra scintillometermålinger i borehull, NGU Rapport 2013.057 samt regionale

helikoptermålinger. Dataene fra borehull viser cps- nivåer på < 300 cps, stort sett mellom 20- 250 cps. Rapporten antyder også et generelt gjennomsnittsnivå på rundt 2 ppm U også basert på helikopter- målingene. Denne rapporten gir også antydning om at gjennomsnittsnivået for regionalt U- innhold er av størrelsesorden 2 ppm. NGU- dataene er i samsvar med disse måle-dataene, de viser at U- nivået er svært lavt (som forventet) i det meste av malm-sonen dominert av kalk-dolomitt. De høyeste relative strålenivåene er fra noen soner innen omgivende skifer stedvis høyere oppe på heng-siden men også i deler av ligg-skiferen på undersiden av malmen som også kan være mineralisert. Disse målingene viser at totalt strålingsnivå er dominert av K-stråling og maksimalt strålingsnivå på 250- 300 cps fra scintillometeret tilsvarer om lag bequerel nivå på 55- 70 Bq/kg. Det er langt igjen til anslått grenseverdi på < 100 Bq/kg selv med betydelig større måleusikkerhet enn antydning.

Oppredning av råmalm, med normalt lave konsentrasjoner av radioaktive komponenter, kan teoretisk forårsake anrikning i biprodukter. Målingene foretatt i Nussir er både på råmalm fra borekjerner og knuste prøver, og fra sedimentprøver fra tidligere malmproduksjon. Målingene viser at det ikke er noen forhøyning av radioaktive komponenter i restproduktene.



Figur 1: Scintillometer-målinger i cps (counts pr sekund, instrument G. B-h. D 3162 Uetze) plottet mot gammaspektrometer-målinger i Bequerel/kg (instrument Gamma Surveyor II). Laveste cps < 130 viser bakgrunnsnivå mens høyeste verdi (720 cps) er fra dobbeltmåling av medbrakt aktiv mineral referanseprøve (gadolinitt fra Telemark)

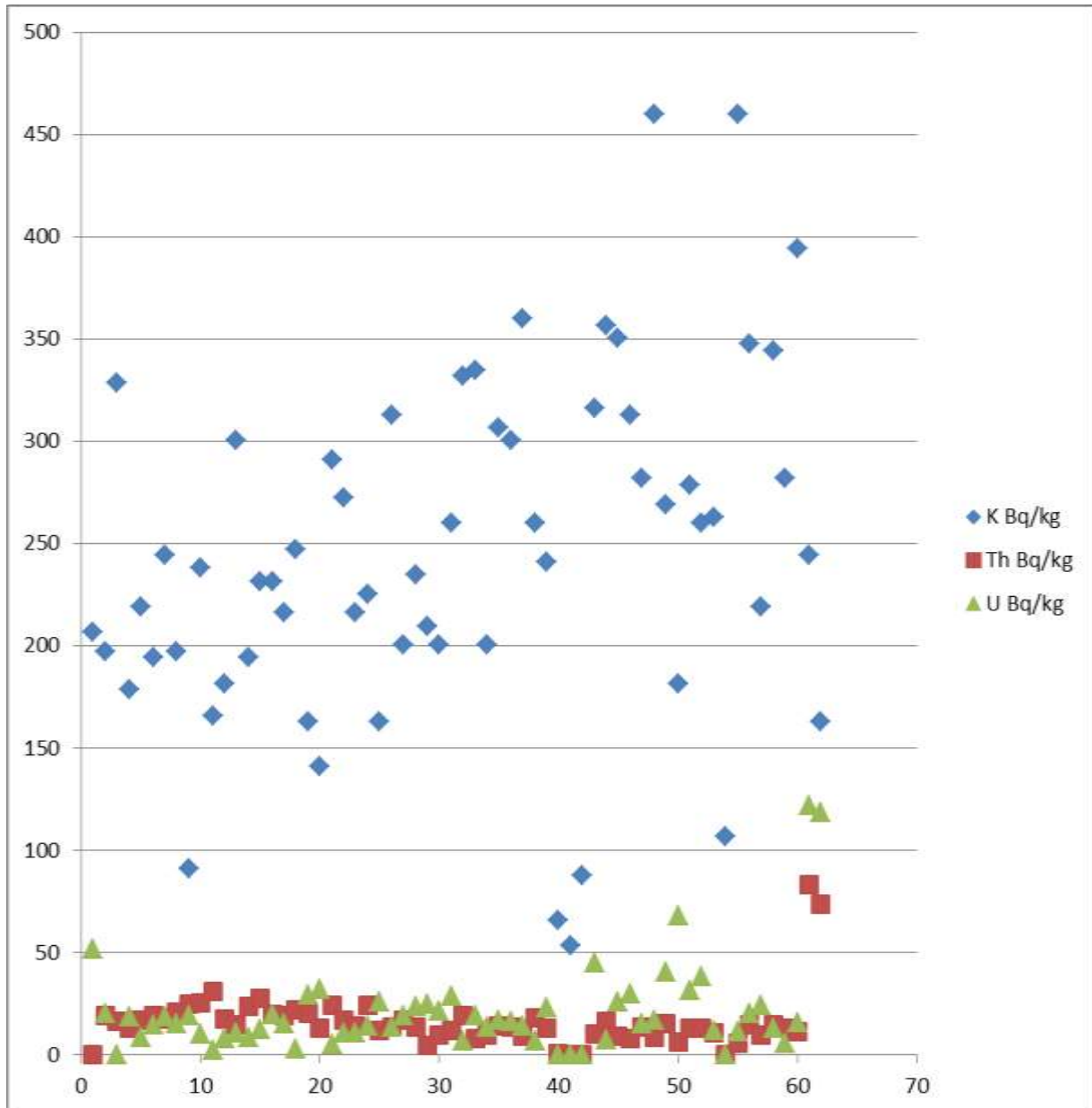


Fig 2: Statistisk oversikt over Gamma Surveyor måledata. Doserate (totale tellinger, stråleimpulser) mot beregnede Bequerel-verdier innen spektrene for K-, Th- og U- isotopene.

Geokjemiske analyser.

Dataene stammer fra ICP- AES multi-element analyser av kjerneprøver som krysser forekomsten. Analysene er gjort av sertifiserte laboratorier som ALS, OMAC og Labtium i perioden 2007 til 2015. Kun de siste analysene som ble utført av Labtium i januar 2015 har god nok deteksjonsgrense (0,1 ppm) for å kunne gi nøyaktig nivå av U og Th. Tabell 1 viser tilgjengelige data.

Tabell 1. Sammendrag av tilgjengelige data.

	Amount
Antall kjerne som gjennomskjærer forekomsten	148
Totalt analyserte prøver	2450
Prøver analysert for Th and U	1730
Prøver analysert innen malmsonen for Th and U	322

Det er analysert nesten 2500 fra Nussir og Ulveryggen, hvorav 1700 er analysert på U og Th. Dessverre er deteksjonsgrensen for U (5 ppm og 10 ppm avhengig av laboratorium) og Th (5 og 20 ppm) for høy til å få et godt bilde av hvilket reelt nivå disse elementene ligger på. Statistiske analyser viser at innen malmsonen er 98,1% av analysene av U under 12 ppm, og i sideberget er 99,7% under 12 ppm. For Th er tilsvarende tallverdier (Th<12 ppm) 97,8% i malmsonen og 97,7% i sidefjellet.

Nye tester i 2015.

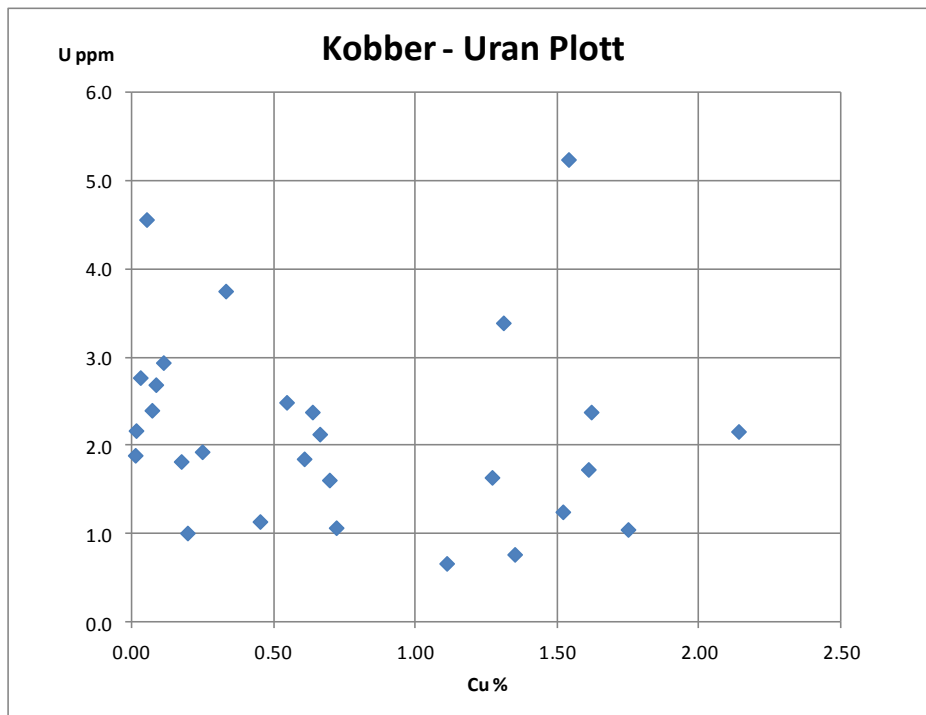
For å få mer nøyaktig gjennomsnitt av U- og Th-innholdet i malmsonen ble det analysert 28 kjerneprøver fra malmsonen og de over-og -underliggende par meter i mineraliserte borehull (BH 16 og 27 fra 2014). Prøvene er analysert av Labtium laboratorie i Kuopio i januar 2015 ved bruk av ICP-MS metode, som har nedre deteksjonsgrense på 0.1ppm for Uran og Thorium. (tabell 2).

En statistisk analyse på de 28 prøvene ble foretatt på Thorium (Th), Uran (U) og Kalium (K) innholdet. Basert på samtlige av de 28 prøvene fra både malm og umiddelbart nærliggende sidefjell, presenteres statistiske mål i tabellen under.

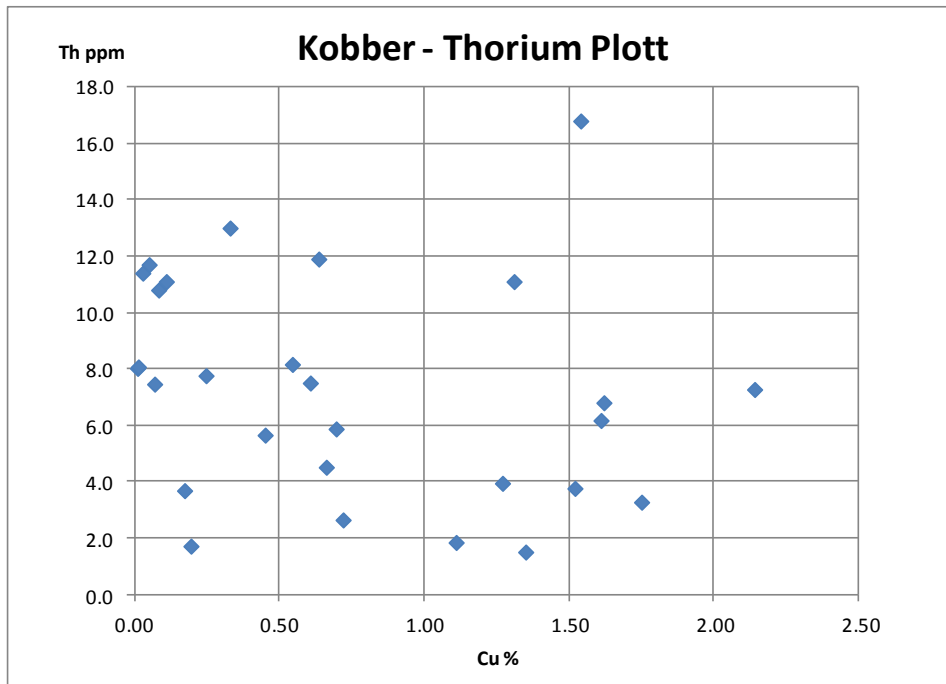
1 Statistiske mål

Statistisk mål	Th		
	ppm	U ppm	K %
Gj. Snitt	7.26	2.17	3.07
Median	7.37	2.03	2.88
Standard avvik	3.88	1.08	1.54
Varians	15.07	1.17	2.37
Minimum	1.50	0.67	0.78
Maksimum	16.80	5.24	6.10

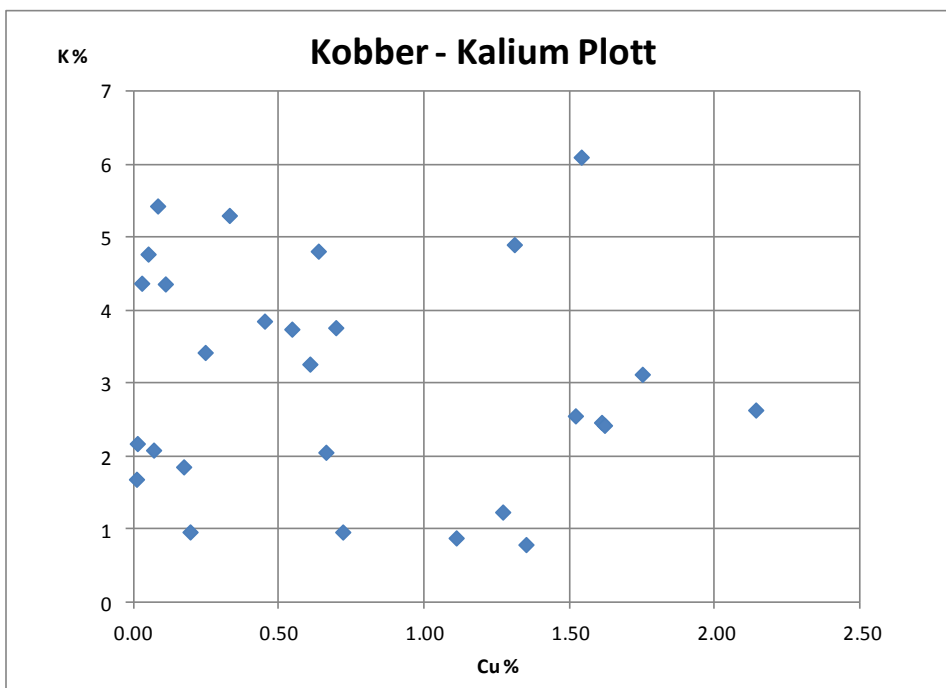
Uran og Thorium verdiene er plottet mot kobber verdien i hver enkelt prøve vist i figur 1-3.



Figur 1 Sammenheng mellom kobber og uran verdier i 28 prøver



Figur 2 Sammenheng mellom kobber og Thorium verdier i 28 prøver



Figur 3 Sammenheng mellom kobber og Kalium verdier i 28 prøver

Basert på plottene i figur 1-3, er det tydelig at innhold av Uran, Thorium og Kalium ikke har noen sterk korrelasjon til innholdet av kobber i Nussirmalmen.

Tabell 2. Analyser av borehull 16 og 27 fra 2015 (Labtium).

BHID	FROM	TO	Cu ppm	Th ppm	U ppm	Lab certificate no	Sample ID	Lab sample nr.
NUS-DD-14-016	149,4	150,6	108	8,0	1,9	221388	N140227	L15004015
NUS-DD-14-016	150,6	151,5	696	7,5	2,4	221388	N140228	L15004016
NUS-DD-14-016	151,5	152,4	1730	3,7	1,8	221388	N140229	L15004017
NUS-DD-14-016	152,4	153,6	12700	3,9	1,6	221388	N140230	L15004018
NUS-DD-14-016	153,6	154,6	13500	1,5	0,8	221388	N140231	L15004019
NUS-DD-14-016	154,6	155,5	16100	6,2	1,7	221388	N140232	L15004020
NUS-DD-14-016	155,5	156,8	17500	3,3	1,1	221388	N140233	L15004021
NUS-DD-14-016	156,8	158,15	13100	11,1	3,4	221388	N140234	L15004022
NUS-DD-14-016	158,15	159,5	5450	8,2	2,5	221388	N140235	L15004023
NUS-DD-14-016	159,5	160,7	2470	7,8	1,9	221388	N140237	L15004024
NUS-DD-14-016	160,7	162,05	4510	5,7	1,1	221388	N140238	L15004025
NUS-DD-14-016	162,05	163	6960	5,9	1,6	221388	N140239	L15004026
NUS-DD-14-016	163	164	835	10,8	2,7	221388	N140240	L15004027
NUS-DD-14-027	200,3	202,5	136	8,1	2,2	221388	N140335	L15004028
NUS-DD-14-027	202,5	203,5	1950	1,7	1,0	221388	N140336	L15004029
NUS-DD-14-027	203,5	205	6620	4,5	2,1	221388	N140337	L15004030
NUS-DD-14-027	205	206,1	16200	6,8	2,4	221388	N140338	L15004031
NUS-DD-14-027	206,1	207,7	7200	2,6	1,1	221388	N140339	L15004032
NUS-DD-14-027	207,7	208,9	11100	1,8	0,7	221388	N140340	L15004033
NUS-DD-14-027	208,9	210,9	21400	7,3	2,2	221388	N140341	L15004034
NUS-DD-14-027	210,9	212,5	15200	3,8	1,3	221388	N140343	L15004035
NUS-DD-14-027	212,5	213,7	15400	16,8	5,2	221388	N140344	L15004036
NUS-DD-14-027	213,7	214,4	3300	13,0	3,8	221388	N140345	L15004037
NUS-DD-14-027	214,4	215,4	6070	7,5	1,9	221388	N140346	L15004038
NUS-DD-14-027	215,4	217,1	6360	11,9	2,4	221388	N140347	L15004039
NUS-DD-14-027	217,1	218,2	287	11,4	2,8	221388	N140348	L15004040
NUS-DD-14-027	218,2	219,8	1100	11,1	2,9	221388	N140349	L15004041
NUS-DD-14-027	219,8	221,1	507	11,7	4,6	221388	N140350	L15004042

Resultatet av disse målingene viser en gjennomsnittsverdi for U på 2,2 ppm og Th 7,3 ppm.

Analyser av K, U og Th i væskefasen fra avgangen.

SGS Laboratories i Lakefield Canada gjennomførte i 2010-11 både prosess og miljø tester på malm og avgang fra Ulveryggen og Nussir malm. Resultatene fra miljøtestene foreligger i rapport fra 6 mai 2011 (vedlagt). Et utdrag av utlekingstestene med saltvann er vist nedenfor.

Nussir ASA – Kvalsund Deposit – Project 12527-002

13

Table 8: EN 12457-3 Extraction Results – Artificial Seawater Leachant

Constituents	Blank	L/S = 2	L/S = 8	Cumulative Amount Leached
		Concentration in Eluate	Concentration in Eluate	
LIMS		10263-FEB11	10264-FEB11	---
Initial pH	10.2	9.26	9.40	---
Final pH	9.73	8.61	8.69	---
pH	8.2	7.32	8.36	---
Conductivity (mS/m)	34.2	32.1	34.9	---
EMF (mV)	184	206	218	---
Constituents	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/kg)
TDS	22200	20600	22600	219586
F	0.07	0.08	< 0.06	<0.6
Cl	13000	11000	13000	124719
SO ₄	1800	1700	3100	28011
Hg	< 0.0001	0.0001	< 0.0001	<0.001
Ag	< 0.0001	< 0.0001	0.0001	<0.001
Al	0.02	0.12	0.02	0.39
As	0.067	0.069	0.066	0.66
Ba	0.199	0.390	0.068	1.3
Be	< 0.0002	< 0.0002	< 0.0002	<0.002
B	2.46	2.17	2.6	24.9
Bi	< 0.0001	< 0.0001	0.0004	0.003
Ca	235	272	209	2183
Cd	0.00018	0.00048	0.00005	0.001
Co	0.00150	0.00206	0.0013	0.01
Cr	< 0.005	< 0.005	< 0.005	<0.05
Cu	0.011	0.013	0.013	0.13
Fe	0.061	0.048	0.054	0.52
K	376	381	363	3621
Li	< 0.1	< 0.1	< 0.1	<1.0
Mg	902	865	876	8636
Mn	0.0048	0.210	0.066	0.92
Mo	0.0045	0.0148	0.0237	0.22
Na	7990	9250	7690	78915
Ni	0.010	0.011	0.009	0.09
P	0.070	0.086	0.075	0.76
Pb	< 0.0002	0.0002	0.0007	0.006
Sb	< 0.002	< 0.002	0.003	<0.03
Se	0.01	< 0.01	0.02	<0.2
Si	0.12	2.86	3.72	35.1
Sn	0.0147	0.0260	0.0012	0.06
Sr	5.43	4.52	5.28	50.8
Th	< 0.00004	< 0.00004	< 0.00004	<0.0004
Ti	< 0.001	0.001	0.015	0.12
Tl	< 0.0002	0.0004	0.0003	0.003
U	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.5
V	< 0.003	< 0.003	< 0.0003	<0.008
W	0.01	< 0.01	< 0.01	<0.1
Y	< 0.003	< 0.003	< 0.003	<0.03
Zn	0.02	0.05	0.0116	0.19
Zr	< 0.0001	< 0.0001	0.0004	<0.003

Diskusjon.

Over er det vist 4 datasett med U- (+Th + K) analyser:

- ALS + OMAC, deteksjonsnivå 5- og 10 ppm U
- Gamma Surveyor (og scintillometer), deteksjonsnivå ca 1 ppm U
- Labtium ekstra analyser 2015, deteksjonsnivå 0,1 ppm
- SGS miljøanalyser på utlekkingspotensialet.

Sammenligning av de 3 datasettene viser svært god overensstemmelse mellom Gamma Surveyor og Labtium analyser for U- nivået, som indikerer at de representerer nærmest reelle verdier for aktuelle U- gehalter. Av det analyserte datamaterialet kan vi trekke følgende konklusjoner:

Høyeste bekreftede U- gehalter (i datamengde fra Gamma Surveyor og Labtium) er ikke høyere enn 5- 6 ppm. De er påviste i begrensede deler av ligg- og hengskiferen inkludert den mineraliserte skiferen i liggeren av malmsonen + tilfeldig måling fra Ulveryggen. Disse analysene samsvarer også med soner med høyest detektert stråleaktivitet fra scintillometeret samt NGU- målingene fra borehull, tilsvarende om lag 200- 250 cps.

Analyser og målinger fra den mineraliserte dolomitten har gjennomgående svært lav aktivitet og tilsvarende $U < 1- 4$ ppm (mest i skifer- glimmerholdige soner).

De standardiserte ALS- og OMAC U-analyser er i denne sammenheng altfor usikre siden de aller fleste verdiene ligger under eller på deteksjonsgrensen. Disse dataene gir dårlig grunnlag for å beregne reelle gjennomsnittsverdier og statistikk.

Resultatene fra Gamma Surveyor og scintillometer-målingene antyder at i dette bergartsmiljøet med anslått $U > 6$ ppm, er K- strålingen den dominerende, og U- aktivitet bidrar med stort sett $< 15- 20\%$ av totalstrålingen (doserate fra Gamma Surveyor). Ved høyere U- gehalter blir U- strålingen gradvis mer dominerende.

Konklusjon.

I en NGU-rapport er følgende i nedenforstående tabell satt krav til stråling og U-nivå på pukk som skal brukes under hus (2013.031 - Radontrygge byggeråstoffer. Vurdering av kartleggingsmetoder og fastsettelse av grenseverdier for pukkbergarter. På oppdrag fra Statens stålevern).

	Radium (Bq/kg)	Uran nivå (ppm)
Nordiske anbefalinger	100	8,1
Halvering av tidligere norske krav	150	12,15
«Worst case» i modelleringsforsøk	118	9,6

Det materialet som skal deponeres fra gruveproduksjonen i Repparfjordområdet ligger langt under de kravene som er satt for radontrygge masser under bebodde hus.

Avgangen har noenlunde samme nivå av radioaktivitet som sedimentene i Repparfjorden har per i dag og vil derfor ikke føre til noen endring i den moderate naturlige radioaktiviteten i fjorden.

Med dette kan det ikke hevdes å foreligge noen form for risiko relatert til radioaktivitet i forbindelse med deponering av overskuddsmasser fra gruvedrift på Ulveryggen og Nussir forekomstene.

Med vennlig hilsen

Øystein Rushfeldt
CEO
Nussir ASA