



# Oslo

## **Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen - Fornebu**

---

Dok.nr.: PF-U-060-RB-0038

Revisjon: 06G



Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 2 av 38

Dokumentet er utarbeidet av



Rev.	Dato	Utgitt for	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01G	26.06.2020	Godkjenning	K. Wasrud/ T.F. Loe	P.H. Hanisch/ Anders Flatteng/ Per Heimli	A. Manstad- Hulaas
02G	18.12.2020	Godkjenning	K. Wasrud	T.F. Loe	A. Manstad- Hulaas
03G	30.04.2021	Godkjenning	T. F. Loe	K. Wasrud	A. Manstad- Hulaas
04G	14.06.2021	Godkjenning	K. Wasrud	T. F. Loe	A. Manstad- Hulaas
05G	19.10.2021	Til godkjenning	A. Manstad- Hulaas/ T.F. Loe	T.F. Loe/ A. Manstad-Hulaas	A. Manstad- Hulaas
06G	17.11.2021	Til godkjenning	K. Wasrud	A. Manstad- Hulaas	A. Manstad- Hulaas

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 3 av 38

## Innhold:

<b>1.</b>	<b>INNLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>Hensikt .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	<b>Sammendrag .....</b>	<b>5</b>
<b>1.3</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>ENDRINGSLOGG.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>OPPLYSNINGER OM FORETAKET .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Beskrivelse av virksomheten, jf. § 36-2 forurensingsforskriften.....</b>	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>OPPLYSNINGER OM KOMPETANSE .....</b>	<b>10</b>
<b>5.</b>	<b>OPPLYSNINGER OM SKJERMING, SIKKERHETSUTSTYR OG INTERNKONTROLL.....</b>	<b>10</b>
<b>6.</b>	<b>OPPLYSNINGER OM RADIOAKTIV FORURENSING OG FOREBYGGING AV FORURENSING .....</b>	<b>11</b>
<b>6.1</b>	<b>Syredannende potensial .....</b>	<b>11</b>
<b>6.2</b>	<b>Innhold av radionuklider og tilhørende radioaktivitet .....</b>	<b>14</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Uran .....</b>	<b>16</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Thorium.....</b>	<b>17</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Kalium .....</b>	<b>17</b>
<b>6.3</b>	<b>Estimering av total radioaktivitet i planlagt alunskifer/svartskifer-uttak .....</b>	<b>17</b>
<b>6.4</b>	<b>Utslipp av radioaktive nuklider til vann .....</b>	<b>19</b>
<b>6.4.1</b>	<b>Utslipp av radionuklider løst i vann .....</b>	<b>20</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Utslipp i forbindelse med suspendert stoff.....</b>	<b>22</b>
<b>6.4.3</b>	<b>Totalt utslipp og oppsummering.....</b>	<b>23</b>
<b>7.</b>	<b>OPPLYSNINGER OM HÅNDTERING AV RADIOAKTIVT AVFALL OG TILTAK MOT SPREDNING.....</b>	<b>25</b>
<b>7.1</b>	<b>Generelt .....</b>	<b>25</b>
<b>7.2</b>	<b>Vannhåndtering og renseanlegg .....</b>	<b>26</b>
<b>7.3</b>	<b>Masser og deponering .....</b>	<b>27</b>
<b>8.</b>	<b>MILJØRISIKOVURDERING AV UTSLIPP AV RADIOAKTIVE STOFFER .....</b>	<b>27</b>
<b>8.1</b>	<b>ERICA ASSESSMENT - VURDERING AV ØKOLOGISK EFFEKT AV RADIOAKTIV STRÅLING PÅ RESIPIENT .....</b>	<b>27</b>
<b>8.1.1</b>	<b>Utført ERICA beregning - Nivå 1 - Tunnelstrekke Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø.....</b>	<b>27</b>
<b>8.1.1.1</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>30</b>
<b>8.2</b>	<b>VURDERING AV MILJØRISIKO FRA RADIOAKTIV STRÅLING FOR ANLEGGSDRIFT .....</b>	<b>30</b>
<b>8.2.1</b>	<b>Akseptkriterier og risikomatrix for utslipp av radioaktive stoffer fra anleggsområder .....</b>	<b>30</b>
<b>8.2.2</b>	<b>Miljørisikovurdering, anleggsdrift.....</b>	<b>31</b>
<b>8.2.3</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>33</b>
<b>9.</b>	<b>OPPLYSNINGER OM ARBEIDSMILJØ .....</b>	<b>34</b>
<b>10.</b>	<b>OPPLYSNINGER OM KONSEKVENSVURDERING .....</b>	<b>34</b>
<b>10.1</b>	<b>Naboer og allmennheten .....</b>	<b>34</b>
<b>10.2</b>	<b>Miljø .....</b>	<b>34</b>
<b>11.</b>	<b>OPPLYSNINGER OM MILJØOVERVÅKNING.....</b>	<b>36</b>

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 4 av 38

<b>12. OPPLYSNINGER OM FOREBYGGENDE TILTAK OG BEREDSKAPTILTAK .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERANSER .....</b>	<b>37</b>
<b>VEDLEGG .....</b>	<b>38</b>
<b>Vedlegg 1. Analyseoriginaler .....</b>	<b>38</b>
<b>Vedlegg 2. Beregninger.....</b>	<b>38</b>

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 5 av 38

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Hensikt

På bakgrunn av at arbeid i syredannende berg/alunskifer vil medføre en overskridelse av grenseverdi for total aktivitet per år iht. Forskrift om forurensningslovens anvendelse på radioaktiv forurensning og radioaktivt avfall i Vedlegg II, er det utarbeidet en søknad om tillatelse til utslipp av radioaktiv forurensning og håndtering av radioaktivt avfall i forbindelse med anleggsarbeidene på Fornebu. Søknaden er utarbeidet etter mal fra Direktorat for strålevern og atomsikkerhet (DSA), som er forurensningsmyndighet i forbindelse med stråling og radioaktiv forurensning i miljøet.

### 1.2 Sammendrag

På deler av strekningen mellom Majorstuen og Fornebu er det risiko for å treffe på syredannende bergarter i tunnelen. Alunskifer er den vanligste syredannende bergarten i Oslo-området. Denne type skifer er kjent for å skape byggetekniske utfordringer under anleggsarbeid med tanke på syredannelse, svelling og stråling fra spalting av uran [1]. I forbindelse med arbeidene vil tunnelen drives og etableres i eller nær kjente forekomster av alunskifer og svartskifer. Arbeidet vil kunne føre til at syredannende skifer blir eksponert for vann, hvorpå vannet kan ta med seg partikler og ioner som kan inneholde spor av radioaktivitet.

Det er i arbeidet med prosjektet beregnet forventede mengder av syredannende berg/alunskifer som vil måtte håndteres av prosjektet i anleggsgjennomføringen. Det er videre, i søknaden, estimert en mengde radioaktive stoffer som vil bli sluppet ut som følge av prosjektet.

I arbeidet med prosjektet mellom Skøyen og Majorstua har T-banetraseen blitt optimalisert. Som en del av denne optimaliseringen er traséen forsøkt trukket vekk fra forventede soner med syredannende bergarter. På bakgrunn av en kort sone i forbindelse med etablering av en parallell rømningstunnel vil prosjektet likevel kunne berøre bergarter som har potensiale for syredannelse. I tillegg er det en mulighet for at man kan påtreffe syredannende berg mellom Lysaker og Skøyen. På bakgrunn av dette, den generelle usikkerheten forbundet med bergarbeid i Oslo-området, samt på grunn av tilbakemeldinger fra Direktorat for strålevern og atomsikkerhet på innsendt søknad, er søknaden revidert og utgis som en 06G-versjon. Sammenlignet med tidligere versjoner er hovedendringene forbundet med reduserte mengder og tidsrom for forventet arbeid i syredannende berg mellom Skøyen og Majorstua, mens det er lagt til mulig påtreff av syredannende masser mellom Skøyen og Lysaker.

Det er også gjennomført vurdering av økologisk effekt av radioaktiv stråling på resipient i ERICA-Assessment Tool. Summert risikokoeffisient for strekningene Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø er under 1 og indikerer dermed å ha en neglisjerbar effekt på miljøet.

Miljøriskovurderingen for radioaktiv stråling fra anleggsdrift viser at tiltaket kan gjennomføres med akseptabel risiko for det ytre miljøet.

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 6 av 38

### 1.3 Konklusjon

Det er estimert at totalt ca. 36 500 tonn med syredannende berg/alunskifer skal leveres til deponi. Tallene er utarbeidet på bakgrunn av traselengden i et område hvor det er risiko for påtreff av syredannende berg mellom Skøyen og Madserud, samt 2% av tunneldrivmassene mellom Vækerø og Lysaker. I tillegg er det lagt til en mengde på 1% av øvrige tunnelmasser mellom Vækerø og Majorstua som en sikkerhetsmargin med tanke på usikkerheten forbundet med tunneldriving i Oslo-området. Det er knyttet stor utsikkerhet til disse mengdene. På bakgrunn av gitte mengder er det estimert at de deponeringspliktige massene vil medføre en total aktivitet på ca. 120 000 MBq i forbindelse med uttak og leveranse til godkjent deponi.

Estimert mengde radionuklider som vil følge med rensset anleggsvann, både som løst stoff og som partikulært materiale, til kommunalt spillvannsnett fra Madserud og via sjøledning til Lysakerfjorden fra Lysaker og Skøyen, er oppsummert i Tabell 1.

Den spesifikke aktiviteten i anleggsvannet er lavere en grensen gitt i Forskrift om radioaktiv forurensning og avfall, vedlegg 2 for alle nuklidene, men total aktivitet overskrides for både U-nat, Th-nat og <sup>40</sup>K. Det søkes derfor om tillatelse til påslipp av radionuklider som vist i Tabell 1.

Tabell 1: Utslipp det søkes tillatelse for i årene 2022-2024, basert på utslipp av en total vannmengde på 8 700 m<sup>3</sup>.

År	Utslippspunkt	Vannmengde (m <sup>3</sup> )	Radionuklide	Spesifikk aktivitet (Bq/g)		Total aktivitet per år (Bq)	
				Løst	Partikler	Løst	Partikler
2022	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat		7,04E-06		16 781
			<sup>40</sup> K		5,55E-05		132 387
	<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>795</b>				<b>169 425</b>	<b>436 677</b>
2023	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat		7,04E-06		16 781
			<sup>40</sup> K		5,55E-05		132 387
	Utslipp til sjø via sjøledning fra Skøyen	814	U-nat	1,07E-04	1,81E-04	173 454	294 346
			Th-nat		1,06E-05		17 180
			<sup>40</sup> K		8,33E-05		135 535
	Utslipp til kommunalt spillvannsnett	2356	U-nat	1,07E-04	3,62E-04	502 233	1 704 548
			Th-nat		2,11E-05		99 488
			<sup>40</sup> K		1,67E-04		784 877
	<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>3965</b>				<b>845 112</b>	<b>3 472 651</b>
2024	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat		7,04E-06		16 781
			<sup>40</sup> K		5,55E-05		132 387
	Utslipp til sjø via sjøledning fra Skøyen	814	U-nat	1,07E-04	1,81E-04	173 454	294 346
			Th-nat		1,06E-05		17 180
			<sup>40</sup> K		8,33E-05		135 535
	Utslipp til kommunalt spillvannsnett	2356	U-nat	1,07E-04	3,62E-04	502 233	1 704 548
			Th-nat		2,11E-05		99 488
			<sup>40</sup> K		1,67E-04		784 877
	<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>3965</b>				<b>845 112</b>	<b>3 472 651</b>

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 7 av 38

## 2. ENDRINGSLOGG

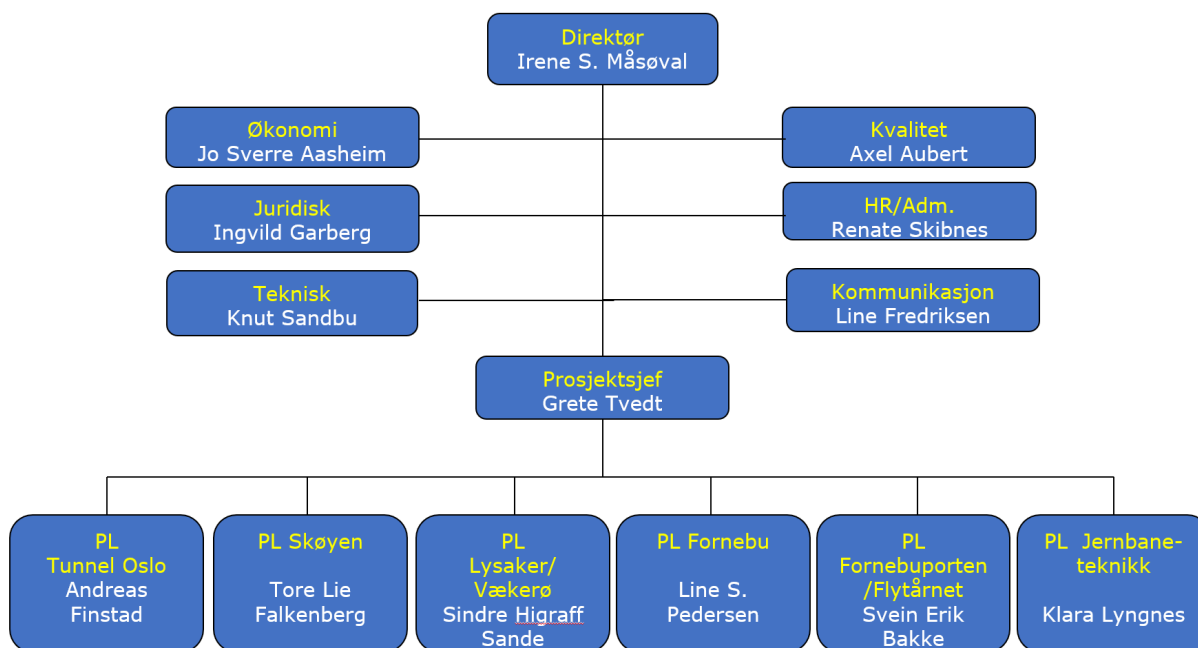
Rev.	Rev. dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
01G	26.06.2020		Første utkast
02G	18.12.2020	3, 6.1, 6.2, 7.2, 7.3, 9.2, og 10	Etter kommentarer fra FOB, endret trase mellom Skøyen og Majorstua.
03G	12.03.2021	Kap. 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9 og 10	Revidert etter kommentarer fra FOB. Økt volum med 2% på strekningen Vækerø-Lysaker og 1% mellom Lysaker-Skøyen.
04G	14.06.2021	Kap. 3, 5, 6 og 8.	Revidert prosjektdirektør informasjon, inkludert informasjon om støving og avrenning i kapittel 5, 6 og 8.
05G	19.10.2021	Kap. 1.2, 1.3, 6.4.2 og 6.4.3  Nytt kap. 8 miljørisikovurdering	Tabell 1, 10, 11 og 13 oppdatert med revidert Th-aktivitet.  Søknad oppdatert med miljørisikovurdering.
06G	17.11.2021	Kap. 3 Kap. 3.1, 7.1, 7.3 Kap. 8.1.1.1 Kap. 8.2.2	Oppdatert informasjon om byggherren og organisasjonskart. Oppdatert med henvisning tiltaksplan syredannede berg  Oppdatert konklusjon av mtp. Erica vurdering Oppdatert miljørisikovurdering for anleggsfasen

## 3. OPPLYSNINGER OM FORETAKET

- Navn på virksomhet: Oslo kommune Fornebubanen
- Foretaksnummer: 818 397 862
- Postadresse: Fornebubanen, Rådhuset, 0037 Oslo
- Besøksadresse: Lysaker torg 45, 1366 Lysaker
- Telefonnummer: 21 80 21 80
- E-post: postmottak@fob.oslo.kommune.no
- Internettadresse: <https://www.oslo.kommune.no/etater-foretak-og-ombud/fornebubanen/#gref>
  
- Kontaktperson
- Kontaktinformasjon prosjektsjef: Grete Tvedt
  - Telefonnummer: 21 80 21 80
  - E-post: grete.tvedt@fob.oslo.kommune.no

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 8 av 38

- Kontaktinformasjon for kontaktperson vedrørende denne søknaden, Suruli Kanapathy
  - Telefonnummer: 480 36 248
  - E-post: suruli.kanapathy@fob.oslo.kommune.no
- Søknaden gjelder: Ny tillatelse
- Organisasjonskart – se Figur 1



Figur 1: Organisasjonskart Fornebubanen, datert 09.11.2021.

### 3.1 Beskrivelse av virksomheten, jf. § 36-2 forurensingsforskriften

Fornebubanen er blant Norges største kollektivprosjekter i nyere tid, og målet er å realisere utbyggingen av en ny T-banetrase fra Fornebu til Majorstuen i Oslo. Fornebubanen skal være en integrert del av T-banenettet i Oslo, og den nye banen skal legge til rette for å redusere belastningen på overflatenettet i Osloregionen, ha kapasitet til å ta framtidig trafikkvekst, samt legge til rette for videre byutvikling langs traseen. Banen vil i sin helhet ligge under bakken og det vil etableres seks T-banestasjoner i forbindelse med prosjektet; Fornebu stasjon med driftsbasis, Flytårnet, Fornebuporten, Lysaker, Vækerø og Skøyen. Lokalisering av de seks stasjonene er vist i Figur 2.

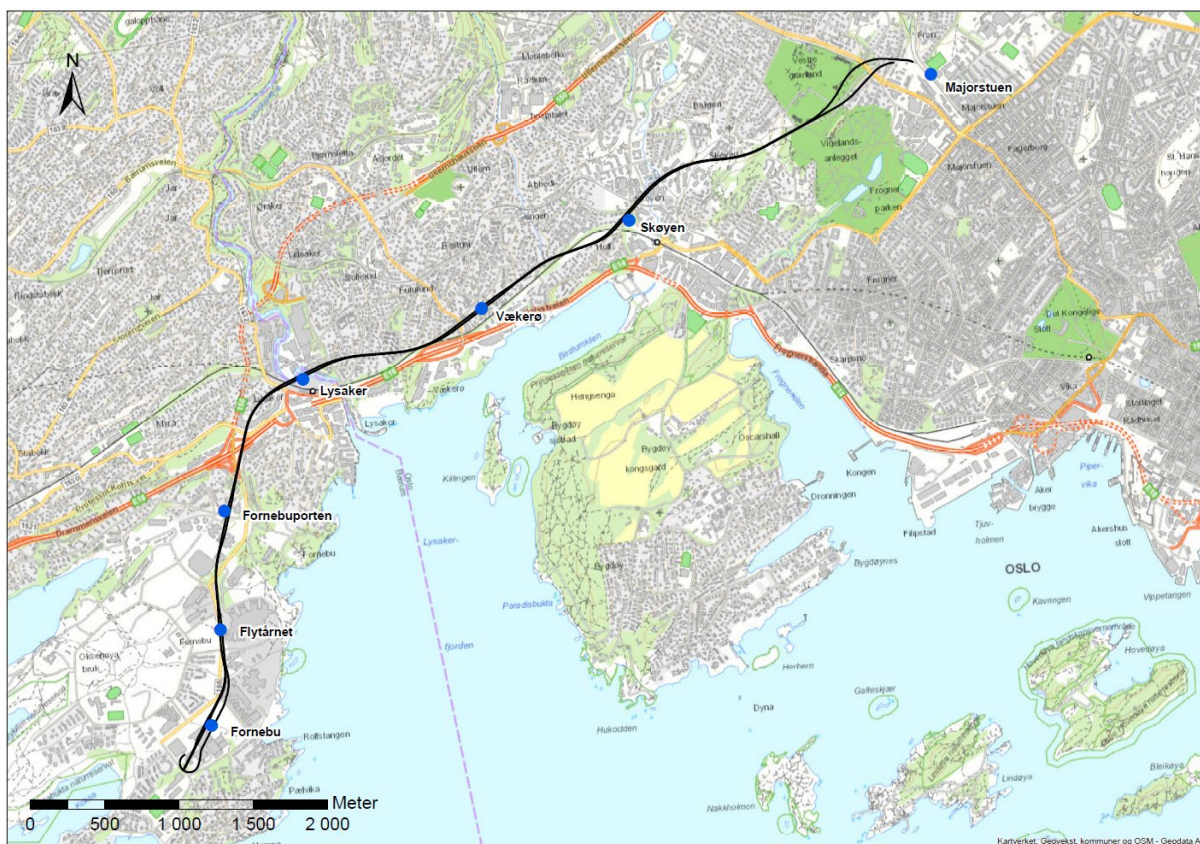


# Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu

Revisjon: 06G

Dato: 17.11.2021

Side: 9 av 38



Figur 2. Oversikt over stasjoner og linjeføring for Fornebuibanen.

På deler av strekningen mellom Majorstuen og Fornebu er det forventet å påtreffes syredannende bergarter (svart- eller alunskifer) i tunnelen. Alunskifer, og til dels svartskifer, er de vanligste syredannende bergartene i Osloområdet og særlig alunskifer er kjent for å skape byggetekniske utfordringer under anleggsarbeid med tanke på syredannelse, svelling og strålingsfare. Det er to områder med sterkt syredannende skiferformasjoner (alunskifer) på strekningen mellom Fornebu og Majorstua; et ved fjorden på Vækerø, og et mellom Skøyen og Madserud [2], se Figur 3. Sonen mellom Skøyen og Madserud er bekreftet med kjerneboring, og modellert i prosjektets BIM-modell. Kjerneboring gjennom traseen på Vækerø har ikke påvist syredannende berg.

Anleggsarbeidet i forbindelse med Fornebuibanen vil kunne føre til at syredannende skifer blir eksponert for vann, hvorpå vannet kan ta med seg partikler og ioner som kan inneholde spor av radioaktivitet. Det er utarbeidet et estimat på antatt mengde radioaktive stoffer som vil kunne bli sluppet ut til VEAS' renseanlegg for strekningen mellom Skøyen og Majorstua, og til Lysakerfjorden for strekningen mellom Vækerø og Lysaker, etter rensing iht. gitte tillatelser fra henholdsvis Vann- og avløpsetaten (VAV) i Oslo kommune [3] og Statsforvalteren i Oslo og Viken [4].

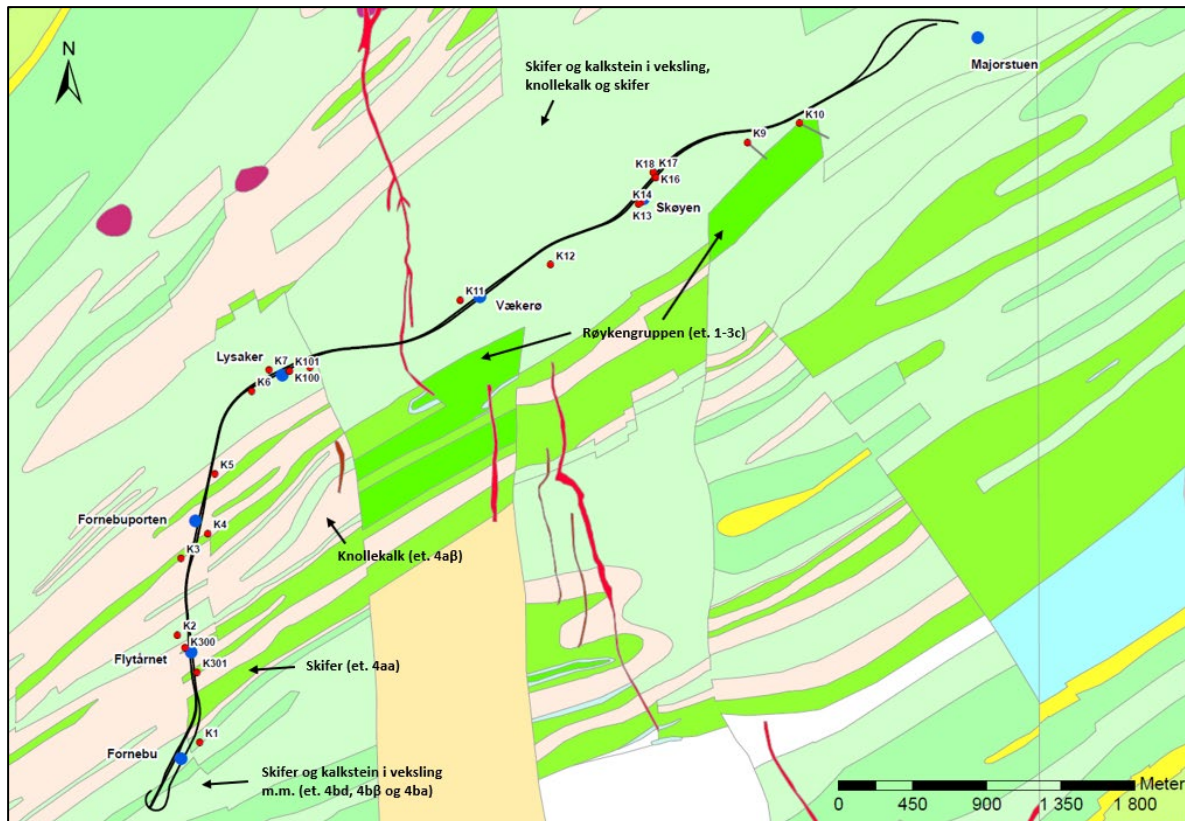
Syredannende berg skal leveres til godkjent deponi, og vil bli håndtert i henhold til utarbeidet instruks [5] og tiltaksplan for syredannende bergarter [14], samt eventuelle føringer fra Statsforvalteren i Oslo og Viken gitt i godkjennelsen av tiltaksplanen.

## Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu

Revisjon: 06G

Dato: 17.11.2021

Side: 10 av 38



Figur 3: Utsnitt av berggrunnskart N50 som viser planlagt trasé for Fornebuibanen. Røde sirkler viser til kjerneborehull og blå sirkler viser stasjonsplassering. Horizontalprojeksjonen av hullbanen for borhull K9 og K10 er vist. Det er bergarter tilhørende Røykengruppen, vist med mørkegrønn farge (etasje 1-3c; kalkstein, knollekalk, skifer, sandstein og konglomerat) som er mulig syredannende.

#### 4. OPPLYSNINGER OM KOMPETANSE

Søknaden gjelder utslipp til vann/luft og håndtering av syredannende berg som stedvis klassifiseres som radioaktivt avfall, på bakgrunn av analysert uraninnhold. Det er ikke krav i forurensningsloven og strålevernforskriften til strålevernskoordinator for Fornebuibanens anleggsvirksomhet.

Byggherreorganisasjonen har tilstrekkelig kompetanse innen strålevern for håndteringen av svartskifer.

#### 5. OPPLYSNINGER OM SKJERMING, SIKKERHETSUTSTYR OG INTERNKONTROLL

I henhold til internkontrollforskriften har arbeidsgiver plikt til å gjennomføre tiltak der arbeidsmiljøet med bakgrunn i kartlegging og risikovurdering ikke er fullt forsvarlig. Valg av tiltak for å redusere radonnivået må vurderes basert på målinger av radioaktivitet i arbeidsområder i tunnelen. På dette tidspunktet er ikke nivåer for forventet radioaktivitet kjent, målinger må utføres ved oppstart av arbeider og underveis i arbeidene i tunnelen.

I byggherrens SHA-plan for prosjektet vil det stilles krav om at entreprenør utfører regelmessige målinger av ventilasjonseffektivitet og luftforurensning i innåndingsluften i arbeidsområder i tunneler og bergrom. Tiltak skal utføres etter behov og i henhold til forskrift om utførelse av arbeid §27-9. I tillegg skal bestemmelser for yrkeseksponering for ioniserende stråling, kapittel IV i Strålevernforskriften etterleves [6].

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 11 av 38

Strålevernforskriften angir at virksomheten skal sørge for at all stråleeksponering holdes så lav som praktisk mulig og at dosegrenser beskrevet i strålevernforskriften §32 ikke overskrides. Effektiv dose for yrkeseksponerte arbeidstakere skal ikke overstige 20 mSv per år. Ved yrkeseksponering i kategori A (ref. strålevernforskriften §31 og §33) skal personell systematisk overvåkes med persondosimetri [6].

Aktuelle tiltak for å redusere konsentrasjonen av radioaktivitet ved tunnelarbeider er ventilasjon, endring av trykkforhold (overtrykksventilasjon) og eventuelt tetting.

Der det er vanskelig å få ned radonkonsentrasjonen til lavere nivåer er også redusert oppholdstid og personlig verneutstyr aktuelle tiltak for å redusere eksponeringen. Personlig verneutstyr (maske) kan redusere inhalasjonen av radondatterprodukter, og dermed begrense stråledosen fra radon til lungene.

Noe mellomlagring av masser må påberegnes. Dette vil foregå inne i tunnelen og vil bli holdt på et minimum, og i hovedsak kun en dag eller over natten for utkjøring påfølgende arbeidsdag. Syredannende berg som tas ut i prosjektet skal leveres til godkjent deponi. Masehåndteringen av syredannende bergarter er nærmere beskrevet i Instruks for masehåndtering av syredannede berg [5].

## **6. OPPLYSNINGER OM RADIOAKTIV FORURENSING OG FOREBYGGING AV FORURENSING**

### **6.1 Syredannende potensial**

Med bakgrunn i Miljødirektoratets veileder M310/2015 "Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter" [1] har Prosjekteringsgruppen Fornebubanen (PGF) gjennomført en kartlegging av syredannende bergarter for hele tunnelstrekningen mellom Fornebu og Majorstuen. Totalt i denne kartleggingen er det gjennomført 22 kjerneboringer. Det ble visuelt identifisert svartskifer/alunskifer i to kjerner (KB9 og KB10). Kjerneboring K9 og K10 ble utført i henholdsvis Skøyenparken og ved Skøyen skole. I tillegg ble det identifisert sulfidmineralisering i seks andre kjerner. Plassering av alle utførte boringer er vist i Figur 3.

Det er tatt ut totalt 22 prøver fra de ulike kjerneboringene som er sendt til kjemisk analyse hvorav det er påvist syredannende bergarter (alunskifer/svartskifer) i fem prøver fra henholdsvis kjerne K9 og K10. For analyserapporter se vedlegg 1. PGFs rapport "Kjerneloggingsrapport – innledende geokjemiske vurderinger av syredannende bergarter" [2] gir en vurdering av de første 11 kjernene som ble boret. I etterkant er det utført 11 nye kjerneboringer. Rapporten har ikke blitt oppdatert med informasjon fra disse boringene da det i forbindelse med kjerneloggingen ikke ble observert materiale som ble ansett å kunne ha syredannende potensiale.

En oversikt over alle analyserte prøver er vist i Tabell 2.

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 12 av 38

Tabell 2 Oversikt over prøver som ut fra en visuell vurdering ble sendt til kjemisk analyse samt målt konsentrasjon av uran i prøvene. Rosa farge viser til steinprøver som iht. til Miljødirektoratets veileder M-310 er å anse som syredannende. Se Figur 3 for plassering av borehull.

Prøveidentifikasjon (uttak av kjerne)	Utvalgskriterier	Bergart	Kote (ca.)	Svovel (% TS)
K1 (20,0-20,34)	Sulfidmineralisering	Gangbergart/syenittpor fyr		0,09
K1 (26,84-27,10)	Sulfidmineralisering	Gangbergart/syenittpor fyr		0,11
K2 (16,0-16,1)	Farge	Massiv leirskifer		0,57
K2 (16,9-17,0)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		0,68
K2 (23,0-23,41)	Farge/ sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		0,65
K2 (42,23-42,70)	Farge/ Sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		0,68
K3 (22,6-22,8) 1b	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		1,35
K3 (22,6-22,8) 2b	Farge/ uten synlig sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		0,56
K3 (28,2-28,4)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		1,48
K3 (31,22-31,61)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		0,18
K3 (107,0-107,30)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		0,22
K4 (73,60-73,82)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		0,53
K4 (102,9-103,05)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer		1,00
K5 (94,3-94,6)	Sulfidmineralisering	Gangbergart/Syenitt		1,05
K5 (105,28-105,53)	Sulfidmineralisering	Skifer og knollekalk		0,34
K5 (139,8-140,0)	Sulfidmineralisering	Diabas		0,71
K7 (103-103,20)	Sulfidmineralisering/farge	Skifer og knollekalk		1,26
K9 (158,0-158,2)	Farge, strek, rissing med kniv, sulfidmineralisering	Svartskifer/alunskifer	16,9-17,9 (moh)	5,90
K9 (166,0-166,10)	Farge, strek, rissing med kniv, sulfidmineralisering	Svartskifer/alunskifer	115-148 (muh)	6,40
K10 (77,10-77,33)	Farge, strek, rissing med kniv, sulfidmineralisering	Svartskifer/alunskifer	12-73 (muh)	3,90
K 10 (93,13-93,35)	Farge, strek, rissing med kniv, sulfidmineralisering	Svartskifer/alunskifer	110-177 (muh)	9,80
K10 (179,80-180)	Farge, strek, sulfidmineralisering	Svart skifer		2,50

Ifølge Miljødirektoratets veileder M-310 [1], kan man ved å beregne skiferens syredannende og nøytraliserende potensial (innhold av svovel sammenlignet med innhold av uorganisk karbon), i tillegg til å se på forholdet mellom jern og svovel i skiferen, få en formening om forvitring av den aktuelle skiferen vil kunne føre til sur avrenning. Ved beregning av det nøytraliserende potensialet og syredannende potensialet antas det at alt uorganisk karbon (TIC) stammer fra karbonater og all svovel antas å stamme fra sulfider.

Det nøytraliserende potensialet (NP) er beregnet ut fra følgende formel:  $NP = 83,33 * \%TIC$

Og det syredannende potensialet (AP) er beregnet ut fra følgende formel:  $AP = 31,25 * \%S$

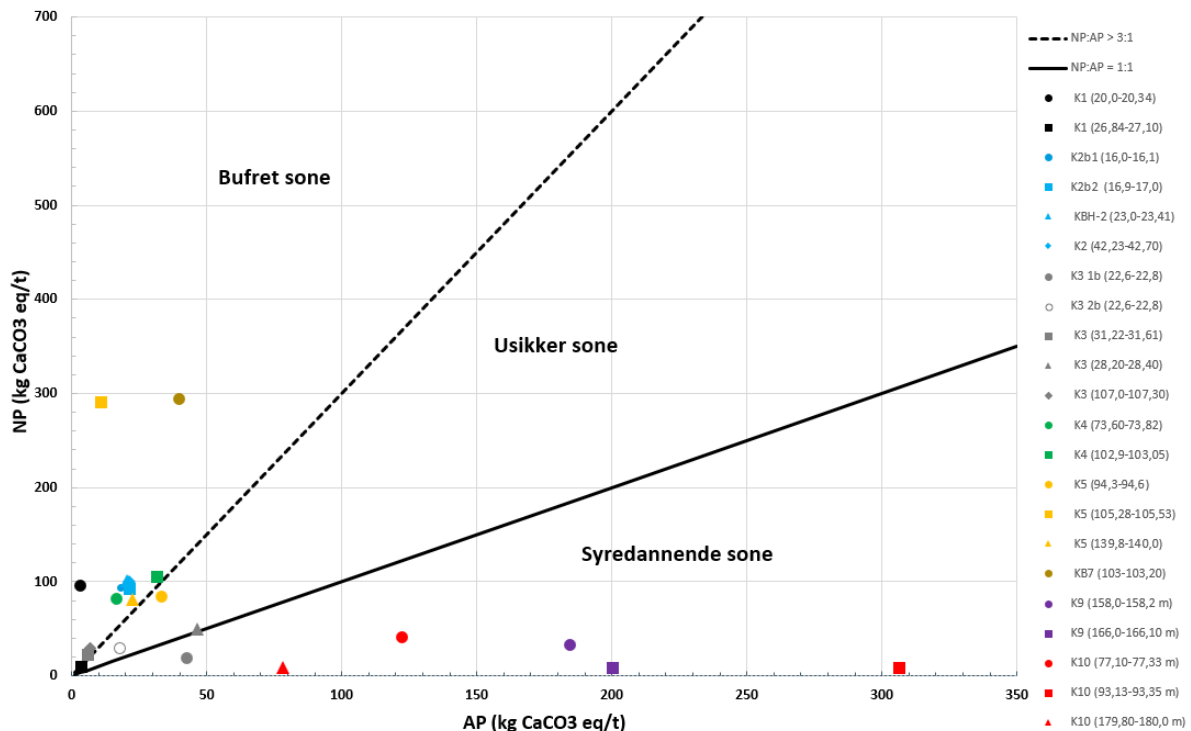
I Figur 4 er alle analyserte steinprøver plottet inn i et AP:NP-diagram. Resultatet viser at prøver fra kjerneboring 9 og 10, og en prøve fra kjerne 3 (K3 1b) er plottet i syredannende sone, mens en annen prøve fra kjerne 3 (K3 28,2-28,4) ligger på grensen mellom usikker sone og syredannende sone.

**Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu**

Revisjon: 06G

Dato: 17.11.2021

Side: 13 av 38



Figur 4: AP-NP diagram som viser alle analyserte prøver. Prøver fra kjerneborehull 9 (K9) og 10 (K10), samt en prøve fra K3 plotter i området for syredannende sone, mens en prøve fra kjerneborehull 3 (dybde 28,2-28,4) ligger på grensen mellom usikker og syredannende sone.

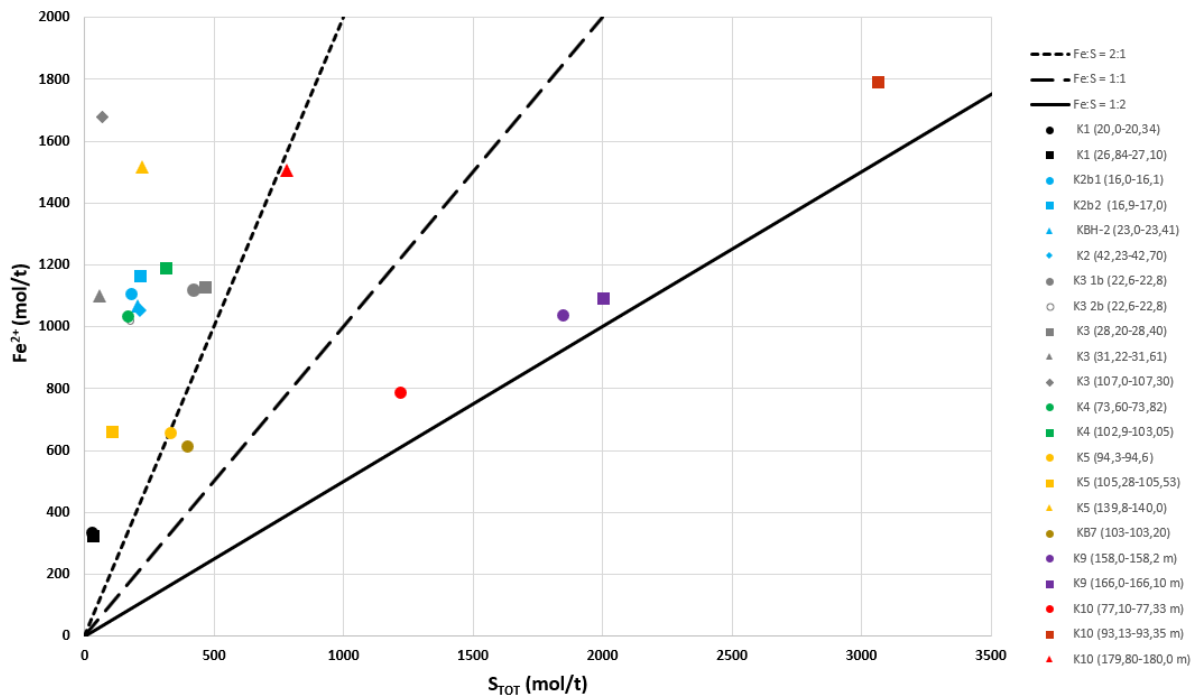
Forholdet mellom jern og svovel i skiferen indikerer om man kan knytte innhold av tungmetaller til sulfider og/eller silikater. Tungmetaller som er bundet i silikater vil ikke kunne frigjøres like lett som de ville kunne gjøre dersom de var bundet i sulfider, denne reaksjonen skjer først ved pH<4. Figur 5 viser Fe:S-forholdet for alle analyserte prøver. De fleste prøvene har et Fe:S-forhold som er større enn 2:1, noe som indikerer at jern og tungmetaller i disse prøvene også er bundet i silikater. Prøvene med høyest syredannende potensial (ref. Figur 4) har et Fe:S-forhold mellom 1:2 og 1:1. Dette indikerer at tungmetallene i disse prøvene er bundet til pyritt (FeS<sub>2</sub>) og andre sulfider. Prøvene fra kjerneborehull 3, som lå i syredannende sone eller på grensen mellom usikker og syredannende sone, har begge et Fe:S-forhold som er større enn 2:1.

# Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu

Revisjon: 06G

Dato: 17.11.2021

Side: 14 av 38



Figur 5: Forholdet mellom Fe og S i mol/t. Resultatene indikerer at tungmetallene fra analyserte prøver i kjerne K9 og K10 er bundet til pyritt og andre sulfider, mens de fleste andre prøver har et Fe:S-forhold >2:1 som indikerer at tungmetallene i disse prøvene også er bundet til silikater.

Analyserte prøver fra kjerne K9 og K10 har, iht. M-310, et høyt syredanningspotensial sammenlignet med nøytraliseringspotensial, og en forvitring av disse prøvene vil kunne føre til syredannelse og utlekking av tungmetaller. I vurdering av forholdstall mellom Fe- og S-innhold viser de samme prøvene verdier som tilsier alunskifer [2].

## 6.2 Innhold av radionuklider og tilhørende radioaktivitet

Masser med en total radioaktivitet på >1 Bq/g defineres som radioaktivt avfall og skal håndteres i henhold til Avfallsforskriftens bestemmelser om radioaktivt avfall. Et uraninnhold på >90 mg/kg indikerer at en burde måle radioaktiviteten for å avgjøre om den overstiger 1 Bq/g [1].

Det er ikke gjennomført målinger av radioaktivitet i prøvene, men konsentrasjonen av uran, thorium og kalium er målt, se Tabell 3. Det er i bergartsprøvene ikke gjort analyser av kalium for prøvene fra kjerne K9 og K10. Gjennomsnittlig verdi for kalium er derfor basert på analyser fra øvrige prøver. Disse verdiene forutsettes tilstrekkelige da gjennomsnittsverdier funnet langs Fornebu-banetraséen er tilsvarende verdier funnet i undersøkelser gjort på syredannende berg/alunskifer gjennomført av Statens Vegvesen på E16 Asbygda – Olum [7]. For uran viser analyseresultatene lave verdier (<10 mg/kg) for prøver fra kjernene K1-K7, mens fire av fem prøver fra kjerne K9 og K10 viser høye verdier (50-140 mg/kg).

Estimert radioaktiv aktivitet i berget er vist i Tabell 3. Aktiviteten er beregnet ved hjelp av den målte konsentrasjon av uran, thorium og kalium i analyserte prøver og konverteringsverdier gjengitt i

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 15 av 38

rapport utgitt av Det internasjonale atomenergibyrået (IAEA) [8]. Konverteringsverdiene er vist i Tabell 4. Se vedlegg 2 for beregninger.

Tabell 3: Prøver tatt ut på Fornebubanen, inkludert målte og estimerte verdier for uran, thorium og kalium. Prøver i rosa er prøver med høyt syredannendepotensial, røde verdier er uranverdier som indikerer en radioaktivitet som kan overstige 1 Bq/g.

Prøveidentifikasjon	Uran	Estimert <sup>238</sup> U	Estimert <sup>238</sup> U	Estimert aktivitet naturlig uran på bakgrunn av verdi og andel av <sup>238</sup> U	Estimert aktivitet på bakgrunn av verdi og andel av <sup>238</sup> U	Thorium	Estimert <sup>232</sup> T	Estimert <sup>232</sup> T	K	Estimert aktivitet <sup>40</sup> K
Analyserapport	mg/kg	Bq/kg	Bq/g	Bq/g	Bq/kg	mg/kg	Bq/kg	Bq/g	mg/kg	Bq/kg
KBH-1 (20,0-20,34)	5,45	67,31	0,07	0,14	140,88	20,20	82,01	0,08	29 221,33	914,63
KBH-1 (26,84-27,10)	5,60	69,16	0,07	0,14	144,75	21,90	88,91	0,09	34 119,22	1 067,93
K2b1 (16,0-16,1)	2,89	35,69	0,04	0,07	74,70	6,65	27,00	0,03	28 640,22	896,44
K2b2 (19,9-17,0)	2,93	36,19	0,04	0,08	75,74	7,04	28,58	0,03	22 995,19	719,75
KBH-2 (23,0-23,41)	2,90	35,82	0,04	0,07	74,96	8,26	33,54	0,03	19 425,54	608,02
KBH-2 (42,23-42,70)	3,36	41,50	0,04	0,09	86,85	8,70	35,32	0,04	23 244,24	727,54
KBH3 1b Kjerneprøver i skifer	5,10	62,99	0,06	0,13	131,83	9,57	38,85	0,04	40 926,46	1 281,00
KBH3 2b Kjerneprøver i skifer	4,58	56,56	0,06	0,12	118,39	10,10	41,01	0,04	39 349,17	1 231,63
KBH-3 (28,20-28,40)	4,58	56,56	0,06	0,12	118,39	8,99	36,50	0,04	31 130,67	974,39
KBH-3 (31,22-31,61)	3,83	47,30	0,05	0,10	99,00	9,46	38,41	0,04	30 715,60	961,40
KBH-3 (107,0-107,30)	0,93	11,45	0,01	0,02	23,96	3,21	13,03	0,01	15 772,87	493,69
KBH-4 (73,60-73,82)	2,87	35,44	0,04	0,07	74,19	9,07	36,82	0,04	22 746,15	711,95
KBH-4 (102,9-103,05)	3,38	41,74	0,04	0,09	87,37	15,60	63,34	0,06	24 655,49	771,72
KBH- 5 (94,3-94,6)	9,57	118,19	0,12	0,25	247,37	33,00	133,98	0,13	53 212,70	1 665,56
KBH-5 (105,28-105,53)	3,69	45,57	0,05	0,10	95,38	7,00	28,42	0,03	23 576,30	737,94
KBH-5 (139,8-140,0)	1,11	13,71	0,01	0,03	28,69	3,81	15,47	0,02	33 372,08	1 044,55
KBH-7 (103-103,20)	1,85	22,85	0,02	0,05	47,82	4,63	18,80	0,02	13 863,53	433,93
K9 (158,0-158,2)	<b>110,00</b>	1 358,50	1,36	<b>2,84</b>	2 843,35	16,00	64,96	0,06	-	-
K9 (166,0-166,10)	<b>140,00</b>	1 729,00	1,73	<b>3,62</b>	3 618,81	16,00	64,96	0,06	-	-
KBH10 (77,10-77,33)	<b>130,00</b>	1 605,50	1,61	<b>3,36</b>	3 360,32	19,00	77,14	0,08	-	-
KBH 10 (93,13-93,35)	50,00	617,50	0,62	<b>1,29</b>	1 292,43	18,00	73,08	0,07	-	-
KBH 10 (179,80-180)	12,00	148,20	0,15	0,31	310,18	52,00	211,12	0,21	-	-
Gjennomsnitt prøver - totalt	23,03	284,40	0,28	0,60	595,24	14,01	56,88	0,06	22 134,85	896,59
Gjennomsnitt prøver med påvist alunskifer - K9 og K10	<b>88,40</b>	1 091,74	1,09	<b>2,29</b>	<b>2 285,02</b>	24,20	98,25	0,10	-	-

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>05G</b>
	Dato: 19.10.2021
	Side: 16 av 38

Tabell 4: Konvertering av konsentrasjoner av radionuklider i berg til spesifikke aktiviteter [8].

	Konverteringsverdier	Enhet	Isotop
1% K i berg	313	Bq/kg	<sup>40</sup> K
1 ppm U i berg	12,35	Bq/kg	<sup>238</sup> U, or <sup>226</sup> R
1 ppm Th i berg	4,06	Bq/kg	<sup>232</sup> Th

### 6.2.1 Uran

Naturlig uran (U-nat) består i hovedsak av tre typer radionuklider; <sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U og <sup>234</sup>U, der <sup>238</sup>U utgjør 99,27%. De øvrige radionuklidene utgjør kun henholdsvis 0,72% (<sup>235</sup>U) og 0,0057 % (<sup>234</sup>U). De tre isotopene har ulike aktivitetsnivå. Selv om <sup>238</sup>U utgjør størstedelen av mengden radionuklider i U-nat, så står <sup>234</sup>U kun for ca. 48% av den totale aktiviteten. Summen av aktivitetsnivåene til disse tre nuklidene utgjør det totale nivået av aktiviteten i 1 gram naturlig uran: 25 767 Bq/g (U) [9]. Tabell 5 viser fordelingen av aktivitet per isotop av naturlig uran.

Tabell 5: Fordeling av aktivitet per isotop av naturlig uran [9].

Uran				
Nuklide	<sup>238</sup> U	<sup>235</sup> U	<sup>234</sup> U	Aktivitet i 1 g U-nat
Aktivitet	12 311	576	12 880	25 767
Enhet	Bq/g	Bq/g	Bq/g	Bq/g
Beregnet andel av total aktivitet	0,47778	0,02235	0,49986	
Andel av 1 gram naturlig uran	0,9927	0,00719	0,000057	

Det er i verdiene for oppgitt aktivitet for <sup>238</sup>U en liten ulikhet mellom Tabell 4 og IRSN's tall (Tabell 5), noe som medfører en liten upresisjon i videre beregninger. Det vurderes likevel at denne upresisjonen vil ha mindre betydning i estimatet som helhet.

På bakgrunn av fordelingsnøkkel mellom de ulike isotopene som utgjør naturlig uran er det videre gjort et estimat av den totale aktiviteten i bergprøvene som er kartlagte.

For bergprøvene som ikke består av alunskifer/svartskifer varierer uraninnholdet mellom 0,93 og 9,57 mg/kg, mens konsentrasjonen i prøvene hvor det er identifisert alunskifer/svartskifer varierer mellom 12,0 og 140 mg/kg. På bakgrunn av prøver med identifisert alunskifer gir det en gjennomsnittverdi på 88,4 mg/kg. Ved bruk av konverteringsverdi i Tabell 4 gir det et gjennomsnitt på 1091,74 Bq/kg, eller 1,09 Bq/g. Det er videre med grunnlag i vektfordelingen og strålingsandelen i de ulike isotopene av 1 gram naturlig uran, estimert at den spesifikke aktiviteten av naturlig uran i alunskiferen mellom Skøyen og Madserud vil være på 2,29 Bq/g, eller 2285 Bq/kg. Se Tabell 3 og vedlegg 2 for beregning. Denne aktiviteten er benyttet i videre beregninger for alle syredannende masser i prosjektet.



Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 17 av 38

### 6.2.2 Thorium

Naturlig thorium består også av flere isotoper der  $^{232}\text{Th}$  står for 99,98% av massen, og tilnærmet 100% av den spesifikke aktiviteten i naturlig thorium. I videre estimering benyttes derfor den spesifikke aktiviteten av  $^{232}\text{Th}$  som den spesifikke aktiviteten av naturlig thorium.

For bergprøvene som er kartlagt uten alunskifer/svartskifer varierer thoriuminnholdet mellom 3,21 og 33,0 mg/kg. Konsentrasjonen av thorium i prøver som er identifisert som alunskifer/svartskifer varierer mellom 9,57 og 52 mg/kg og gjennomsnittsverdien for disse prøvene er 24,20 mg/kg. På bakgrunn av den spesifikke aktiviteten i naturlig thorium vil den estimerte spesifikke aktiviteten av naturlig thorium i alunskiferen mellom Skøyen og Madserud være 98,25 Bq/kg eller 0,1 Bq/g. Se Tabell 3 og vedlegg 2 for beregning. Denne aktiviteten er benyttet i videre beregninger for alle syredannende masser i prosjektet.

### 6.2.3 Kalium

Ca. 0,012% av grunnstoffet kalium består av radionukliden  $^{40}\text{K}$ . Konsentrasjonen av kalium er ikke målt i prøver fra kjerne K9 og K10. Som vist i Tabell 3 varierer innholdet av kalium i analyserte prøver fra 13 863 mg/kg til 53 212 mg/kg, med en gjennomsnittsverdi på 22 135 mg/kg. På bakgrunn av den spesifikke aktiviteten i  $^{40}\text{K}$  (Tabell 4) vil den estimerte spesifikke aktiviteten av  $^{40}\text{K}$  i alunskiferen mellom Skøyen og Madserud være 896,59 Bq/kg, eller 0,9 Bq/g. Se Tabell 3 og vedlegg 2 for beregning. Denne aktiviteten er benyttet i videre beregninger for alle syredannende masser i prosjektet.

## 6.3 Estimering av total radioaktivitet i planlagt alunskifer/svartskifer-uttak

Prosjektet forventer å kunne treffe på syredannende berg/alunskifer mellom Madserud og Skøyen, der traséen kan gå inn i bergarter som tilhører Røykengruppen. For gjeldende regulering er det en pågående prosess for optimalisering av linjer og medfølgende omregulering. Figur 6 viser et utsnitt av utarbeidet bergmodell for prosjektet hvor ny trasé er vist, samt forventet berg med potensiale for syredannelse. På strekningen mellom Skøyen og Majorstua er det i tillegg til alunskifer/syredannende skifer tilhørende Røykengruppen kartlagt diverse etasjer innenfor Oslogruppen (ikke syredannende formasjoner). Nærmeste sone med identifisert syredannende berg/alunskifer, er vist i Figur 7. Utsnittet er hentet fra bergmodellen av prosjektet. Det er forutsatt at 50% av massene fra deler av tunnelen på denne strekningen, der prosjektet vil kunne treffe på bergartsgruppe som er deponeringspliktig, må håndteres som syredannende berg/alunskifer. Dette estimatet tilsvarer ca. 900 m<sup>3</sup>, eller 2 430 tonn med en omregningsfaktor på 2,7. Det er i tillegg lagt til en mengde på 1% for øvrige deler av strekningen mellom Skøyen og Majorstua, noe som tilsvarer 2 481 m<sup>3</sup> eller 6 699 tonn. Totalt vil det gi en estimert mengde syredannende berg på ca. 9 000 tonn mellom Skøyen og Majorstua.

# Søknad til Direktorat for strålevern og atomikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu

Revisjon: 06G

Dato: 17.11.2021

Side: 18 av 38



Figur 6: Forventet lokalisering av alunskifer (grønt område) og tunneltrase, samt tverrslagstunnel og rømningstunnel på Madserud. Røde linjer viser kartlagte svakhetssoner.



Figur 7: Svart ring viser forventet påtreff av syredannende berg i rømningstunnelen. Tverrslagstunnel og rømningstunnel på Madserud er vist med grå linjer, mens tunneltraseen er vist med grønn linje. Grønt område i figuren (både lys og mørkt) viser forventet lokalisering av alunskifer (svart og grønn skifer i lagvis veksling). Røde linjer viser kartlagte svakhetssoner.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 19 av 38

Det er ikke påvist syredannende berg ved kjerneboring gjennom traseen på Vækerø, men det er kjente forekomster i området (Figur 3). Det er derfor inkludert en mindre mengde (2%) syredannende berg i forbindelse med arbeidet mellom Vækerø og Lysaker, noe som tilsvarer ca. 21 000 tonn. Det er i tillegg tatt høyde for en mindre mengde (1%) syredannende berg langs resterende trasé mellom Vækerø og Skøyen, noe som tilsvarer ca. 6 500 tonn.

Totalt er det dermed i videre beregninger antatt at ca. 36 500 tonn masser fra Fornebubanen må leveres til deponi som syredannende berg.

Beregnet total radioaktivitet i skifermassene som skal tas ut i forbindelse med arbeidene med Fornebubanen er ca. 99 800 MBq, som vist i Tabell 6. Se også vedlegg 2 for ytterligere detaljer.

Tabell 6: Beregnet aktivitet fra U-nat, Th-nat og <sup>40</sup>K, og antatt total radioaktivitet i skifermassene som skal tas ut i forbindelse med arbeidene med Fornebubanen.

	Mengde	Enhet	Total Aktivitet U-nat (Bq)	Total Aktivitet Th-nat (Bq)	Total Aktivitet <sup>40</sup> K (Bq)	Totalt (MBq)
Estimert aktivitet på bakgrunn av verdi og andel (Bq/tonn)			2 285 019	98 252	896 592	
Forutsatt deponeringspliktige mengder mellom Skøyen og Majorstua	9 129	tonn	20 859 249 735	896 913 032	8 184 716 918	29 941
Forutsatt deponeringspliktige mengder mellom Vækerø og Lysaker	21 190	tonn	48 419 545 159	2 081 959 880	18 998 778 741	69 500
Forutsatt deponeringspliktige mengder mellom Vækerø og Skøyen	6 521	tonn	14 899 464 097	640 652 166	5 846 226 370	21 386
Totalt Fornebubanen	36 839	tonn				120 828

#### 6.4 Utslipp av radioaktive nuklider til vann

Anleggsvann som har vært i kontakt med syredannende berg vil kunne inneholde radioaktive nuklider, både som løste ioner og suspendert stoff. I videre beregninger av radioaktivitet i anleggsvann er det vannmengder forbundet med drivetiden av den kjente forekomsten av alunskifer mellom Madsrud og Skøyen, 2% av traseen mellom Vækerø og Lysaker, samt 1% av drivetiden på det resterende strekket mellom Vækerø og Majorstua som er medregnet. Bakgrunnen for dette er at det er knyttet stor usikkerhet til disse tallene, mens det videre er vurdert som lite sannsynlig at prosjektet vil treffe på syredannende berg på strekningen mellom Lysaker og Fornebu.

Alunskifer er en svært skifrig bergart som lett lar seg knuse. Tunneldriving i en slik bergart vil derfor kunne føre til produksjon av mye finstoff fra sprenging og fra mekanisk påvirkning fra lasting/omlasting. Finstoffet vil kunne blande seg med anleggsvannet i tunnelen og noe av dette vil følge med det rensede anleggsvannet ut fra anlegget. Anleggsvannet fra tunneldrivingen som vil oppstå på strekningen mellom Skøyen og Majorstua skal pumpes til VEAS' nett og videre til kommunalt renseanlegg. VAV har i sin tillatelse [3] satt en grenseverdi for suspendert stoff på 200

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: 06G
	Dato: 17.11.2021
	Side: 20 av 38

mg/kg. Tunneldrivevann fra strekningene Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø skal slippes til Lysakerfjorden på 20 meters dyp via sjøledning i henholdsvis Lysakerelva og Hoffselva. Statsforvalteren i Oslo og Viken har satt en grense på 100 mg/kg suspendert stoff for utslipp til sjø [4]. Både uran, thorium og kalium vil kunne følge med anleggsvannet som suspendert stoff videre ut i miljøet.

Dersom fersk utsprengt skifer blir liggende med tilgang til fuktighet og oksygen er det en risiko for at en forvittringsprosess vil starte opp. Dette vil kunne føre til sur avrenning (såkalt *Acid Rock Drainage*) med påfølgende oppløsning av skiferen og utlekking av metaller og radionuklider. Det tar noe tid før en slik reaksjon starter opp, og det er derfor bestemt at syredannende/mulig syredannende berg ikke kan mellomlagres lengre enn åtte uker. Enkelte metaller, slik som f.eks. arsen, kadmium, uran og sink, er mobile selv ved nøytral pH. Det er derfor viktig å begrense eksponeringstiden til vann for å begrense utlekkingen av uran.

Det vil bli benyttet prosessvann til tunneldrivingen og man må også forvente en del innlekkasjevann under arbeidet. I tillegg, vil det bli benyttet vann som et støvdempende tiltak i forbindelse med sprengningsarbeidene på stoff. Eventuell avrenning fra prosessvann og vanning vil fanges opp av drenerende grøfter i tunnelen og ledes til etablert renseanlegg.

Det er ikke planlagt åpne byggegroper i området med alunskifer, bidrag fra nedbør vil derfor ikke være relevant.

Det er for prosjektet Fornebubanen ikke utført egne utlekkingsforsøk (ristetester og/eller kolonnetester) på steinprøver. For å kunne beregne mengden radionuklider som vil kunne løses opp i anleggsvannet er det i videre beregninger benyttet data fra ristetester utført i forbindelse med prosjektet E16 Åsbygda-Olum [7] samt resultater fra kolonneforsøk utført av en masterstudent ved UiO [10] på materiale fra borkjerner fra arbeidet med E16. Ristetester ble utført på 13 prøver med en gjennomsnittskonsentrasjon av uran på 106 mg/kg, mens kolonnetester ble utført på materiale fra to borkjerner som hadde en gjennomsnittskonsentrasjon av uran på 184 mg/kg. Analyserte prøver fra Fornebubanen har til sammenligning en gjennomsnittskonsentrasjon av uran på ca. 88 mg/kg. Statens Vegvesen brukte videre i sine beregninger en gjennomsnittskonsentrasjon av utlekket uran fra gjennomførte ristetester (5,2 µg/l) som estimert minimumskonsentrasjon. Gjennomsnittskonsentrasjonen av utlekket uran fra fire kolonnetester (16,5 µg/L) ble benyttet som maksimumsverdi i videre beregninger. Påvist urankonsentrasjon i prøver fra Fornebubanen er mindre enn 50% av uraninnholdet i materiale brukt i kolonnetestene. Man kan anta at utlekkingen av uran er proporsjonal med konsentrasjonen (Erstad, pers. komm.). Vi har derfor valgt å benytte en maksimumsverdi på 8,3 µg/L (50% av 16,5 µg/L) og minimumsverdi på 5,2 µg/L i videre beregninger. Se vedlegg 2 for detaljerte utregninger.

#### 6.4.1 Utslipp av radionuklider løst i vann

Løseligheten til Th-nat og <sup>40</sup>K er svært lave (neglisjerbare). Derfor er beregning av aktiviteten til løste radionuklider i anleggsvann kun gjort for uran. Som beskrevet tidligere er beregning av aktiviteten til U-nat basert på resultater fra utførte riste- og kolonnetester, konverteringsverdi gitt i Tabell 4 og fordeling av aktivitet per isotop av naturlig uran vist i Tabell 5.

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 21 av 38

Det er i traséen påvist alunskifer i et ca. 60 meter langt strekke mellom Skøyen og Madserud, se figur 7. Det er videre estimert at 50% (900 m<sup>3</sup>) av massene på denne 60 meter lange strekningen må håndteres som syredannende berg. På bakgrunn av dette forutsettes det videre at 50% av vannet fra driveperioden i aktuelt berg inneholder utslipp fra syredannende berg. Forventet drivetid for disse 60 meterne er 4 uker.

For resten av strekket mellom Skøyen og Majorstua er det antatt at 1% av massene vil kunne være syredannende og videre at 1% av drivetiden vil kunne være i syredannende berg. Planlagt drivetid av dette strekket er 18 måneder og 1% vil da utgjøre ca. 1 uke (0,78 uker).

For strekningen mellom Vækerø og Lysaker er det antatt at 2% av massene vil kunne være syredannende og forenklet at 2% av drivetiden dermed vil kunne være i syredannende berg. Planlagt drivetid av dette strekket er 16,5 måneder og 2% vil da utgjøre ca. 1,5 uker.

For strekningen Vækerø-Skøyen er estimert drivetid 52 uker. Dette gir en antatt periode for driving i syredannende berg på ca. 0,5 uker.

Estimerte vannmengder for tidsperioden hvor det er antatt arbeid i syredannende masser (totalt 5 uker) er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Beregnet total vannmengde for alle tunnelstrekker i perioder med driving i antatt syredannende berg.

Plassert renseanlegg (trasè)	Drivetid i syredannende berg (uker)	Mengder				
		Innlekkasje tunnel (L/s)	Drivevann (L/s)	Påboret vann (L/s)	Sum estimert anleggsvann (L/s)	Estimert total mengde vann med syredannende berg (L)
Madserud (rømningstunnel)	2	0,48	1,93	0,22	2,63	3 179 400
Madserud (Madserud-Skøyen)	0,5	0,48	1,93	0,22	2,63	794 850
Madserud (Madserud-Majorstua)	0,5	0,29	1,93	0,22	2,44	738 150
Lysaker (Lysaker-Vækerø)	1,5	0,48	1,93	0,22	2,63	2 384 550
Skøyen (Skøyen-Vækerø)	1	0,54	1,93	0,22	2,69	1 627 500
<b>Sum</b>						<b>8 724 450</b>

Beregnet minimum- og maksimum mengde løste radionuklider i anleggsvannet for 5 ukers driveperiode i syredannende berg er vist i Tabell 8.

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 22 av 38

Tabell 8: Beregning av oppløste radionuklider som vil kunne følge med anleggsvannet ut av anlegget fordelt på de tre aktuelle utslippspunktene.

Uran løst i vann	Enhet	U-nat	
		Min	Maks
Konsentrasjon U	mg/kg	0,0052	0,00825
Aktivitet per l vann	Bq/L	0,134351	0,213154
Madserud (Påslipp til VEAS)	Bq	633 118	1004466
Skøyen (Utslipp til Lysakerfjorden via sjøledning i Hoffselva)	Bq	218 657	346 908
Lysaker (Utslipp til Lysakerfjorden via sjøledning i Lysakerelva)	Bq	320 368	508 276
Total drivetid (5 uker)	Bq	1 172 143	1 859 649

#### 6.4.2 Utslipp i forbindelse med suspendert stoff.

Radionuklider vil kunne spres ved at partikler følger med rensset anleggsvann ut av anlegget. Som beskrevet i kap. 6.4 har VAV satt en grenseverdi på 200 mg/l suspendert stoff for anleggsvann som skal pumpes til kommunalt nett og videre til kommunalt renseanlegg [3]. For Lysakerfjorden har Statsforvalteren i Oslo og Viken satt en grense på 100 mg/kg for suspendert stoff [4]. Entreprenør skal sette opp renseanlegg som tilfredsstillende de gitte kravene. I beregningen av mengde partikulært bundne radionuklider (enten absorbert i eller adsorbert på partikler) antas det at rensset anleggsvann har et partikkelinnhold lik de gitte grenseverdiene på suspendert stoff. Videre er det antatt at konsentrasjonen av uran, thorium og kalium vil være tilsvarende i partiklene som målt i steinprøvene. Beregnede konsentrasjoner av uran, thorium og kalium i rensset anleggsvannet fra Madserud, Skøyen og Lysaker er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Estimert konsentrasjon av uran, thorium og kalium i anleggsvannet som følge av konsentrasjonen av elementene i suspendert stoff ved et innhold av suspendert stoff på henholdsvis 200 og 100 mg/l. Konsentrasjonene i fast stoff er hentet fra Tabell 3.

Utregning		U		Th		K	
		Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks
Konsentrasjon i fast stoff (mg/kg)		88,40	140,00	24,20	52,00	22 135	53 213
Madserud (200 mg/kg suspendert stoff)	Konsentrasjon i vann som følge av partikulært materiale (µg/l)	17,68	28,00	4,84	10,40	4 427	10 643
Lysaker og Skøyen (100 mg/kg suspendert stoff)		8,84	14,00	2,42	5,20	2 213	5 321

Bidrag til aktivitet fra partikulært materiale er beregnet for U-nat, Th-nat og <sup>40</sup>K basert på konsentrasjonen av de ulike metallene i analyserte steinprøver (Tabell 9), vannmengde for estimert drivetid i syredannende berg (Tabell 7) og konverteringen vist i Tabell 4. Resultatene er vist i Tabell 10. Den største bidragsyteren til radioaktivitet knyttet til innhold i suspendert stoff er U-nat som står for ca. 70% av aktiviteten. Kalium-40 står for ca. 26% og Th-nat for ca. 4%.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 23 av 38

Tabell 10: Beregning av aktiviteten knyttet til suspendert stoff i anleggsvann for hele tunneldrivetiden for partikulært U-nat, Th-nat og <sup>40</sup>K basert på gjennomsnitts- og maksimumskonsentrasjoner. Mengdene er fordelt på sine respektive renseanlegg (utslippspunkter).

Partikulært		Enhet	U-nat		Th-nat		K-nat	
			Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks
<b>Madserud (VEAS)</b>	Konsentrasjon	mg/kg	0,018	0,028	0,005	0,010	4,427	10,643
	Aktivitet	Bq/kg	0,457	0,723	0,020	0,042	0,139	0,333
	<b>Total mengde</b>	<b>Bq</b>	<b>2 152 601</b>	<b>3 409 096</b>	<b>92 601</b>	<b>198 976</b>	<b>652 970</b>	<b>1 569 755</b>
<b>Skøyen (Lysakerfjorden)</b>	Konsentrasjon	mg/kg	0,009	0,014	0,002	0,005	2,21	5,32
	Aktivitet	Bq/kg	0,23	0,36	0,0098	0,0211	0,069	0,167
	<b>Total mengde</b>	<b>Bq</b>	<b>371 717</b>	<b>588 692</b>	<b>15 991</b>	<b>34 360</b>	<b>112 757</b>	<b>271 069</b>
<b>Lysaker (Lysakerfjorden)</b>	Konsentrasjon	mg/kg	0,009	0,014	0,002	0,005	2,213	5,321
	Aktivitet	Bq/kg	0,228	0,362	0,0098	0,0211	0,069	0,167
	<b>Total mengde</b>	<b>Bq</b>	<b>544 625</b>	<b>862 529</b>	<b>23 429</b>	<b>50 343</b>	<b>165 207</b>	<b>397 161</b>
<b>Totalt Fornebubanen</b>		<b>Bq</b>	<b>3 068 943</b>	<b>4 860 317</b>	<b>132 020</b>	<b>283 679</b>	<b>930 933</b>	<b>2 237 985</b>

#### 6.4.3 Totalt utslipp og oppsummering

Planlagt drivetid av tunnelen mellom Lysaker og Majorstua fordeler seg over tre år:

- Lysaker-Vækerø: Fra mai 2022 til august 2024
- Vækerø-Skøyen: Fra januar 2023-mars 2024
- Skøyen-Majorstua: Fra februar 2023 til juli 2024

Estimert mengde radionuklider som vil følge med rensset anleggsvann, både som løst stoff og som partikulært materiale, til kommunalt spillvannnett og til Lysakerfjorden er vist i Tabell 11. Utslipet er basert på at vannet inneholder henholdsvis 200 mg/l og 100 mg/l suspendert stoff iht. tillatelser og at alt utslipp av Th-nat og <sup>40</sup>K vil være partikkelbundet. Utslipet vil komme i enkeltperioder ved påtreff av alunskifer eller annet syredannende berg, men tallet er gitt i gjennomsnitt per år.

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 24 av 38

Tabell 11: Estimert totalt utslipp av radionuklider for hele Fornebuområdet i perioden 2022-2024 basert på en total vannmengde på 8 700 m<sup>3</sup>.

Utslippspunkt	Radionuklide	Konsentrasjon (µg/L)		Spesifikk aktivitet (Bq/g)		Total aktivitet i anleggsfasen (Bq)	
		Løst	Partikler	Løst	Partikler	Løst	Partikler
Utslipp til kommunalt spillvannnett	U-nat	8,25	28,00	2,13E-04	7,23E-04	1 004 466	3 409 096
	Th-nat	-	10,40	-	4,22E-05	-	198 976
	<sup>40</sup> K	-	10 643	-	3,33E-04	-	1 569 755
Utslipp til sjø via sjøledning i Hoffselva	U-nat	8,25	14,0	2,13E-04	3,62E-04	346 908	588 692
	Th-nat	-	5,20	-	2,11E-05	-	34 360
	<sup>40</sup> K	-	5 321	-	1,67E-04	-	271 069
Utslipp til sjø via sjøledning i Lysaker	U-nat	8,25	14,0	2,13E-04	3,62E-04	508 276	862 529
	Th-nat	-	5 321	-	2,11E-05	-	50 343
	<sup>40</sup> K	-	5 321	-	1,67E-04	-	397 161

Forskrift om radioaktiv forurensning og avfall, vedlegg 2 har grenseverdier for utslipp av radionuklider som vist i Tabell 12.

Tabell 12: Grenseverdier fra forskrift om radioaktiv forurensning og avfall, vedlegg 2.

Radionuklide	Spesifikk aktivitet (Bq/g)	Total aktivitet i anleggsfasen (Bq/år)
U-nat	1	100
Th-nat	1	100
<sup>40</sup> K	10	10 000

Tabell 13 viser en oversikt over beregnet årlig utslipp fra hvert av de tre utslippspunktene for perioden 2022-2024. Den spesifikke aktiviteten i anleggsvannet er lavere enn grensen gitt i forskrift om radioaktiv forurensning, vedlegg 2, se tabell 12, for alle nuklidene, men grensen for total aktivitet overskrides for både U-nat, Th-nat og <sup>40</sup>K. Det søkes derfor om tillatelse til påslipp av radionuklider som vist i Tabell 12 for perioden 2022-2025.



Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 25 av 38

Tabell 13 Utslipp det søkes tillatelse for i årene 2022-2024, basert på utslipp av en total vannmengde på 8 700 m<sup>3</sup>.

År	Utslippspunkt	Vannmengde (m <sup>3</sup> )	Radionuklide	Spesifikk aktivitet (Bq/g)		Total aktivitet per år (Bq)	
				Løst	Partikler	Løst	Partikler
2022	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat		7,04E-06		16 781
			<sup>40</sup> K		5,55E-05		132 387
	<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>795</b>				<b>169 425</b>	<b>436 677</b>
2023	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat		7,04E-06		16 781
			<sup>40</sup> K		5,55E-05		132 387
	Utslipp til sjø via sjøledning fra Skøyen	814	U-nat	1,07E-04	1,81E-04	173 454	294 346
			Th-nat		1,06E-05		17 180
			<sup>40</sup> K		8,33E-05		135 535
	Utslipp til kommunalt spillvannnett	2356	U-nat	1,07E-04	3,62E-04	502 233	1 704 548
			Th-nat		2,11E-05		99 488
			<sup>40</sup> K		1,67E-04		784 877
	<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>3965</b>				<b>845 112</b>	<b>3 472 651</b>
2024	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat		7,04E-06		16 781
			<sup>40</sup> K		5,55E-05		132 387
	Utslipp til sjø via sjøledning fra Skøyen	814	U-nat	1,07E-04	1,81E-04	173 454	294 346
			Th-nat		1,06E-05		17 180
			<sup>40</sup> K		8,33E-05		135 535
	Utslipp til kommunalt spillvannnett	2356	U-nat	1,07E-04	3,62E-04	502 233	1 704 548
			Th-nat		2,11E-05		99 488
			<sup>40</sup> K		1,67E-04		784 877
	<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>3965</b>				<b>845 112</b>	<b>3 472 651</b>

## 7. OPPLYSNINGER OM HÅNDTERING AV RADIOAKTIVT AVFALL OG TILTAK MOT SPREDNING

### 7.1 Generelt

Generelt i entreprisene forebygges spredning av forurensning ved å:

- Følge godkjent tiltaksplan for syredannende bergarter ved tunneldriving [14], utslippstillatelse, utarbeidet instruks og øvrige krav fra miljømyndighetene.
- Syredannende berg skal ikke blandes med rene masser
- Bruke minst mulig vann i arbeid med alunskifer.
- Redusere mengde vann som kommer i kontakt med alunskifer så langt det er mulig.
- Redusere lengden på mellomlagring av alunskifer så langt det er mulig.
- Det vil være lite rom for mellomlagring av masser i prosjektet. Mellomlagring vil kun være aktuelt for masser som blir utsprengt i helga når mottakene har stengt. Mellomlagring vil kun skje inne i tunnelen. Syredannende masser vil derfor bli transport direkte fra tunnelen til godkjent mottak.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 26 av 38

- Ha et velfungerende renseanlegg som holder tilbake suspenderte partikler. Prosedyrer for drift og vedlikehold av renseanlegg følges daglig.
- Overvåke og iverksette tiltak om nødvendig.
- Ha god beredskap for hendelser som kan forårsake spredning av forurensning.

## 7.2 Vannhåndtering og renseanlegg

Arbeidene på Fornebubanen vil i hovedsak foregå i tunnel, hvor områder med dagsoner er begrenset til noen av stasjonene, tunnelpåslag og adkomster til hovedarbeidene. Tunnelarbeidene vil gi tilslag av både innlekkasje av grunnvann (innlekkasjevann) og tunneldrivevann som skal håndteres i renseanlegget. Dette vannet kan dra med seg partikler og ioner, som kan inneholde spor av radioaktivitet fra alunskifer/svartskifer som er eksponert på grunn av anleggsaktiviteten. Anleggsvann fra anleggsarbeidene, samt innsig av grunnvann og overflatevann skal ledes til renseanleggene. Prosjektet vil ha flere renseanlegg med ulike ut-/påslippspunkter, de mest relevante er omtalt i dette dokumentet.

For arbeidene mellom Lysaker og Vækerø skal anleggsvannet ledes til renseanlegget på Lysaker, før det ledes via en sjøledning i Lysakerelva til 20 meters dyp i Lysakerfjorden/Bestumkilen. Det er derfor inkludert estimat av vannmengder med utslipp av søknadspliktige radionuklider i forbindelse med tunnelarbeidene mellom Vækerø og Lysaker. I likhet med massehåndteringen er det forutsatt at 2% av vannmengdene vil medføre utslipp av søknadspliktige radionuklider.

Anleggsvann fra drivingen av tunnel mellom Skøyen og Vækerø skal håndteres på Skøyen og ledes til 20 meters dyp i Lysakerfjorden via sjøledning i Hoffselva. I likhet med massehåndteringen er det forutsatt at 1% av vannmengdene vil medføre utslipp av søknadspliktige radionuklider.

Alt anleggsvann som produseres på tunnelstrekningen mellom Majorstuen og Skøyen vil behandles i renseanlegg på Madserud og ledes til kommunale ledninger som fører til VEAS' renseanlegg. Renseanlegget på Majorstuen vil kun håndtere byggegropsvann (ikke tunneldrivevann) som etter rensing vil ledes til Frognerelva [4]. For vannmengder med utslipp av søknadspliktige radionuklider er derfor vannmengdene estimert i forbindelse med tunnelarbeidene mellom Majorstua og Skøyen. I likhet med massehåndteringen er det forutsatt at 1% av vannmengdene vil medføre utslipp av søknadspliktige radionuklider i tillegg til drivingen gjennom kjent alunskiferområde på Madserud.

Renseanleggene vil ha flere sedimenteringskamre. Sedimentasjonsbasseng og renseanleggets viktigste funksjoner, er å holde tilbake partikler og justere pH. De suspenderte partiklene skal sedimenteres i anlegget for å redusere partikkelutslipp til kommunalt nett/resipient. Dette for å sikre at vann som slippes ut fra anlegget er innfor grenseverdier gitt av VAV [3] og Statsforvalteren [4]. pH og partikkelinnhold (målt som turbiditet) i rensed anleggsvann vil bli logget kontinuerlig. Ved overskridelser av gitte grenseverdier skal anleggsvann automatisk omdirigeres og føres tilbake til renseanlegg for ytterligere rensing før ny kontroll og evt. utslipp/påslipp. Slam fra renseanlegget blir samlet opp, og fjernet fra renseanlegget ved behov. Det oppsamlede slammet blir levert til godkjent deponi.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 27 av 38

### 7.3 Masser og deponering

Masser med en total radioaktivitet på >1 Bq/g defineres som radioaktivt avfall og skal håndteres i henhold til Avfallsforskriftens bestemmelser om radioaktivt avfall. Et uraninnhold på >90 mg/kg indikerer at massene kan være radioaktive (Miljødirektoratet, M310/2015), og en burde måle om massen skal klassifiseres som radioaktivt avfall. Estimerte tall tilsier at alunskiferen/svartskiferen mellom Madserud og Skøyen har en gjennomsnittskonsentrasjon av uran på 88,4 mg/kg som tilsvarer en estimert radioaktiv aktivitet på 2,29 Bq/g for naturlig uran (U-nat). Massene må derfor håndteres som radioaktivt avfall med mindre spesifikke målinger tilsier noe annet.

I Fornebubanen er det besluttet at alt av syredannende berg skal håndteres i henhold til instruks for håndtering av syredannende berg [5] og tiltaksplan for syredannende bergarter [14]. Det vil si at massene skal vurderes og håndteres iht. Miljødirektoratets veileder M310 og M385 og leveres til godkjent deponi.

Alunskiferen skal sendes til deponi som har tillatelse til å ta imot slike masser. Alunskiferen skal håndteres som beskrevet i dette dokumentet og i vedlagt instruks for håndtering av alunskifer [5]. Massene vil også bli deklartert iht. skjema godkjent av DSA.

## 8. MILJØRISIKOVURDERING AV UTSLIPP AV RADIOAKTIVE STOFFER

Det er gjennomført en miljørisikovurdering av utslipp av radioaktive stoffer og påvirkningen dette kan ha på biota i nærhet til anleggsarbeidet og utslippspunktene. Gjennomført miljørisikovurdering beskriver identifiserte risikoer og problemstillinger, eksisterende barrierer samt risikoreduserende tiltak. For å vurdere konsekvens av radioaktivt opptak i biota er beregningsverktøyet ERICA Assessment tool benyttet.

### 8.1 ERICA ASSESSMENT - VURDERING AV ØKOLOGISK EFFEKT AV RADIOAKTIV STRÅLING PÅ RESIPIENT

ERICA Assessment Tool er et verktøy som beregner den økologiske effekten av radioaktiv stråling i terrestrisk, ferskvanns- og marint miljø. Verktøyet beregner transporten av radionuklider i miljøet, estimerer doser til biota fra intern og ekstern distribusjon av radionuklider og klassifiserer doseratene som organismene mottar som enten neglisjerbar, potensiell bekymring eller bekymringsverdig.

I beregningsverktøyet er vurderingen delt inn i tre nivåer hvor nivå 1 er en konservativ tilnærming hvor man trenger lite input-data. Ved nivå 1 benytter programvaren den oppgitte aktiviteten til aktuelle isotoper og sammenligner med den mest utsatte referanseorganismen. Dersom nivå 1 viser at strålingen kan ha en negativ effekt på biota er det nødvendig å gå videre til nivå 2 og eventuelt nivå 3. Dette er mer stedsspesifikke risikovurderinger som trenger mer input-data.

8.1.1 Utført ERICA beregning - Nivå 1 - Tunnelstrekken Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø  
Siden det ikke er påvist syredannende berg i kjerneprøver mellom Lysaker og Skøyen er den høyeste målte konsentrasjonen av uran og thorium i kjerneprøver i prosjektet benyttet, hhv. (fra Madserud).

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 28 av 38

Dette innebærer at det i beregningene legges til grunn svært høye konsentrasjoner av radionuklider, vurderingene anses derfor som konservative.

Beregnet vannmengde for de to tunnelstrekke Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø er svært like (Tabell 7) og grenseverdien for suspendert stoff i rensset anleggsvann som føres i sjøledninger til sjø er ved begge utslippspunktene 100 mg/L. Det er derfor kun utført én beregning som kan benyttes til å vurdere utslippene fra sjøledningen fra både Lysaker (tunnelstrekke Lysaker-Vækerø) og Skøyen (tunnelstrekke Skøyen-Vækerø).

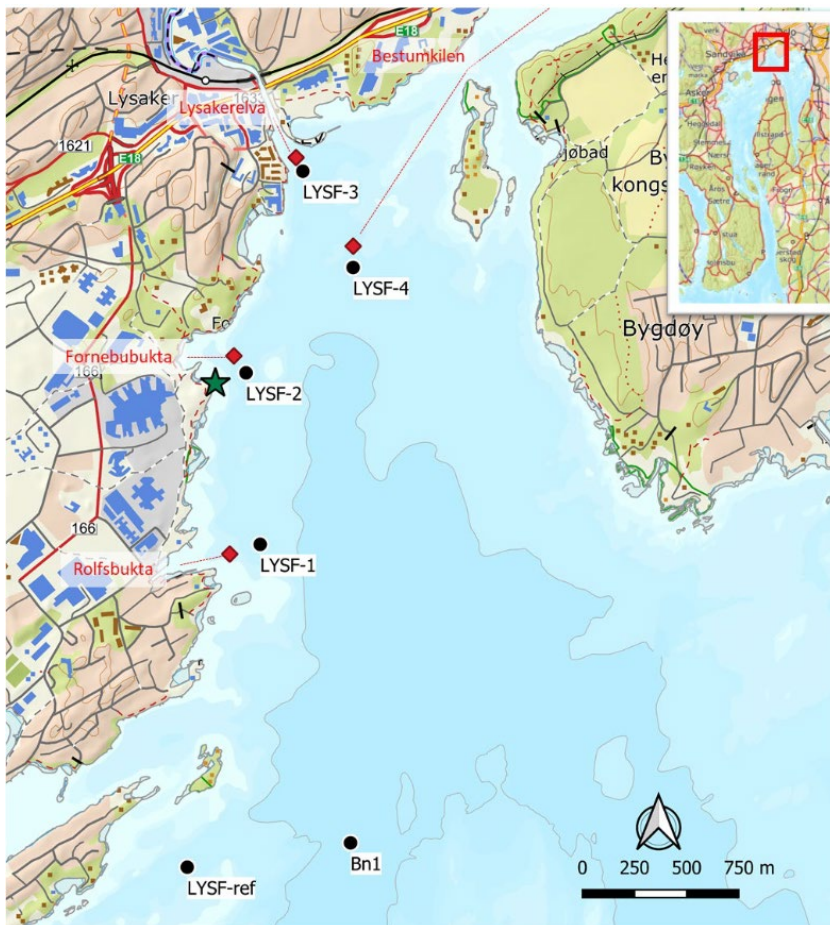
Aktiviteten til radionuklidene fra suspendert stoff i anleggsvannet er beregnet ut fra den høyeste målte konsentrasjonen av uran og thorium i steinprøver, hhv. 140 mg/kg og 52 mg/kg (Tabell 9). Isotopen <sup>40</sup>K er ikke inkludert i ERICA-databasen. Som diskutert i kap. 6.4.1 er løseligheten til Th-nat i vann neglisjerbar og det er derfor kun aktiviteten til løst uran som er benyttet i vurderingen sammen med aktiviteten fra suspendert stoff. Benyttet vannmengde i beregningen er 2,7 L/s (Tabell 7). Siden anleggsvannet føres til 20 meters dyp i sjø er beregningen utført for et marint økosystem og medium aktivitetskonsentrasjon er basert på IAEAs SRS-19 modell for kyst. Mengden av mottatt og absorbert stråling (dvs. absorbert dose) hos et individ måles i enheten Gray (Gy) og programmets forslag til screening dose rate på 10 µGy/t ble valgt. Utslipp fra sjøledningen ved Lysaker skjer ca. 70 meter fra land, mens sjøledningen fra Skøyen ligger ca. 440 meter fra land, se Figur 7. I beregningen er avstanden mellom utslippspunkt og kyst satt til 70 meter og avstanden til mulig mottaker er satt til 150 meter (korteste mulighet i programmet).

# Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu

Revisjon: 06G

Dato: 17.11.2021

Side: 29 av 38



Figur 7 Oversikt over prosjektets utslippspunkter (røde firkanter) og prøvetakingsstasjoner (sorte punkter) i Lysakerfjorden. Plassering av utslippspunktene for sjøledningen fra Lysaker og Skøyen ligger henholdsvis rett ved prøvetakingsstasjonene LYSF-3 og LYSF-4.

Beregnet utslippsrate (Bq/s) av aktuelle radionuklider (Tabell 5; kap. 6.2.2) er vist i Tabell 14 og beregnet risikokoeffisient er vist i Tabell 15.

Tabell 14 Beregnet utslippsrate (Bq/s) av aktuelle radionuklider ved en utslipphastighet på 2,7 L/s og et innhold av suspendert stoff på 100 mg/L.

Radionuklide	238U (Bq/s)	235U (Bq/s)	234U (Bq/s)	232Th (Bq/s)
Oppløst i vann, kun uran (16,5 µg/L)	0,55	0,026	0,58	-
Suspendert stoff (140 mg/kg U og 5,2 mg/kg Th)	0,47	0,022	0,49	0,057
<b>Sum utslippsrate (løst og som ss)</b>	<b>1,02</b>	<b>0,05</b>	<b>1,06</b>	<b>0,06</b>

Tabell 15 Risikokoeffisient for eksponering av biota.

Radionuklide	Risikokoeffisient	Begrensende organisme
<sup>232</sup> Th	2,74E-02	Planteplankton
<sup>234</sup> U	4,76E-04	Flerbørstemark
<sup>235</sup> U	2,10E-05	Flerbørstemark
<sup>238</sup> U	4,12E-04	Flerbørstemark
<b>Summert risikokoeffisient</b>	<b>2.83E-02</b>	

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 30 av 38

De to tunnelstrekningene (Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø) skal i hovedsak drives samtidig. Avstanden mellom utslippspunktene er ca. 520 meter, men siden det er samme resipient er det viktig å vurdere det totale utslippet. Når begge tunnelene drives samtidig vil utslippet av anleggsvann være ca. 5,4 L/s. Dette vil gi en dobling av risikokoeffisienten som da vil bli 0,0567.

#### 8.1.1.1 Konklusjon

Beregningen viser at utslipp av anleggsvann med et innhold på maksimum 100 mg/L suspendert stoff bestående av alunskifer med et uran- og thoriuminnhold på henholdsvis 140 og 52 mg/kg, ikke vil ha signifikant påvirkning på det marine miljøet ved utslipp til sjøledningene. Dette gjelder også når tunnelstrekkingen Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø drives samtidig.

Summert risikokoeffisient for strekningene Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø er under 1 og indikerer dermed å ha en neglisjerbar effekt på miljøet. Det er i tillegg svært lite trolig at utslippsraten av radionuklider vil være så høye som input-dataene viser da det ikke er påvist syredannende berg på tunnelstrekningen Skøyen-Lysaker og fordi innholdet av suspendert stoff i rensset tunnelvann som oftest er langt lavere enn den gitte grenseverdien på 100 mg/L.

Det er ikke utført en spesifikk miljørisikovurdering ved bruk av Erica Assessment tool for påslipp til VEAS. Utslippsraten til VEAS vil være den samme som benyttet i ERICA-vurderingen for Lysaker og Skøyen. I beregningene ble høyeste påviste konsentrasjon av uran, thorium og kalium benyttet. Summert risikokoeffisient for strekningene Lysaker-Vækerø og Skøyen-Vækerø er under 1 og indikerer dermed å ha en neglisjerbar effekt på miljøet. Basert på denne beregningen anses det som lite sannsynlig at et utslipp til VEAS og videre til resipient (som også er sjø) vil kunne ha en negativ effekt på miljøet. I tillegg vil anleggsvannet via VEAS-anlegget bli svært fortynnet i prosessen.

## 8.2 VURDERING AV MILJØRISIKO FRA RADIOAKTIV STRÅLING FOR ANLEGGSDRIFT

### 8.2.1 Akseptkriterier og risikomatrix for utslipp av radioaktive stoffer fra anleggsområder

I denne vurderingen er det benyttet en 5-delt skala for gradering av sannsynlighet og konsekvenser knyttet til ulike hendelser. Resulterende risiko er inndelt i tre kategorier – lav – middels – høy og illustrert ved bruk av en risikomatrix se tabell 1 og tabell 2 for sannsynlighetskategorier, konsekvenskategorier og tiltaksklasser.

Følgende kategorisering av sannsynlighet og konsekvens er benyttet, se Tabell 16 og Tabell 17.

Tabell 16: Kategorisering av sannsynlighet.

5	Svært stor	Vil kunne skje under svært mange omstendigheter.
4	Stor	Vil kunne skje under mange omstendigheter. Forholdet er godt kjent i bransjen. Vil kunne skje flere ganger i prosjektperioden dersom man ikke har fokus på det.
3	Moderat	Vil kunne skje under flere omstendigheter. Forholdet er godt kjent i bransjen. Vil kunne skje av og til i prosjektperioden hvis man ikke har fokus på det.
2	Liten	Vil kunne skje under sjeldne omstendigheter. Forholdet er kjent i bransjen. Vil kunne skje under uheldige omstendigheter i prosjektperioden hvis man ikke har fokus på det.
1	Meget Liten	Vil kunne skje under helt spesielle omstendigheter. Uvanlig hendelse som vanskelig kan forutses. Vil i teorien kunne skje i prosjektperioden.

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 31 av 38

Tabell 17: Kategorisering av konsekvens

		Ytre miljø	Eksempel for utslipp til jord og vann
5	Svært alvorlig	Gjenoppretting av miljøforstyrrelse > 10 år.	Svært alvorlige og langvarige miljøskader. Regionale og lokale konsekvenser med restaureringstid >10 år
4	Alvorlig	Gjenoppretting av miljøforstyrrelse 3 - 10 år.	Alvorlige og langvarige miljøskader. Lokale konsekvenser med restaureringstid 3-10 år.
3	Moderat	Gjenoppretting av miljøforstyrrelse 1 - 3 år.	Betydelige miljøskader. Krever restaureringstid 1-3 år etter at opprydningstiltak er utført.
2	Lav	Gjenoppretting av miljøforstyrrelse < 1 år.	Miljøskader. Registrerbar skade, som krever restaureringstid <1 år etter at opprydningstiltak er utført.
1	Ubetydelig	Gjenoppretting av miljøforstyrrelse < 1 mnd.	Små miljøskader. Ikke registrerbart i resipient.

Det er foretatt en enkel kvalitativ vurdering av sannsynlighet og konsekvens før tiltak. Risikoene er, se Tabell 18.

Tabell 18: Kategorier og sannsynlighet og konsekvens

		KONSEKVENNS				
		1. Ubetydelig	2. Lav	3. Moderat	4. Alvorlig	5. Svært alvorlig
SANNSYNLIGHET	5. Svært stor					
	4. Stor					
	3. Moderat					
	2. Liten					
	1. Meget liten					

Tabell 19 viser behov for risikoreduserende tiltak.

Tabell 19 – Behov for risikoreduserende tiltak

<b>Lav (Grønn)</b>	Akseptabel risiko - avbøtende tiltak er ikke nødvendig, men bør iverksettes hvis det er enkle/ lite kostbare tiltak. Må overvåkes for å unngå at risiko øker.
<b>Middels (Gul)</b>	Akseptabel risiko, men avbøtende tiltak bør vurderes.
<b>Høy (Rød)</b>	Uakseptabel risiko - avbøtende tiltak er nødvendig. Alternative løsninger utarbeides, risikoreduserende tiltak beskrives.

### 8.2.2 Miljøriskovurdering, anleggsdrift

Anleggsvann som har vært i kontakt med syredannende berg vil kunne inneholde radioaktive nuklider, både som løste ioner og suspendert stoff. Alunskifer er en svært skifrig bergart som lett lar seg knuse. Tunneldriving i en slik bergart vil derfor kunne føre til produksjon av mye finstoff fra sprenging og fra mekanisk påvirkning fra lasting/omlasting. Finstoffet vil kunne blande seg med anleggsvannet i tunnelen og noe av dette vil følge med det rensede anleggsvannet ut fra anlegget.

Tabell 20. Miljøriskovurdering

Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: 06G
	Dato: 17.11.2021
	Side: 32 av 38

Uønsket hendelse	Mulige årsaker	Eksisterende barrierer	Før Risiko	Tiltak for å eliminere eller redusere risiko	Etter Risiko
<b>Anleggsaktivitet: Tunneldriving ved Madserud på tunnelstrekning Majorstuen – Skøyen – påslipp av drivevann</b>					
Anleggsvannet fra tunneldrivingen mellom Skøyen og Majorstua skal pumpes til VEAS' nett og videre til kommunalt renseanlegg.  Skadelig radioaktiv påvirkning på biota via avløpslam som benyttes til VEAS-jord	Suspendert stoff fra tunneldriving i syredannede berg påvirker kvaliteten til VEAS sitt avløpslam. Renseprosessen i kommunale renseanlegg kan medføre oppkonsentrering av radioaktive isotoper i slamfraksjonen.	I påslippstillatelse til VEAS er det satt krav til maks påslipp av 200 mg/L suspendert stoff (SS).  I 2020 ble det produserte 40 581 tonn VEAS-jord. Ved tre ukers tunneldriving i syredannende berg på Madserud, utgjør dette 4,7 millioner L anleggsvann, med et innhold av 200 mg/L SS så blir det 942 tonn. Dvs. ca. 2% av VEAS' produksjon.	S2 K2	Innholdet av suspendert stoff i rensed tunnelvann er som oftest langt lavere enn den gitte grenseverdien på 200 mg/L.  Ved tunneldriving i syredannende berg på Madserud vil det stilles krav til maks påslipp av suspendert stoff på 100 mg/L for å redusere tilførsel til potensielt avløpslam ytterligere.	S1 K2
<b>Anleggsaktivitet: Drift av renseanlegg</b>					
Renseanlegget for anleggsfasen renser ikke partikler tilstrekkelig, mindre søl vil kunne skje inne på rigg- og anleggsområdet ved tømning av renseanlegg.  Dette medfører økt utslipp av radionuklider.	Underdimensjonert renseanlegg. Fullt sedimentasjonskar, tømmes ikke ofte nok, defekt målestyr på renseanlegg.  Omfang av eventuell avrenning fra prosessvann og vanning er større enn forventet.	pH og partikkelinnhold (målt som turbiditet) i rensed anleggsvann vil bli logget kontinuerlig. Ved overskridelser av gitte grenseverdier skal anleggsvann automatisk omdirigeres og føres tilbake til renseanlegg for ytterligere rensing før ny kontroll og evt. utslipp/påslipp.  Eventuell avrenning fra prosessvann og vanning vil fanges opp av drenerende grøfter i tunnelen og ledes til etablert renseanlegg.	S3 K2	Tett oppfølging av byggherre i anleggsfasen ved driving på Madserud.  Entreprenør skal sette opp renseanlegg som tilfredsstiller de gitte kravene i utslippstillatelsen og ha et velfungerende renseanlegg.  Prosedyrer for drift og vedlikehold av renseanlegg følges daglig.  Ved arbeid med syredannende bergarter skal de ukentlige vannprøvene utvides med prøveparameter for uran, thorium og kalium.	S2 K2
Slam fra renseanlegget i perioder med arbeid i alunskifer blir håndtert feil eller levert til feil deponi.  Prøvetaking av slam ikke utført.	Flere angrepspunkter i tunnelarbeidet samtidig som medfører behov for vann/slamhåndtering fra flere steder som ikke nødvendigvis har samme type berg. Særskilte krav og rutiner ifm. alunskifer blir uteglemt i driften av renseanlegget for tunneldrivingen totalt.	Slam fra renseanlegget blir samlet opp, og fjernet fra renseanlegget ved behov. Det oppsamlede slammet blir levert til godkjent deponi.	S3 K2	Slam fra renseanlegget som sedimenteres i perioder med arbeider i syredannende berg må i tillegg til de vanlige analyseparametere også analyseres for svovel, uran, thorium og kalium.  Slam fra renseanlegget skal leveres til godkjent deponi iht. resultater fra gjennomførte analyser av slammet.	S2 K2
<b>Anleggsaktivitet: Mellomlagring av syredannede berg på anleggsområdet.</b>					
Sur avrenning fra mellomlagrede masser med påfølgende oppløsning av skiferen og utlekking av metaller og radionuklider til omgivelsene.	Mellomlagring av masser utenfor eller i tunnel.	Det tar tid før utlekking vil skje, og det er derfor bestemt at syredannende/mulig syredannende berg ikke kan mellomlagres lengre enn åtte uker.  Mellomlagring vil foregå inne i tunnelen og bli holdt på et minimum, og i hovedsak kun en	S3 K2	Syredannende berg som tas ut i prosjektet skal leveres til godkjent deponi.  Massehåndteringen av syredannende bergarter er nærmere beskrevet i PF-U-060-RA-0031 Instruks for massehåndtering av	S2 K2



Oslo Kommune – Fornebu	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: 06G
	Dato: 17.11.2021
	Side: 33 av 38

Uønsket hendelse	Mulige årsaker	Eksisterende barrierer	Før Risiko	Tiltak for å eliminere eller redusere risiko	Etter Risiko
		dag eller over natten for utkjøring påfølgende arbeidsdag til godkjent mottak.		syredannende berg – Majorstuen-Fornebu  Redusere varigheten på mellomagring av alunskifer så langt det er mulig.  Enkelte metaller, slik som f.eks. arsen, kadmium, uran og sink, er mobile selv ved nøytral pH. Det er derfor viktig å begrense eksponeringstiden til vann for å begrense utlekkingen av uran.	
<b>Anleggsaktivitet:</b> Tunneldriving ved på tunnelstrekning Skøyen – Lysaker - påslipp av drivevann til resipient					
Skadelig radioaktiv påvirkning på marin biota ved utslippspunkt.	Suspendert stoff fra tunneldriving i syredannede berg påvirker utslippspunktet i sjø.	ERICA vurdering: Beregninger viser at summert risikokoeffisient er under 1, og indikerer dermed å ha en neglisjerbar effekt på miljøet.	S2 K2	Det er i tillegg svært lite trolig at utslippsraten av radionuklider i utslippspunkt vil være så høye som beregningene viser da det ikke er påvist syredannende berg på strekningen Skøyen-Lysaker, og fordi innholdet av suspendert stoff i rensset tunnelvann som oftest er langt lavere enn den gitte grenseverdien på 100 mg/L.	S1 K2
<b>Anleggsaktivitet:</b> Akutt utslipp av vann med radionuklider til omgivelsene					
Akuttutslipp av vann inneholdende oppkjust syredannende berg.  Utpumping av anleggsvann med oppkjust berg som ikke har vært igjennom en renseprosess.	Driftsstans av renseanlegg. Pumper som pumper vann fra renseanlegget/lavbrekk i tunnelen er i drift, mens renseanlegget er ute av drift.	Sannsynligheten for ukontrollerte utslipp til omgivelsene vurderes som svært lav da anleggsvann fra områder med syredannende berg skal pumpes til kommunalt spillvannnett eller til sjø.  Utslipp vil være på et moderat nivå og skiferen vil være frisk/uforvitret slik at vannet ikke vil være surt (lav pH som løser opp metaller).	S2 K2	Krav om daglig oppsyn og kontroll av renseanlegg og pumpe-system.  Kontinuerlig måling med alarm på enkelte parametere (pH og turbiditet). Krav om en løsning som sikrer at rensset vann som ikke oppnår vannkvalitet og parameterverdier under gitte grenser, blir pumpet tilbake inn i rensesystemet for å gjennomgå ny/supplerende renseprosess.	S2 K2

### 8.2.3 Konklusjon

Miljøriskovurderingen for radioaktiv stråling fra anleggsdrift viser at tiltaket kan gjennomføres med akseptabel risiko for det ytre miljøet. Det er i tillegg svært lite trolig at utslippsraten av radionuklider vil være så høye som input-dataene viser på tunnelstrekningen Skøyen-Madserud siden innholdet av suspendert stoff i rensset tunnelvann som regel er langt lavere enn den gitte grenseverdien på 200 mg/L til VEAS.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 34 av 38

I tillegg vil det ved tunneldriving i syredannede berg på Madserud stilles krav til maks påslipp av suspendert stoff på 100 mg/L for å redusere tilførsel til potensielt avløpslam for å redusere risiko ytterligere.

## 9. OPPLYSNINGER OM ARBEIDSMILJØ

Før oppstart av arbeidene og underveis i arbeidet i tunnel skal det utføres målinger av luftkvalitet. Både støv, avgasser etter sprengningsarbeider og radonnivå skal måles av entreprenør. Arbeidet ved stoff etter sprengning gjenopptas etter ventilasjonspause på stoff, evt. når luftmålinger viser akseptabelt nivå. Måling av radon skal gjøres med aktiv målemetode som er direktevisende, slik at det kan registreres hvordan radonkonsentrasjonen endrer seg over tid. Aktive måleinstrumenter har kortere responstid enn passive og kan blant annet benyttes for å se effekten av ventilasjon eller om miljøet i tunnelen endrer seg. Dersom arbeidsplassen klassifiseres som kontrollert eller overvåket område etter Strålevernforskriften § 30, skal yrkeseksponerte i kategori A/kontrollert område overvåkes med persondosimetri. I overvåket område/kategori B skal virksomheten sørge for at yrkeseksponerte får sin dose fastlagt – se bestemmelser i Strålevernforskriften § 33 [6][11].

## 10. OPPLYSNINGER OM KONSEKVENSVURDERING

### 10.1 Naboer og allmennheten

Fornebubanen er et viktig samferdselsprosjekt og er godt kjent for alle interessenter. Arbeid med alunskifer foregår på et avstengt område hovedsakelig i fjell. Siden den direkte strålingen fra alunskifer er lav, er det ingenting i denne søknaden som innebærer endringer for naboer, allmennheten eller andre virksomheter i området.

### 10.2 Miljø

Når det gjelder omkringliggende (ytre) miljø, vil utslipp til nærliggende resipienter og avløpsnett kunne ha konsekvenser lokalt i nærheten av utslippspunktet. Det forventes ikke høye konsentrasjoner av miljøgifter løst i vann, men det kan være forurensning bundet til partikler som renseanlegget ikke klarer å holde igjen, dersom vannmengdene / partikkelmengdene er veldig store eller hvis renseanlegget ikke fungerer godt nok.

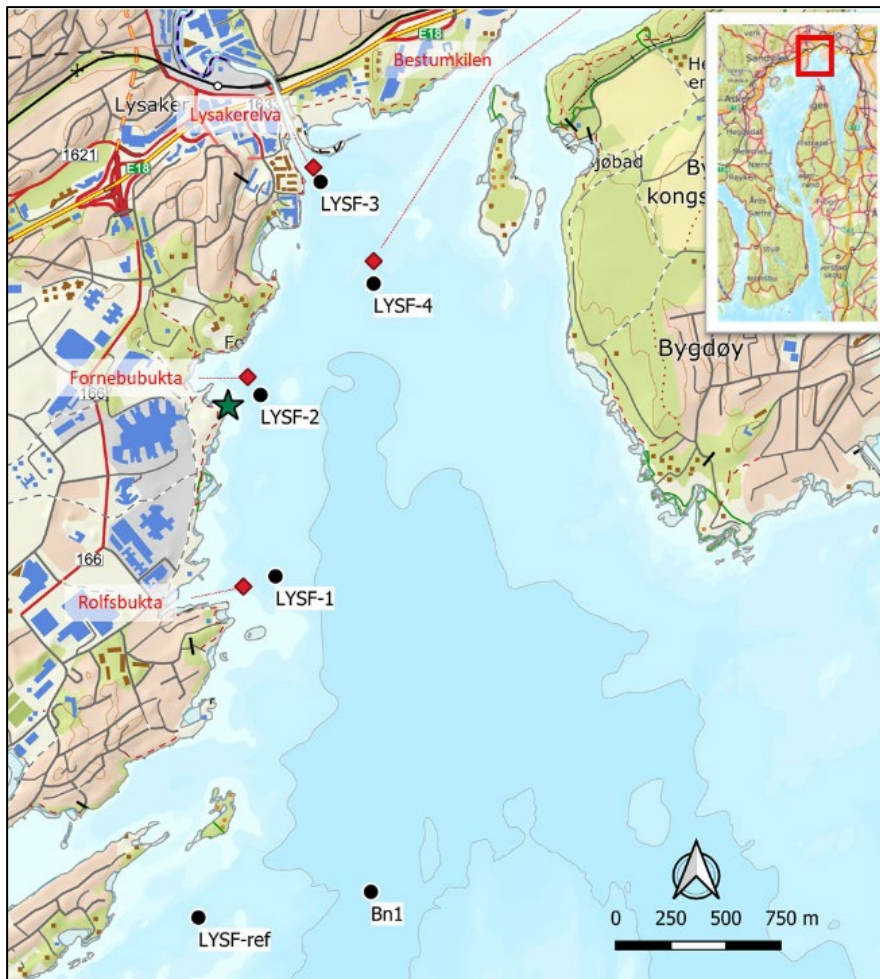
For tunnelarbeidene mellom Lysaker og Skøyen skal anleggsvann (både tunneldrivevann og byggegropsvann) føres til 20 meters dyp i Lysakerfjorden via sjøledninger i Lysakerelva og Hoffselva. Lysakerfjorden tilhører vannforekomst «Oslofjorden 0101020601-C» som i Vann-nett er klassifisert til moderat økologisk tilstand (Tilstandsklasse III) og kjemisk tilstand «ikke god». Miljømålet for vannforekomsten er å oppnå god økologisk og god kjemisk tilstand i perioden 2021-2027. På grunn av vannforekomstens størrelse har den svært stor fortynningsgrad med tanke på utslipp fra anleggsarbeidene. Figur 7 [12] viser alle utslippspunktene som Fornebubanen har via fire sjøledninger til 20 meters dyp i Oslofjorden. Sjøledningene fra Lysakerelva og Hoffselva er navngitt LYSF-3 og LYSF-4.

## Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu

Revisjon: 06G

Dato: 17.11.2021

Side: 35 av 38



Figur 8: Oversikt over alle utslippspunkter (rød firkant) og prøvetakingsstasjoner (sorte punkter) i Lysakerfjorden for Fornebubanen. LYSF-ref. er referansestasjon for sedimentundersøkelsene, og Bn1 er valgt som referansestasjon for vannprøvetaking. Kart øverst i høyre hjørne viser plasseringen av Lysakerfjorden i Indre Oslofjord. Grønn stjerne viser stasjon for overvåking av nedre voksegrense i "Indre Oslofjord"-prosjektet – data vil etter avtale inkluderes i sluttrapporten til Fornebubanen-prosjektet [12].

For tunnelarbeidene mellom Skøyen og Majorstua skal anleggsvann (både tunneldrivevann og byggegropsvann) føres til VEAS' rensenanlegg og vil ikke medføre et direkte utslipp til naturmiljøet.

På Majorstuen skal kun byggegropsvann (ikke tunnelvann) slippes ut i Frognerelva. Vannforekomsten har en økologisk tilstand som er vurdert til dårlig, det er i tillegg registrert fisk og edelkreps i vassdraget. Her forventes det ikke arbeid i syredannende berg.

For å redusere belastningen på resipienter ved utslipp av anleggsvann fra anleggsarbeidene på Fornebubanen, har Statsforvalteren i Oslo og Viken angitt en rekke vilkår i forbindelse med utslipp av anleggsvann til resipienter. Statsforvalteren i Oslo og Viken har stilt krav om at de berørte vannforekomstene ikke skal bli varig forringet som følge av anleggsvirksomheten, jf. vannforskriften, og har satt krav til overvåking og at dette skal dokumenteres gjennom pålagt overvåkningsprogram, samt rapportering til Statsforvalteren. I tillegg har Statsforvalteren [4] og VAV [3] satt spesifikke grenseverdier for en rekke parametere, og satt krav til utslippshastighet for vannet som slippes ut fra arbeidene.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 36 av 38

## 11. OPPLYSNINGER OM MILJØOVERVÅKNING

Byggherre skal utarbeide et måleprogram med angivelse av hyppighet for prøvetaking av vann som skal følges av entreprenør (entreprenørens måleprogram for rensset anleggsvann ved utslippspunkt). Ved å følge Statsforvalteren i Oslo og Viken og VAVs vilkår, og overholde grenseverdier ved å bruke et velfungerende renseanlegg vil anlegget ikke ha negative konsekvenser for miljøet.

I godkjent utslippstillatelse for Fornebubanen har Statsforvalteren i Oslo og Viken stilt krav til rensing og overvåking av vann som slippes ut fra entreprisene til resipientene. Fornebubanen vil følge kravene til overvåking for å dokumentere utslipp av disse parameterne. Overvåkingsresultatene (vannmengder og konsentrasjoner i vann) vil brukes til å beregne totalaktiviteten i utslippet, målt i Bq.

I forbindelse med anleggsarbeider i områder med syredannende berg er det, som beskrevet i utarbeidet instruks for massehåndtering av syredannede berg [5], lagt opp til et utvidet måleprogram for vann og slam på anlegget. I disse periodene skal måleprogrammet for anleggsvann utvides med analyser på uran, thorium og kalium, mens det i tillegg skal utvides med svovel for slam og masser, her inkludert bunnrenskanalen for strekninger med syredannende berg i tunnelen.

Fornebubanen har etablert et miljøovervåkingsprogram for alle mulige berørte resipienter (Lysakerfjorden, Bestumkilen, Lysakerelva, Hoffselva og, Frognerelva) med tanke på anleggsgjennomføringen [13]. Alt anleggsvann for strekningen Skøyen – Fornebu skal føres til sjø via etablert sjøledning, mens anleggsvannet for strekningen Majorstuen – Skøyen føres til VEAS. Kun byggegropsvann, ikke tunneldrivevann, fra anleggsarbeidene på Majorstaen vil ledes til Frognerelva. Ved behov kan miljøovervåkingprogrammet utvides med relevante parametere i alle resipienter i kontrolløyemed.

## 12. OPPLYSNINGER OM FOREBYGGENDE TILTAK OG BEREDSKAPSTILTAK

Fornebubanen og de ulike entreprisene har strenge krav til beredskap i forhold til akutte hendelser som kan inntreffe og som kan utgjøre en risiko for mennesker og omkringliggende miljø. Det er ikke identifisert noen betydelig ekstra risiko ift. forurensning med radionuklider. Det kan forekomme akuttutslipp av vann inneholdende oppknust alunskifer, men innhold av radionuklider vil være på et moderat nivå og skiferen vil være frisk / uforvitret slik at vannet ikke vil være surt (lav pH som løser opp metaller). Sannsynligheten for ukontrollerte utslipp til omgivelsene, vurderes som svært lav da anleggsvann fra områder med syredannende berg skal pumpes til kommunalt spillvannnett eller til sjø. Renseanlegget vil fange opp de aller fleste partiklene og renseanlegget vil være under daglig oppsyn.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 37 av 38

## REFERANSER

- [1] Miljødirektoratet, M310/2015. Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. NGI.
- [2] FOB, 2018. PF-U-660-RB-0001 – Kjerneloggingsrapport – innledende geokjemiske vurderinger av syredannende bergarter. PGF.
- [3] Vann og avløpsetaten, 2019. Fornebubanen fra Fornebu til Majorstua – Uttalelse fra Vann og avløpsetaten til søknad om utslippstillatelse i anleggsfasen. Datert: 18.09.2019. Saksnummer: 19/12066-2.
- [4] Statsforvalteren i Oslo og Viken, 2020. Vedtak om tillatelse til utslipp fra anleggsarbeid - bygging av Fornebubanen.
- [5] FOB, 2021. PF-U-060-RA-0031 Instruks for massehåndtering av syredannende berg – Majorstuen-Fornebu
- [6] 16.12.2016 Forskrift om strålevern og bruk av stråling (Strålevernsforskriften)
- [7] Statens Vegvesen, 2020. Søknad om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet. E16 Asbygda – Olum. NGI
- [8] International Atomic Energy Agency (IAEA), 2003. Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data
- [9] IRSN - <https://www.irsn.fr/EN/Research/publications-documentation/radionuclides-sheets/environment/Pages/Natural-uranium-environment.aspx> (15.04.2020)
- [10] Erstad, Lars-André, 2017. Leaching of uranium and heavy metals from acid producing black shales, Master thesis, University of Oslo.
- [11] Arbeidstilsynets nettside, 08.03.2021.  
<https://www.arbeidstilsynet.no/tema/straling/radon/radon-under-jord/>
- [12] FOB, 2020. PF-U-060-RB-0040 Rapport forundersøkelse i Lysakerfjorden
- [13] FOB, 2019. PF-U-070-RA-0029 Miljørisikovurdering – Utslipp av vann fra anleggsfasen
- [14] FOB, 2021. PF-U-060-RB-0070 Tiltaksplan – Syredannende bergarter ved tunneldriving Majorstuen – Fornebu.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-060-RB-0038
<b>Søknad til Direktorat for strålevern og atomsikkerhet om utslipp av radionuklider i forbindelse med anleggsvirksomhet Majorstuen – Fornebu</b>	Revisjon: <b>06G</b>
	Dato: 17.11.2021
	Side: 38 av 38

## VEDLEGG

Vedlegg 1.     Analyseoriginaler

Vedlegg 2.     Beregninger



Mottatt dato **2018-05-03**  
 Utstedt **2018-05-28**

**COWI AS**  
**Signe Haukelidsæter**

**Karvesvingen 2**  
**0579 OSLO**  
**Norway**

Prosjekt **Fornebubanen**  
 Bestnr

## Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	<b>KBH-1 (20,0-20,34)</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00574741					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	ja			2	2	JIBJ
Tørrstoff (L) *	99.8		%	3	W	JIBJ
SiO <sub>2</sub> *	62.6		% TS	3	S	JIBJ
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	13.6		% TS	3	S	JIBJ
Kalsiumoksid (CaO) *	4.35		% TS	3	S	JIBJ
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.69		% TS	3	S	JIBJ
K <sub>2</sub> O *	3.52		% TS	3	S	JIBJ
MgO *	0.608		% TS	3	S	JIBJ
MnO *	0.135		% TS	3	S	JIBJ
Na <sub>2</sub> O *	4.99		% TS	3	S	JIBJ
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0370		% TS	3	S	JIBJ
TiO <sub>2</sub> *	0.392		% TS	3	S	JIBJ
Glødetap (LOI) *	4.1		% TS	3	W	JIBJ
As (Arsen) *	<3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ba (Barium) *	296		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Be (Beryllium) *	1.57		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cd (Kadmium) *	0.177		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Co (Kobolt) *	1.80		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cr (Krom) *	18.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cu (Kopper) *	3.79		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	JIBJ
Mo (Molybden) *	32.1		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Nb (Niob) *	113		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ni (Nikkel) *	11.2		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Pb (Bly) *	12.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
S (Svovel) *	920		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sc (Scandium) *	6.08		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sn (Tinn) *	4.41		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sr (Strontium) *	176		mg/kg TS	3	S	JIBJ
V (Vanadium) *	11.9		mg/kg TS	3	S	JIBJ
W (Wolfram) *	1.36		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Y (Yttrium) *	63.2		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zn (Sink) *	105		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zr (Zirkonium) *	659		mg/kg TS	3	S	JIBJ



Deres prøvenavn		<b>KBH-1 (20,0-20,34)</b>				
		<b>Stein</b>				
Labnummer		N00574741				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Th (Thorium) *	20.2		mg/kg TS	4	S	JIBJ
U (Uran) *	5.45		mg/kg TS	4	S	JIBJ
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.7	6.01	%	5	3	JIBJ
TOC <sup>a ulev</sup>	<0.140		% TS	5	3	JIBJ
TIC <sup>a ulev</sup>	1.15	0.115	% TS	6	3	JIBJ
Fraktavgift *	-----			7	1	JIBJ





Deres prøvenavn	KBH-1 (26,84-27,10)					
	Stein					
Labnummer	N00574742					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	ja			2	2	JIBJ
Tørrstoff (L) *	99.8		%	3	W	JIBJ
SiO <sub>2</sub> *	67.1		% TS	3	S	JIBJ
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	14.2		% TS	3	S	JIBJ
Kalsiumoksid (CaO) *	0.510		% TS	3	S	JIBJ
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	2.59		% TS	3	S	JIBJ
K <sub>2</sub> O *	4.11		% TS	3	S	JIBJ
MgO *	0.243		% TS	3	S	JIBJ
MnO *	0.140		% TS	3	S	JIBJ
Na <sub>2</sub> O *	4.72		% TS	3	S	JIBJ
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0392		% TS	3	S	JIBJ
TiO <sub>2</sub> *	0.419		% TS	3	S	JIBJ
Glødetap (LOI) *	0.8		% TS	3	W	JIBJ
As (Arsen) *	<3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ba (Barium) *	282		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Be (Beryllium) *	1.48		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cd (Kadmium) *	0.250		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Co (Kobolt) *	0.514		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cr (Krom) *	14.8		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cu (Kopper) *	3.02		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	JIBJ
Mo (Molybden) *	<0.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Nb (Niob) *	129		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ni (Nikkel) *	5.32		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Pb (Bly) *	23.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
S (Svovel) *	1050		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sc (Scandium) *	6.99		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sn (Tinn) *	4.50		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sr (Strontium) *	38.6		mg/kg TS	3	S	JIBJ
V (Vanadium) *	4.51		mg/kg TS	3	S	JIBJ
W (Wolfram) *	<0.9		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Y (Yttrium) *	64.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zn (Sink) *	130		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zr (Zirkonium) *	797		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Th (Thorium) *	21.9		mg/kg TS	4	S	JIBJ
U (Uran) *	5.60		mg/kg TS	4	S	JIBJ
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.7	6.01	%	5	3	JIBJ
TOC <sup>a ulev</sup>	0.182		% TS	5	3	JIBJ
TIC <sup>a ulev</sup>	0.117	0.013	% TS	6	3	JIBJ



Deres prøvenavn	KBH-2 (22,23-22,70)					
	Stein					
Labnummer	N00574743					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	ja			2	2	JIBJ
Tørrstoff (L) *	99.5		%	3	W	JIBJ
SiO <sub>2</sub> *	52.0		% TS	3	S	JIBJ
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	16.6		% TS	3	S	JIBJ
Kalsiumoksid (CaO) *	4.11		% TS	3	S	JIBJ
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	8.39		% TS	3	S	JIBJ
K <sub>2</sub> O *	2.80		% TS	3	S	JIBJ
MgO *	5.01		% TS	3	S	JIBJ
MnO *	0.0554		% TS	3	S	JIBJ
Na <sub>2</sub> O *	0.962		% TS	3	S	JIBJ
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.114		% TS	3	S	JIBJ
TiO <sub>2</sub> *	0.714		% TS	3	S	JIBJ
Glødetap (LOI) *	7.7		% TS	3	W	JIBJ
As (Arsen) *	12.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ba (Barium) *	741		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Be (Beryllium) *	2.50		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cd (Kadmium) *	<0.05		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Co (Kobolt) *	41.0		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cr (Krom) *	327		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cu (Kopper) *	49.7		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	JIBJ
Mo (Molybden) *	<0.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Nb (Niob) *	11.8		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ni (Nikkel) *	229		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Pb (Bly) *	20.2		mg/kg TS	3	S	JIBJ
S (Svovel) *	6800		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sc (Scandium) *	23.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sn (Tinn) *	2.50		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sr (Strontium) *	271		mg/kg TS	3	S	JIBJ
V (Vanadium) *	180		mg/kg TS	3	S	JIBJ
W (Wolfram) *	1.44		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Y (Yttrium) *	21.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zn (Sink) *	108		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zr (Zirkonium) *	117		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Th (Thorium) *	8.70		mg/kg TS	4	S	JIBJ
U (Uran) *	3.36		mg/kg TS	4	S	JIBJ
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.4	5.99	%	5	3	JIBJ
TOC <sup>a ulev</sup>	<0.140		% TS	5	3	JIBJ
TIC <sup>a ulev</sup>	1.20	0.120	% TS	6	3	JIBJ



Deres prøvenavn	KBH-2 (23,0-23,41)					
	Stein					
Labnummer	N00574744					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	ja			2	2	JIBJ
Tørrstoff (L) *	99.5		%	3	W	JIBJ
SiO <sub>2</sub> *	49.7		% TS	3	S	JIBJ
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	14.9		% TS	3	S	JIBJ
Kalsiumoksid (CaO) *	4.36		% TS	3	S	JIBJ
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	8.52		% TS	3	S	JIBJ
K <sub>2</sub> O *	2.34		% TS	3	S	JIBJ
MgO *	5.10		% TS	3	S	JIBJ
MnO *	0.0629		% TS	3	S	JIBJ
Na <sub>2</sub> O *	0.957		% TS	3	S	JIBJ
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0393		% TS	3	S	JIBJ
TiO <sub>2</sub> *	0.700		% TS	3	S	JIBJ
Glødetap (LOI) *	8.2		% TS	3	W	JIBJ
As (Arsen) *	13.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ba (Barium) *	659		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Be (Beryllium) *	1.88		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cd (Kadmium) *	<0.05		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Co (Kobolt) *	45.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cr (Krom) *	421		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cu (Kopper) *	42.0		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	JIBJ
Mo (Molybden) *	<0.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Nb (Niob) *	11.2		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ni (Nikkel) *	284		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Pb (Bly) *	18.1		mg/kg TS	3	S	JIBJ
S (Svovel) *	6510		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sc (Scandium) *	20.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sn (Tinn) *	2.36		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sr (Strontium) *	239		mg/kg TS	3	S	JIBJ
V (Vanadium) *	163		mg/kg TS	3	S	JIBJ
W (Wolfram) *	1.62		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Y (Yttrium) *	18.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zn (Sink) *	97.0		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zr (Zirkonium) *	120		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Th (Thorium) *	8.26		mg/kg TS	4	S	JIBJ
U (Uran) *	2.90		mg/kg TS	4	S	JIBJ
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.5	6.00	%	5	3	JIBJ
TOC <sup>a ulev</sup>	0.127		% TS	5	3	JIBJ
TIC <sup>a ulev</sup>	1.21	0.121	% TS	6	3	JIBJ



Deres prøvenavn	KBH-3 (31,22-31,61)					
	Stein					
Labnummer	N00574745					
Analyse	Resultater	Usikkerhet ( $\pm$ )	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	ja			2	2	JIBJ
Tørrstoff (L) *	99.4		%	3	W	JIBJ
SiO <sub>2</sub> *	50.5		% TS	3	S	JIBJ
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	19.2		% TS	3	S	JIBJ
Kalsiumoksid (CaO) *	1.16		% TS	3	S	JIBJ
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	8.78		% TS	3	S	JIBJ
K <sub>2</sub> O *	3.70		% TS	3	S	JIBJ
MgO *	4.41		% TS	3	S	JIBJ
MnO *	0.0758		% TS	3	S	JIBJ
Na <sub>2</sub> O *	1.05		% TS	3	S	JIBJ
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.512		% TS	3	S	JIBJ
TiO <sub>2</sub> *	0.890		% TS	3	S	JIBJ
Glødetap (LOI) *	5.2		% TS	3	W	JIBJ
As (Arsen) *	7.10		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ba (Barium) *	1170		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Be (Beryllium) *	3.85		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cd (Kadmium) *	<0.04		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Co (Kobolt) *	35.8		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cr (Krom) *	167		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cu (Kopper) *	51.8		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	JIBJ
Mo (Molybden) *	0.844		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Nb (Niob) *	12.2		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ni (Nikkel) *	124		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Pb (Bly) *	7.07		mg/kg TS	3	S	JIBJ
S (Svovel) *	1820		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sc (Scandium) *	25.3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sn (Tinn) *	2.75		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sr (Strontium) *	135		mg/kg TS	3	S	JIBJ
V (Vanadium) *	174		mg/kg TS	3	S	JIBJ
W (Wolfram) *	3.09		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Y (Yttrium) *	29.8		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zn (Sink) *	94.0		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zr (Zirkonium) *	112		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Th (Thorium) *	9.46		mg/kg TS	4	S	JIBJ
U (Uran) *	3.83		mg/kg TS	4	S	JIBJ
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.4	5.99	%	5	3	JIBJ
TOC <sup>a ulev</sup>	0.120		% TS	5	3	JIBJ
TIC <sup>a ulev</sup>	0.275	0.028	% TS	6	3	JIBJ



Deres prøvenavn	<b>KBH-3 (27,50-27,70)</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00574746					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Alunskiferpakke*</b>	-----		-	1	1	ELNO
<b>Prøvepreparering*</b>	ja			2	2	JIBJ
<b>Tørrstoff (L)*</b>	<b>99.4</b>		%	3	W	JIBJ
<b>SiO2*</b>	<b>47.7</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>Al2O3*</b>	<b>17.8</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>Kalsiumoksid (CaO)*</b>	<b>3.57</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>Fe2O3*</b>	<b>9.02</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>K2O*</b>	<b>3.75</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>MgO*</b>	<b>3.28</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>MnO*</b>	<b>0.0958</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>Na2O*</b>	<b>0.772</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>P2O5*</b>	<b>0.193</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>TiO2*</b>	<b>0.753</b>		% TS	3	S	JIBJ
<b>Glødetap (LOI)*</b>	<b>5.2</b>		% TS	3	W	JIBJ
<b>As (Arsen)*</b>	<b>6.78</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Ba (Barium)*</b>	<b>961</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Be (Beryllium)*</b>	<b>2.46</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Cd (Kadmium)*</b>	<b>0.0909</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Co (Kobolt)*</b>	<b>35.2</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Cr (Krom)*</b>	<b>182</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Cu (Kopper)*</b>	<b>57.4</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Hg (Kvikksølv)*</b>	<b>&lt;0.02</b>		mg/kg TS	3	G	JIBJ
<b>Mo (Molybden)*</b>	<b>2.79</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Nb (Niob)*</b>	<b>11.4</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Ni (Nikkel)*</b>	<b>133</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Pb (Bly)*</b>	<b>27.5</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>S (Svovel)*</b>	<b>14800</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Sc (Scandium)*</b>	<b>25.7</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Sn (Tinn)*</b>	<b>2.80</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Sr (Strontium)*</b>	<b>402</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>V (Vanadium)*</b>	<b>141</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>W (Wolfram)*</b>	<b>2.23</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Y (Yttrium)*</b>	<b>23.7</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Zn (Sink)*</b>	<b>135</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Zr (Zirkonium)*</b>	<b>97.1</b>		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Th (Thorium)*</b>	<b>8.99</b>		mg/kg TS	4	S	JIBJ
<b>U (Uran)*</b>	<b>4.58</b>		mg/kg TS	4	S	JIBJ
<b>Tørrstoff (E)<sup>a ulev</sup></b>	<b>99.3</b>	5.99	%	5	3	JIBJ
<b>TOC<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.230</b>		% TS	5	3	JIBJ
<b>TIC<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.595</b>	0.060	% TS	6	3	JIBJ



Deres prøvenavn	KBH-4 (102,9-103,05)					
	Stein					
Labnummer	N00574747					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	ja			2	2	JIBJ
Tørrstoff (L) *	99.6		%	3	W	JIBJ
SiO <sub>2</sub> *	49.3		% TS	3	S	JIBJ
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	15.4		% TS	3	S	JIBJ
Kalsiumoksid (CaO) *	5.24		% TS	3	S	JIBJ
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9.50		% TS	3	S	JIBJ
K <sub>2</sub> O *	2.97		% TS	3	S	JIBJ
MgO *	5.53		% TS	3	S	JIBJ
MnO *	0.148		% TS	3	S	JIBJ
Na <sub>2</sub> O *	1.59		% TS	3	S	JIBJ
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.103		% TS	3	S	JIBJ
TiO <sub>2</sub> *	0.660		% TS	3	S	JIBJ
Glødetap (LOI) *	7.4		% TS	3	W	JIBJ
As (Arsen) *	24.7		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ba (Barium) *	1750		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Be (Beryllium) *	6.03		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cd (Kadmium) *	0.121		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Co (Kobolt) *	47.1		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cr (Krom) *	415		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cu (Kopper) *	39.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	JIBJ
Mo (Molybden) *	19.8		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Nb (Niob) *	33.8		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ni (Nikkel) *	294		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Pb (Bly) *	23.7		mg/kg TS	3	S	JIBJ
S (Svovel) *	9960		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sc (Scandium) *	22.3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sn (Tinn) *	3.28		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sr (Strontium) *	574		mg/kg TS	3	S	JIBJ
V (Vanadium) *	150		mg/kg TS	3	S	JIBJ
W (Wolfram) *	2.48		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Y (Yttrium) *	26.6		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zn (Sink) *	112		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zr (Zirkonium) *	224		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Th (Thorium) *	15.6		mg/kg TS	4	S	JIBJ
U (Uran) *	3.38		mg/kg TS	4	S	JIBJ
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.5	6.00	%	5	3	JIBJ
TOC <sup>a ulev</sup>	0.111		% TS	5	3	JIBJ
TIC <sup>a ulev</sup>	1.27	0.127	% TS	6	3	JIBJ



Deres prøvenavn	KBH-4 (73,60-73,82)					
	Stein					
Labnummer	N00574748					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	ja			2	2	JIBJ
Tørrstoff (L) *	99.5		%	3	W	JIBJ
SiO <sub>2</sub> *	51.8		% TS	3	S	JIBJ
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	15.2		% TS	3	S	JIBJ
Kalsiumoksid (CaO) *	4.60		% TS	3	S	JIBJ
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	8.25		% TS	3	S	JIBJ
K <sub>2</sub> O *	2.74		% TS	3	S	JIBJ
MgO *	5.08		% TS	3	S	JIBJ
MnO *	0.0689		% TS	3	S	JIBJ
Na <sub>2</sub> O *	1.02		% TS	3	S	JIBJ
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0439		% TS	3	S	JIBJ
TiO <sub>2</sub> *	0.741		% TS	3	S	JIBJ
Glødetap (LOI) *	7.4		% TS	3	W	JIBJ
As (Arsen) *	11.3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ba (Barium) *	667		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Be (Beryllium) *	2.67		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cd (Kadmium) *	0.0732		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Co (Kobolt) *	44.2		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cr (Krom) *	432		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Cu (Kopper) *	43.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	JIBJ
Mo (Molybden) *	<0.5		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Nb (Niob) *	12.0		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Ni (Nikkel) *	262		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Pb (Bly) *	18.4		mg/kg TS	3	S	JIBJ
S (Svovel) *	5260		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sc (Scandium) *	22.6		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sn (Tinn) *	2.29		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Sr (Strontium) *	502		mg/kg TS	3	S	JIBJ
V (Vanadium) *	168		mg/kg TS	3	S	JIBJ
W (Wolfram) *	1.52		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Y (Yttrium) *	18.6		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zn (Sink) *	97.6		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Zr (Zirkonium) *	129		mg/kg TS	3	S	JIBJ
Th (Thorium) *	9.07		mg/kg TS	4	S	JIBJ
U (Uran) *	2.87		mg/kg TS	4	S	JIBJ
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.4	6.00	%	5	3	JIBJ
TOC <sup>a ulev</sup>	<0.140		% TS	5	3	JIBJ
TIC <sup>a ulev</sup>	0.989	0.099	% TS	6	3	JIBJ



Deres prøvenavn	<b>KBH-3 (107,0-107,30)</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00574749					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Alunskiferpakke</b> *	-----		-	1	1	ELNO
<b>Prøvepreparering</b> *	ja			2	2	JIBJ
<b>Tørrstoff (L)</b> *	99.7		%	3	W	JIBJ
<b>SiO<sub>2</sub></b> *	44.1		% TS	3	S	JIBJ
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> *	15.0		% TS	3	S	JIBJ
<b>Kalsiumoksid (CaO)</b> *	6.29		% TS	3	S	JIBJ
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> *	13.4		% TS	3	S	JIBJ
<b>K<sub>2</sub>O</b> *	1.90		% TS	3	S	JIBJ
<b>MgO</b> *	4.51		% TS	3	S	JIBJ
<b>MnO</b> *	0.172		% TS	3	S	JIBJ
<b>Na<sub>2</sub>O</b> *	3.45		% TS	3	S	JIBJ
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> *	0.704		% TS	3	S	JIBJ
<b>TiO<sub>2</sub></b> *	3.53		% TS	3	S	JIBJ
<b>Glødetap (LOI)</b> *	3.0		% TS	3	W	JIBJ
<b>As (Arsen)</b> *	<3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Ba (Barium)</b> *	1130		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Be (Beryllium)</b> *	1.50		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Cd (Kadmium)</b> *	0.103		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Co (Kobolt)</b> *	43.3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Cr (Krom)</b> *	<9		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Cu (Kopper)</b> *	35.3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Hg (Kvikksølv)</b> *	<0.02		mg/kg TS	3	G	JIBJ
<b>Mo (Molybden)</b> *	1.55		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Nb (Niob)</b> *	43.6		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Ni (Nikkel)</b> *	15.7		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Pb (Bly)</b> *	4.19		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>S (Svovel)</b> *	2190		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Sc (Scandium)</b> *	16.3		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Sn (Tinn)</b> *	1.45		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Sr (Strontium)</b> *	1250		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>V (Vanadium)</b> *	238		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>W (Wolfram)</b> *	<0.9		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Y (Yttrium)</b> *	26.7		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Zn (Sink)</b> *	111		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Zr (Zirkonium)</b> *	224		mg/kg TS	3	S	JIBJ
<b>Th (Thorium)</b> *	3.21		mg/kg TS	4	S	JIBJ
<b>U (Uran)</b> *	0.927		mg/kg TS	4	S	JIBJ
<b>Tørrstoff (E)</b> <sup>a ulev</sup>	99.6	6.01	%	5	3	JIBJ
<b>TOC</b> <sup>a ulev</sup>	<0.110		% TS	5	3	JIBJ
<b>TIC</b> <sup>a ulev</sup>	0.351	0.036	% TS	6	3	JIBJ





"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

"\*\*" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Alunskiferpakke</b></p> <p>Metode: <b>Metaller:</b> Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1. <b>TIC/TOC:</b> ISO 10694, EN 13137, EN 15936, Kolometri</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiane korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende. ALS kan ikke tolke resultatene og avgjøre hvorvidt materialet er alunskifer.</p>
2	<b>Knusing/oppmaling</b>
3	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiane korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
4	<p><b>Metaller i jord, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
5	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936</p> <p>Måleprinsipp: Kolometri</p>



Metodespesifikasjon	
Rapporteringsgrenser:	LOR 0.01 % TS
Andre opplysninger:	TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).
6	<b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b>  Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS
7	<b>Frakt</b>

Godkjenner	
ELNO	Elin Noreen
JIBJ	Jan Inge Bjørnengen

Utf <sup>1</sup>	
G	AFS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia  Lokalisering av andre ALS laboratorier:  Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                      V Raji 906, 530 02 Pardubice  Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.



Mottatt dato **2020-04-21**  
 Utstedt **2020-05-04**

**COWI AS**  
**Marit J. Førde**

**Karvesvingen 2 Pb 6412**  
**0579 Oslo**  
**Norway**

Prosjekt  
 Bestnr

## Analyse av material

Deres prøvenavn	<b>K2b1</b>					
	<b>Kjernepøver i skifer</b>					
Labnummer	N00728643					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	SAHM
Prøvepreparering *	-----			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	99.4		%	3	W	SAHM
SiO <sub>2</sub> *	49.5		% TS	3	S	SAHM
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	15.2		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	3.65		% TS	3	S	SAHM
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	8.83		% TS	3	S	SAHM
K <sub>2</sub> O *	3.45		% TS	3	S	SAHM
MgO *	5.49		% TS	3	S	SAHM
MnO *	0.0692		% TS	3	S	SAHM
Na <sub>2</sub> O *	1.08		% TS	3	S	SAHM
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0450		% TS	3	S	SAHM
TiO <sub>2</sub> *	0.757		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	7.5		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	14.6		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	748		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	2.77		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	<0.05		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	35.8		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	395		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	36.4		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	<0.5		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	11.6		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	250		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	14.4		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	5710		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	16.4		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	2.34		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	211		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	180		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	1.13		mg/kg TS	3	S	SAHM
Y (Yttrium) *	15.9		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	84.2		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	74.4		mg/kg TS	3	S	SAHM



Deres prøvenavn		<b>K2b1</b>				
		<b>Kjerneprøver i skifer</b>				
Labnummer		N00728643				
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Th (Thorium)*</b>	<b>6.65</b>		mg/kg TS	4	S	SAHM
<b>U (Uran)*</b>	<b>2.89</b>		mg/kg TS	4	S	SAHM
<b>Tørrstoff (E)<sup>a ulev</sup></b>	<b>99.7</b>	6.01	%	5	3	SAHM
<b>TOC<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.363</b>		% TS	5	3	SAHM
<b>TIC<sup>a ulev</sup></b>	<b>1.13</b>	0.113	% TS	6	3	SAHM



Deres prøvenavn	<b>K2b2</b>					
	<b>Kjerneprøver i skifer</b>					
Labnummer	N00728644					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	SAHM
Prøvepreparering *	-----			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	99.5		%	3	W	SAHM
SiO <sub>2</sub> *	51.0		% TS	3	S	SAHM
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	15.3		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	3.68		% TS	3	S	SAHM
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9.29		% TS	3	S	SAHM
K <sub>2</sub> O *	2.77		% TS	3	S	SAHM
MgO *	5.55		% TS	3	S	SAHM
MnO *	0.0676		% TS	3	S	SAHM
Na <sub>2</sub> O *	1.16		% TS	3	S	SAHM
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0531		% TS	3	S	SAHM
TiO <sub>2</sub> *	0.757		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	7.4		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	23.1		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	659		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	2.13		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	<0.05		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	44.3		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	479		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	41.6		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	<0.5		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	11.3		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	285		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	15.0		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	6770		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	19.1		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	2.24		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	194		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	177		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	1.06		mg/kg TS	3	S	SAHM
Y (Yttrium) *	15.3		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	98.8		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	74.7		mg/kg TS	3	S	SAHM
Th (Thorium) *	7.04		mg/kg TS	4	S	SAHM
U (Uran) *	2.93		mg/kg TS	4	S	SAHM
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	99.7	6.01	%	5	3	SAHM
TOC <sup>a ulev</sup>	0.224		% TS	5	3	SAHM
TIC <sup>a ulev</sup>	1.12	0.112	% TS	6	3	SAHM



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

"\*\*" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Alunskiferpakke</b></p> <p>Metode: <b>Metaller:</b> Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1. <b>TIC/TOC:</b> ISO 10694, EN 13137, EN 15936, Kolometri</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiane korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende. ALS kan ikke tolke resultatene og avgjøre hvorvidt materialet er alunskifer.</p>
2	<b>Knusing/oppmaling</b>
3	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdiane korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
4	<p><b>Metaller i jord, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
5	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936</p> <p>Måleprinsipp: Kolometri</p>



Metodespesifikasjon	
Rapporteringsgrenser:	LOR 0.01 % TS
Andre opplysninger:	TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).
6	<b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b>  Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS

Godkjenner	
SAHM	Sabra Hashimi

Utf <sup>1</sup>	
G	AFS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekia  Lokalisering av andre ALS laboratorier:  Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                        V Raji 906, 530 02 Pardubice  Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).





Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.



Mottatt dato **2020-03-30**  
 Utstedt **2020-04-14**

**COWI AS**  
**Marit J. Førde**

**Karvesvingen 2 Pb 6412**  
**0579 Oslo**  
**Norway**

Prosjekt **Fornebubanen**  
 Bestnr **A103106**

## Analyse av material

Deres prøvenavn	<b>KBH3 1b</b>					
Prøvetatt	<b>Kjerneprøver i skifer</b>					
	<b>2020-03-21</b>					
Labnummer	N00727074					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	-----			2	2	SAHM
Tørrstoff (L) *	99.4		%	3	W	SAHM
SiO <sub>2</sub> *	47.3		% TS	3	S	SAHM
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	17.9		% TS	3	S	SAHM
Kalsiumoksid (CaO) *	3.27		% TS	3	S	SAHM
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	8.92		% TS	3	S	SAHM
K <sub>2</sub> O *	4.93		% TS	3	S	SAHM
MgO *	4.07		% TS	3	S	SAHM
MnO *	0.0767		% TS	3	S	SAHM
Na <sub>2</sub> O *	0.993		% TS	3	S	SAHM
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.445		% TS	3	S	SAHM
TiO <sub>2</sub> *	0.853		% TS	3	S	SAHM
Glødetap (LOI) *	6.0		% TS	3	W	SAHM
As (Arsen) *	15.4		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ba (Barium) *	879		mg/kg TS	3	S	SAHM
Be (Beryllium) *	2.81		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cd (Kadmium) *	<0.05		mg/kg TS	3	S	SAHM
Co (Kobolt) *	35.7		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cr (Krom) *	217		mg/kg TS	3	S	SAHM
Cu (Kopper) *	54.9		mg/kg TS	3	S	SAHM
Hg (Kvikksølv) *	<0.03		mg/kg TS	3	G	SAHM
Mo (Molybden) *	0.666		mg/kg TS	3	S	SAHM
Nb (Niob) *	11.1		mg/kg TS	3	S	SAHM
Ni (Nikkel) *	135		mg/kg TS	3	S	SAHM
Pb (Bly) *	26.2		mg/kg TS	3	S	SAHM
S (Svovel) *	13500		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sc (Scandium) *	30.5		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sn (Tinn) *	2.64		mg/kg TS	3	S	SAHM
Sr (Strontium) *	259		mg/kg TS	3	S	SAHM
V (Vanadium) *	171		mg/kg TS	3	S	SAHM
W (Wolfram) *	<0.9		mg/kg TS	3	S	SAHM
Y (Yttrium) *	29.5		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zn (Sink) *	95.5		mg/kg TS	3	S	SAHM
Zr (Zirkonium) *	63.6		mg/kg TS	3	S	SAHM



Deres prøvenavn	<b>KBH3 1b</b>					
Prøvetatt	<b>Kjerneprøver i skifer</b>					
	<b>2020-03-21</b>					
Labnummer	N00727074					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Th (Thorium)*</b>	<b>9.57</b>		mg/kg TS	4	S	SAHM
<b>U (Uran)*</b>	<b>5.10</b>		mg/kg TS	4	S	SAHM
<b>Tørrstoff (E)<sup>a ulev</sup></b>	<b>99.3</b>	5.99	%	5	3	SAHM
<b>TOC<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.230</b>		% TS	5	3	SAHM
<b>TIC<sup>a ulev</sup></b>	<b>0.686</b>	0.069	% TS	6	3	SAHM



Deres prøvenavn	<b>KBH3 2b</b>					
Prøvetatt	<b>Kjerneprøver i skifer</b>					
	<b>2020-03-21</b>					
Labnummer	N00727075					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Alunskiferpakke *</b>	-----		-	1	1	ELNO
<b>Prøvepreparering *</b>	-----			2	2	SAHM
<b>Tørrstoff (L) *</b>	<b>99.5</b>		%	3	W	SAHM
<b>SiO<sub>2</sub> *</b>	<b>50.1</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> *</b>	<b>17.9</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>Kalsiumoksid (CaO) *</b>	<b>2.53</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> *</b>	<b>8.13</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>K<sub>2</sub>O *</b>	<b>4.74</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>MgO *</b>	<b>4.21</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>MnO *</b>	<b>0.0662</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>Na<sub>2</sub>O *</b>	<b>1.08</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *</b>	<b>0.479</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>TiO<sub>2</sub> *</b>	<b>0.848</b>		% TS	3	S	SAHM
<b>Glødetap (LOI) *</b>	<b>5.5</b>		% TS	3	W	SAHM
<b>As (Arsen) *</b>	<b>8.48</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Ba (Barium) *</b>	<b>887</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Be (Beryllium) *</b>	<b>3.76</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Cd (Kadmium) *</b>	<b>0.0485</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Co (Kobolt) *</b>	<b>26.5</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Cr (Krom) *</b>	<b>230</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Cu (Kopper) *</b>	<b>51.4</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Hg (Kvikksølv) *</b>	<b>&lt;0.02</b>		mg/kg TS	3	G	SAHM
<b>Mo (Molybden) *</b>	<b>&lt;0.5</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Nb (Niob) *</b>	<b>11.4</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Ni (Nikkel) *</b>	<b>127</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Pb (Bly) *</b>	<b>10.7</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>S (Svovel) *</b>	<b>5670</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Sc (Scandium) *</b>	<b>24.8</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Sn (Tinn) *</b>	<b>2.57</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Sr (Strontium) *</b>	<b>188</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>V (Vanadium) *</b>	<b>183</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>W (Wolfram) *</b>	<b>&lt;1</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Y (Yttrium) *</b>	<b>32.7</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Zn (Sink) *</b>	<b>104</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Zr (Zirkonium) *</b>	<b>68.2</b>		mg/kg TS	3	S	SAHM
<b>Th (Thorium) *</b>	<b>10.1</b>		mg/kg TS	4	S	SAHM
<b>U (Uran) *</b>	<b>4.58</b>		mg/kg TS	4	S	SAHM
<b>Tørrstoff (E) <sup>a</sup> ulev</b>	<b>99.4</b>	5.99	%	5	3	SAHM
<b>TOC <sup>a</sup> ulev</b>	<b>0.347</b>		% TS	5	3	SAHM
<b>TIC <sup>a</sup> ulev</b>	<b>0.446</b>	0.045	% TS	6	3	SAHM



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

"\*\*" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Alunskiferpakke</b></p> <p>Metode: <b>Metaller:</b> Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1. <b>TIC/TOC:</b> ISO 10694, EN 13137, EN 15936, Kolometri</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdierne korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende. ALS kan ikke tolke resultatene og avgjøre hvorvidt materialet er alunskifer.</p>
2	<b>Knusing/oppmaling</b>
3	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdierne korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
4	<p><b>Metaller i jord, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
5	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936</p> <p>Måleprinsipp: Kolometri</p>



Metodespesifikasjon	
Rapporteringsgrenser:	LOR 0.01 % TS
Andre opplysninger:	TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).
6	<b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b>  Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS

Godkjenner	
ELNO	Elin Noreen
SAHM	Sabra Hashimi

Utf <sup>1</sup>	
G	AFS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekkia  Lokalisering av andre ALS laboratorier:  Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                        V Raji 906, 530 02 Pardubice  Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet.

Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.



Mottatt dato **2018-05-15**  
 Utstedt **2018-06-07**

**COWI AS**  
**Signe Haukelidsæter**

**Karvesvingen 2**  
**0579 OSLO**  
**Norway**

Prosjekt **Fornebu**  
 Bestnr **A103196**

## Analyse av faststoff

Deres prøvenavn	<b>KBH 7 (103-103,20)</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00578701					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	-----			2	2	MAMU
Tørrstoff (L) *	99.6		%	3	W	ERAN
SiO <sub>2</sub> *	31.3		% TS	3	S	ERAN
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9.81		% TS	3	S	ERAN
Kalsiumoksid (CaO) *	26.9		% TS	3	S	ERAN
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	4.91		% TS	3	S	ERAN
K <sub>2</sub> O *	1.67		% TS	3	S	ERAN
MgO *	3.03		% TS	3	S	ERAN
MnO *	0.135		% TS	3	S	ERAN
Na <sub>2</sub> O *	0.945		% TS	3	S	ERAN
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	0.0661		% TS	3	S	ERAN
TiO <sub>2</sub> *	0.474		% TS	3	S	ERAN
Glødetap (LOI) *	18.8		% TS	3	W	ERAN
As (Arsen) *	8.82		mg/kg TS	3	S	ERAN
Ba (Barium) *	566		mg/kg TS	3	S	ERAN
Be (Beryllium) *	2.34		mg/kg TS	3	S	ERAN
Cd (Kadmium) *	<0.04		mg/kg TS	3	S	ERAN
Co (Kobolt) *	26.6		mg/kg TS	3	S	ERAN
Cr (Krom) *	190		mg/kg TS	3	S	ERAN
Cu (Kopper) *	26.4		mg/kg TS	3	S	ERAN
Hg (Kvikksølv) *	<0.02		mg/kg TS	3	G	ERAN
Mo (Molybden) *	0.622		mg/kg TS	3	S	ERAN
Nb (Niob) *	6.58		mg/kg TS	3	S	ERAN
Ni (Nikkel) *	111		mg/kg TS	3	S	ERAN
Pb (Bly) *	17.1		mg/kg TS	3	S	ERAN
S (Svovel) *	12600		mg/kg TS	3	S	ERAN
Sc (Scandium) *	11.3		mg/kg TS	3	S	ERAN
Sn (Tinn) *	1.17		mg/kg TS	3	S	ERAN
Sr (Strontium) *	786		mg/kg TS	3	S	ERAN
V (Vanadium) *	88.8		mg/kg TS	3	S	ERAN
W (Wolfram) *	<0.9		mg/kg TS	3	S	ERAN
Y (Yttrium) *	15.5		mg/kg TS	3	S	ERAN
Zn (Sink) *	53.4		mg/kg TS	3	S	ERAN
Zr (Zirkonium) *	78.0		mg/kg TS	3	S	ERAN





Deres prøvenavn	<b>KBH 7 (103-103,20)</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00578701					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Th (Thorium)*</b>	<b>4.63</b>		mg/kg TS	4	S	ERAN
<b>U (Uran)*</b>	<b>1.85</b>		mg/kg TS	4	S	ERAN
<b>Tørrstoff (E)<sup>a ulev</sup></b>	<b>99.6</b>	6.01	%	5	3	ERAN
<b>TOC<sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.490</b>		% TS	5	3	ERAN
<b>TIC<sup>a ulev</sup></b>	<b>3.54</b>	0.354	% TS	6	3	ERAN
<b>Fraktavgift*</b>	-----			7	1	MAMU
TOC: Forhøyet rapporteringsgrense grunnet sammenliknende konsentrasjoner av TC og TIC.						



Deres prøvenavn	<b>KBH 5 (105,28-105,53)</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00578702					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
Alunskiferpakke *	-----		-	1	1	ELNO
Prøvepreparering *	-----			2	2	MAMU
Tørrstoff (L) *	<b>99.6</b>		%	3	W	ERAN
SiO <sub>2</sub> *	<b>39.0</b>		% TS	3	S	ERAN
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	<b>14.1</b>		% TS	3	S	ERAN
Kalsiumoksid (CaO) *	<b>18.1</b>		% TS	3	S	ERAN
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	<b>5.29</b>		% TS	3	S	ERAN
K <sub>2</sub> O *	<b>2.84</b>		% TS	3	S	ERAN
MgO *	<b>4.48</b>		% TS	3	S	ERAN
MnO *	<b>0.191</b>		% TS	3	S	ERAN
Na <sub>2</sub> O *	<b>0.838</b>		% TS	3	S	ERAN
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	<b>0.0810</b>		% TS	3	S	ERAN
TiO <sub>2</sub> *	<b>0.559</b>		% TS	3	S	ERAN
Glødetap (LOI) *	<b>14.2</b>		% TS	3	W	ERAN
As (Arsen) *	<b>8.02</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Ba (Barium) *	<b>491</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Be (Beryllium) *	<b>2.15</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Cd (Kadmium) *	<b>&lt;0.04</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Co (Kobolt) *	<b>30.1</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Cr (Krom) *	<b>277</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Cu (Kopper) *	<b>28.4</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Hg (Kvikksølv) *	<b>&lt;0.02</b>		mg/kg TS	3	G	ERAN
Mo (Molybden) *	<b>&lt;0.4</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Nb (Niob) *	<b>9.58</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Ni (Nikkel) *	<b>182</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Pb (Bly) *	<b>13.7</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
S (Svovel) *	<b>3390</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Sc (Scandium) *	<b>13.6</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Sn (Tinn) *	<b>1.86</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Sr (Strontium) *	<b>353</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
V (Vanadium) *	<b>129</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
W (Wolfram) *	<b>1.10</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Y (Yttrium) *	<b>26.4</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Zn (Sink) *	<b>66.6</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Zr (Zirkonium) *	<b>102</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
Th (Thorium) *	<b>7.00</b>		mg/kg TS	4	S	ERAN
U (Uran) *	<b>3.69</b>		mg/kg TS	4	S	ERAN
Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup>	<b>99.4</b>	6.00	%	5	3	ERAN
TOC <sup>a ulev</sup>	<b>&lt;0.490</b>		% TS	5	3	ERAN
TIC <sup>a ulev</sup>	<b>3.50</b>	0.350	% TS	6	3	ERAN
TOC: Forhøyet rapporteringsgrense grunnet sammenliknende konsentrasjoner av TC og TIC.						



Deres prøvenavn	<b>KBH5 (94,3-94,6)</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00578703					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Alunskiferpakke *</b>	-----		-	1	1	ELNO
<b>Prøvepreparering *</b>	-----			2	2	MAMU
<b>Tørrstoff (L) *</b>	<b>99.7</b>		%	3	W	ERAN
<b>SiO<sub>2</sub> *</b>	<b>58.3</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> *</b>	<b>18.6</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Kalsiumoksid (CaO) *</b>	<b>2.12</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> *</b>	<b>5.26</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>K<sub>2</sub>O *</b>	<b>6.41</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>MgO *</b>	<b>0.718</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>MnO *</b>	<b>0.231</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Na<sub>2</sub>O *</b>	<b>6.03</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *</b>	<b>0.284</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>TiO<sub>2</sub> *</b>	<b>1.12</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Glødetap (LOI) *</b>	<b>1.8</b>		% TS	3	W	ERAN
<b>As (Arsen) *</b>	<b>&lt;3</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Ba (Barium) *</b>	<b>1440</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Be (Beryllium) *</b>	<b>7.74</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Cd (Kadmium) *</b>	<b>0.0898</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Co (Kobolt) *</b>	<b>2.98</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Cr (Krom) *</b>	<b>&lt;9</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Cu (Kopper) *</b>	<b>3.72</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Hg (Kvikksølv) *</b>	<b>&lt;0.02</b>		mg/kg TS	3	G	ERAN
<b>Mo (Molybden) *</b>	<b>16.8</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Nb (Niob) *</b>	<b>206</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Ni (Nikkel) *</b>	<b>3.43</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Pb (Bly) *</b>	<b>14.1</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>S (Svovel) *</b>	<b>10500</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Sc (Scandium) *</b>	<b>6.27</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Sn (Tinn) *</b>	<b>4.25</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Sr (Strontium) *</b>	<b>427</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>V (Vanadium) *</b>	<b>13.5</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>W (Wolfram) *</b>	<b>4.43</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Y (Yttrium) *</b>	<b>65.6</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Zn (Sink) *</b>	<b>126</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Zr (Zirkonium) *</b>	<b>1350</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Th (Thorium) *</b>	<b>33.0</b>		mg/kg TS	4	S	ERAN
<b>U (Uran) *</b>	<b>9.57</b>		mg/kg TS	4	S	ERAN
<b>Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup></b>	<b>100</b>	6.03	%	5	3	ERAN
<b>TOC <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.140</b>		% TS	5	3	ERAN
<b>TIC <sup>a ulev</sup></b>	<b>1.02</b>	0.102	% TS	6	3	ERAN
TOC: Forhøyet rapporteringsgrense grunnet sammenliknende konsentrasjoner av TC og TIC.						



Deres prøvenavn	<b>KBH5 (139,8-140,0)</b>					
	<b>Stein</b>					
Labnummer	N00578704					
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign
<b>Alunskiferpakke *</b>	-----		-	1	1	ELNO
<b>Prøvepreparering *</b>	-----			2	2	MAMU
<b>Tørrstoff (L) *</b>	<b>99.7</b>		%	3	W	ERAN
<b>SiO<sub>2</sub> *</b>	<b>47.2</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> *</b>	<b>18.6</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Kalsiumoksid (CaO) *</b>	<b>6.21</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> *</b>	<b>12.1</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>K<sub>2</sub>O *</b>	<b>4.02</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>MgO *</b>	<b>5.62</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>MnO *</b>	<b>0.159</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Na<sub>2</sub>O *</b>	<b>3.82</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> *</b>	<b>0.712</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>TiO<sub>2</sub> *</b>	<b>4.04</b>		% TS	3	S	ERAN
<b>Glødetap (LOI) *</b>	<b>3.7</b>		% TS	3	W	ERAN
<b>As (Arsen) *</b>	<b>&lt;3</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Ba (Barium) *</b>	<b>1240</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Be (Beryllium) *</b>	<b>1.86</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Cd (Kadmium) *</b>	<b>0.0578</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Co (Kobolt) *</b>	<b>38.5</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Cr (Krom) *</b>	<b>9.95</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Cu (Kopper) *</b>	<b>33.0</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Hg (Kvikksølv) *</b>	<b>&lt;0.02</b>		mg/kg TS	3	G	ERAN
<b>Mo (Molybden) *</b>	<b>2.16</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Nb (Niob) *</b>	<b>45.7</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Ni (Nikkel) *</b>	<b>15.3</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Pb (Bly) *</b>	<b>5.90</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>S (Svovel) *</b>	<b>7120</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Sc (Scandium) *</b>	<b>9.23</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Sn (Tinn) *</b>	<b>1.73</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Sr (Strontium) *</b>	<b>781</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>V (Vanadium) *</b>	<b>254</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>W (Wolfram) *</b>	<b>&lt;0.9</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Y (Yttrium) *</b>	<b>29.8</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Zn (Sink) *</b>	<b>99.6</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Zr (Zirkonium) *</b>	<b>245</b>		mg/kg TS	3	S	ERAN
<b>Th (Thorium) *</b>	<b>3.81</b>		mg/kg TS	4	S	ERAN
<b>U (Uran) *</b>	<b>1.11</b>		mg/kg TS	4	S	ERAN
<b>Tørrstoff (E) <sup>a ulev</sup></b>	<b>99.7</b>	6.01	%	5	3	ERAN
<b>TOC <sup>a ulev</sup></b>	<b>&lt;0.140</b>		% TS	5	3	ERAN
<b>TIC <sup>a ulev</sup></b>	<b>0.969</b>	0.097	% TS	6	3	ERAN
TOC: Forhøyet rapporteringsgrense grunnet sammenliknende konsentrasjoner av TC og TIC.						



"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

"\*\*" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p><b>Alunskiferpakke</b></p> <p>Metode: <b>Metaller:</b> Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1. <b>TIC/TOC:</b> ISO 10694, EN 13137, EN 15936, Kolometri</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdier korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende. ALS kan ikke tolke resultatene og avgjøre hvorvidt materialet er alunskifer.</p>
2	<b>Knusing/oppmaling</b>
3	<p><b>Bestemmelse av metaller etter pakke MG-2</b></p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS er utført ihht. ISO 17294-1, 2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse av Hg med AFS er utført ihht. ISO 17852. Tørrstoff er utført ihht. SS 028113-1.</p> <p>Prøve forbehandling: For analyse av As, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Pb, Sb, S, Se, Sn og Zn: Prøven tørkes ved 50°C og oppløses ihht. ASTM D3683 (mod.). Verdier korrigeres til TS ved 105°C. For øvrige elementer er oppløsningen utført ihht. ASTM D3682 (smeltes med LiBO<sub>2</sub>). Glødetap (LOI) utføres ved 1000°C.</p> <p>Note: Rapporteringsgrenser og måleusikkerhet kan påvirkes av f.eks. behovet for fortynning av prøven grunnet prøvematriks eller liten prøvemende.</p>
4	<p><b>Metaller i jord, tillegg til hovedpakke</b></p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>
5	<p><b>Bestemmelse av total organisk karbon (TOC) i jord, kolometri</b></p> <p>Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936</p> <p>Måleprinsipp: Kolometri</p>



Metodespesifikasjon	
Rapporteringsgrenser:	LOR 0.01 % TS
Andre opplysninger:	TOC er differansen mellom total karbon (TC) og total inorganisk karbon (TIC).
6	<b>Totalt uorganisk karbon (TIC) i jord e.l.</b>  Metode: ISO 10694, EN 13137, EN 15936 Måleprinsipp: Coulometri Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,010 % TS
7	<b>Frakt</b>

	Godkjenner
ELNO	Elin Noreen
ERAN	Erlend Andresen
MAMU	Marte Muri

	Utf <sup>1</sup>
G	AFS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
S	ICP-SFMS  Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
W	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS, Postboks 643 Skøyen, 0214 Oslo, Norge Leveringsadresse: Drammensveien 264, 0283 Oslo, Norge
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
3	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harfě 9/336, Praha, Tsjekia  Lokalisering av andre ALS laboratorier:  Ceska Lipa                      Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice                      V Raji 906, 530 02 Pardubice  Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

<sup>1</sup> Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).



Utf <sup>1</sup>

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside [www.alsglobal.no](http://www.alsglobal.no)

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.

COWI AS

Postboks 6412 Etterstad

0605 OSLO

Attn: Signe Haukelidsæter

**AR-18-MM-021822-01****EUNOMO-00203502**

Prøvemottak: 14.08.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 14.08.2018-29.08.2018

Referanse: FORNEBU

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>439-2018-08140500</b>	Prøvetakingsdato:	13.08.2018		
Prøvetype:	Andre faste matriser	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	KBH 10 (77,10-77,33 m) Fornebu	Analysestartdato:	14.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
* <b>NP:AP</b>					
* NP / AP	0.34	g/kg			Kalkulering
* Nøytraliserende potensiale (NP)	41.67	g/kg			Kalkulering
* Syredannende potensiale (AP)	121.88	g/kg			Kalkulering
* Fe:S	1.13	g/kg			Kalkulering
a)* Uran (U)	130	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Thorium (Th)	19	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Arsen (As)	94	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kadmium (Cd)	8.3	mg/kg TS	0.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kobber (Cu)	200	mg/kg TS	2.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Krom (Cr)	85	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kvikksølv (Hg)	0.098	mg/kg TS	0.05	25%	028150mod/EN ISO17852mod
a)* Nikkel (Ni)	280	mg/kg TS	2.5	35%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Bly (Pb)	49	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Sink (Zn)	300	mg/kg TS	25	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Jern (Fe)	44000	mg/kg TS	100	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a)* Svovel (S)	39000	mg/kg TS	1500	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a) Total tørrstoff glødetap	7.6	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Totalt organisk karbon (TOC)	7.6	% tv	0.2	15%	EN 13137-A
a) Homogenisering, knusing	1.0				EN 14780-11/EN

## Tegnforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Måleusikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



					15443-11/SS 187114-92/SS 187117-97, EN ISO 14780:17, EN 15443:2011, SS 187114:17, SS 187117:1997
a)	Totalt karbon (TC)	8.1 % tv	0.1	10%	EN 13137
a)	<b>Tørrstoff</b>				
a)	Total tørrstoff	99.3 %	0.1	10%	EN 12880: 2001-02
a)	Totalt uorganisk karbon (TIC)	0.5 % TS	0.1	10%	EN 13137-A

**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

a)\* Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

**Kopi til:**

Roger M. Konieczny (roko@cowi.no)

**Moss 29.08.2018**


.....  
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

**Tegnforklaring:**

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Måleusikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

COWI AS

Postboks 6412 Etterstad

0605 OSLO

Attn: Signe Haukelidsæter

**AR-18-MM-021823-01****EUNOMO-00203502**

Prøvemottak: 14.08.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 14.08.2018-29.08.2018

Referanse: FORNEBU

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>439-2018-08140501</b>	Prøvetakingsdato:	13.08.2018		
Prøvetype:	Andre faste matriser	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	KBH 10 (93,13-93,35 m) Fornebu	Analysedato:	14.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
* <b>NP:AP</b>					
* NP / AP	0.03	g/kg			Kalkulering
* Nøytraliserende potensiale (NP)	8.33	g/kg			Kalkulering
* Syredannende potensiale (AP)	306.25	g/kg			Kalkulering
* Fe:S	1.02	g/kg			Kalkulering
a)* Uran (U)	50	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Thorium (Th)	18	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Arsen (As)	140	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kadmium (Cd)	8.3	mg/kg TS	0.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kobber (Cu)	270	mg/kg TS	2.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Krom (Cr)	86	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kvikksølv (Hg)	0.049	mg/kg TS	0.05	25%	028150mod/EN ISO17852mod
a)* Nikkel (Ni)	210	mg/kg TS	2.5	35%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Bly (Pb)	120	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Sink (Zn)	310	mg/kg TS	25	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Jern (Fe)	100000	mg/kg TS	100	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a)* Svovel (S)	98000	mg/kg TS	1500	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a) Total tørrstoff glødetap	7.2	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Totalt organisk karbon (TOC)	3.5	% tv	0.2	15%	EN 13137-A
a) Homogenisering, knusing	1.0				EN 14780-11/EN

## Tegnforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Måleusikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

					15443-11/SS 187114-92/SS 187117-97, EN ISO 14780:17, EN 15443:2011, SS 187114:17, SS 187117:1997
a)	Totalt karbon (TC)	3.6 % tv	0.1	10%	EN 13137
a)	<b>Tørrstoff</b>				
a)	Total tørrstoff	99.3 %	0.1	10%	EN 12880: 2001-02
a)	Totalt uorganisk karbon (TIC)	0.1 % TS	0.1	10%	EN 13137-A

**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

a)\* Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

**Kopi til:**

Roger M. Konieczny (roko@cowi.no)

**Moss 29.08.2018**


.....  
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

**Tegnforklaring:**

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Målesikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

COWI AS

Postboks 6412 Etterstad

0605 OSLO

Attn: Signe Haukelidsæter

**AR-18-MM-021824-01****EUNOMO-00203502**

Prøvemottak: 14.08.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 14.08.2018-29.08.2018

Referanse: FORNEBU

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>439-2018-08140502</b>	Prøvetakingsdato:	13.08.2018		
Prøvetype:	Andre faste matriser	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	KBH 10 (179,80-180,0 m) Fornebu	Analysestartdato:	14.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
* <b>NP:AP</b>					
* NP / AP	0.00	g/kg			Kalkulering
* Nøytraliserende potensiale (NP)	0.00	g/kg			Kalkulering
* Syredannende potensiale (AP)	78.13	g/kg			Kalkulering
* Fe:S	3.36	g/kg			Kalkulering
a)* Uran (U)	12	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Thorium (Th)	52	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Arsen (As)	14	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kadmium (Cd)	< 1.1	mg/kg TS	0.5		EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kobber (Cu)	85	mg/kg TS	2.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Krom (Cr)	130	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kvikksølv (Hg)	< 0.046	mg/kg TS	0.05		028150mod/EN ISO17852mod
a)* Nikkel (Ni)	150	mg/kg TS	2.5	35%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Bly (Pb)	49	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Sink (Zn)	160	mg/kg TS	25	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Jern (Fe)	84000	mg/kg TS	100	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a)* Svovel (S)	25000	mg/kg TS	1500	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a) Total tørrstoff glødetap	1.8	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Totalt organisk karbon (TOC)	1.1	% tv	0.2	15%	EN 13137-A
a) Homogenisering, knusing	1.0				EN 14780-11/EN

## Tegnforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Måleusikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

					15443-11/SS 187114-92/SS 187117-97, EN ISO 14780:17, EN 15443:2011, SS 187114:17, SS 187117:1997
a)	Totalt karbon (TC)	1.2 % tv	0.1	10%	EN 13137
a)	<b>Tørrstoff</b>				
a)	Total tørrstoff	99.3 %	0.1	10%	EN 12880: 2001-02
a)	Totalt uorganisk karbon (TIC)	< 0.1 % TS	0.1		EN 13137-A
<b>Merknader:</b> Cd: Forhøyet LOQ pga vanskelig prøvematriks.					

**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

a)\* Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

**Kopi til:**

Roger M. Koniczny (roko@cowi.no)

**Moss 29.08.2018**


.....  
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

**Tegnforklaring:**

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Målesikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

COWI AS

Postboks 6412 Etterstad

0605 OSLO

Attn: Signe Haukelidsæter

**AR-18-MM-021825-01****EUNOMO-00203502**

Prøvemottak: 14.08.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 14.08.2018-29.08.2018

Referanse: FORNEBU

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>439-2018-08140503</b>	Prøvetakingsdato:	13.08.2018		
Prøvetype:	Andre faste matriser	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	KBH 9 (158,0-158,2 m) Fornebu	Analysestartdato:	14.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
* <b>NP:AP</b>					
* NP / AP	0.18	g/kg			Kalkulering
* Nøytraliserende potensiale (NP)	33.33	g/kg			Kalkulering
* Syredannende potensiale (AP)	184.38	g/kg			Kalkulering
* Fe:S	0.98	g/kg			Kalkulering
a)* Uran (U)	110	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Thorium (Th)	16	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Arsen (As)	120	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kadmium (Cd)	15	mg/kg TS	0.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kobber (Cu)	230	mg/kg TS	2.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Krom (Cr)	110	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kvikksølv (Hg)	0.087	mg/kg TS	0.05	25%	028150mod/EN ISO17852mod
a)* Nikkel (Ni)	280	mg/kg TS	2.5	35%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Bly (Pb)	380	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Sink (Zn)	440	mg/kg TS	25	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Jern (Fe)	58000	mg/kg TS	100	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a)* Svovel (S)	59000	mg/kg TS	1500	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a) Total tørrstoff glødetap	5.1	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Totalt organisk karbon (TOC)	6.1	% tv	0.2	15%	EN 13137-A
a) Homogenisering, knusing	1.0				EN 14780-11/EN

## Tegnforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Måleusikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

					15443-11/SS 187114-92/SS 187117-97, EN ISO 14780:17, EN 15443:2011, SS 187114:17, SS 187117:1997
a)	Totalt karbon (TC)	6.4 % tv	0.1	10%	EN 13137
a)	<b>Tørrstoff</b>				
a)	Total tørrstoff	99.3 %	0.1	10%	EN 12880: 2001-02
a)	Totalt uorganisk karbon (TIC)	0.4 % TS	0.1	10%	EN 13137-A

**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

a)\* Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

**Kopi til:**

Roger M. Konieczny (roko@cowi.no)

**Moss 29.08.2018**


.....  
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

**Tegnforklaring:**

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Målesikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

COWI AS

Postboks 6412 Etterstad

0605 OSLO

Attn: Signe Haukelidsæter

**AR-18-MM-021826-01****EUNOMO-00203502**

Prøvemottak: 14.08.2018

Temperatur:

Analyseperiode: 14.08.2018-29.08.2018

Referanse: FORNEBU

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>439-2018-08140504</b>	Prøvetakingsdato:	13.08.2018		
Prøvetype:	Andre faste matriser	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	KBH 9 (166,0-166,10 m) Fornebu	Analysestartdato:	14.08.2018		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
* <b>NP:AP</b>					
* NP / AP	0.04	g/kg			Kalkulering
* Nøytraliserende potensiale (NP)	8.33	g/kg			Kalkulering
* Syredannende potensiale (AP)	200.00	g/kg			Kalkulering
* Fe:S	0.95	g/kg			Kalkulering
a)* Uran (U)	140	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Thorium (Th)	16	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Arsen (As)	86	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kadmium (Cd)	2.5	mg/kg TS	0.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kobber (Cu)	170	mg/kg TS	2.5	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Krom (Cr)	73	mg/kg TS	2.5	25%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Kvikksølv (Hg)	0.19	mg/kg TS	0.05	25%	028150mod/EN ISO17852mod
a)* Nikkel (Ni)	200	mg/kg TS	2.5	35%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Bly (Pb)	190	mg/kg TS	1	20%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Sink (Zn)	110	mg/kg TS	25	30%	EN 13656 mod. / ICP-MS
a)* Jern (Fe)	61000	mg/kg TS	100	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a)* Svovel (S)	64000	mg/kg TS	1500	25%	EN 13656 mod. / ICP-AES
a) Total tørrstoff glødetap	9.0	% TS	0.1	10%	EN 12879 (S3a): 2001-02
a) Totalt organisk karbon (TOC)	10.5	% tv	0.2	15%	EN 13137-A
a) Homogenisering, knusing	1.0				EN 14780-11/EN

## Tegnforklaring:

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Måleusikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om måleusikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).



					15443-11/SS 187114-92/SS 187117-97, EN ISO 14780:17, EN 15443:2011, SS 187114:17, SS 187117:1997
a)	Totalt karbon (TC)	10.6 % tv	0.1	10%	EN 13137
a)	<b>Tørrstoff</b>				
a)	Total tørrstoff	99.4 %	0.1	10%	EN 12880: 2001-02
a)	Totalt uorganisk karbon (TIC)	0.1 % TS	0.1	10%	EN 13137-A

**Utførende laboratorium/ Underleverandør:**

a)\* Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping

a) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2005 SWEDAC 1125,

**Kopi til:**

Roger M. Konieczny (roko@cowi.no)

**Moss 29.08.2018**

.....  
Stig Tjomsland

ASM/Bachelor Kjemi

**Tegnforklaring:**

\* Ikke omfattet av akkrediteringen      LOQ: Kvantifiseringsgrense      MU: Målesikkerhet

&lt;: Mindre enn    &gt;: Større enn    nd: Ikke påvist.    Bakteriologiske resultater angitt som &lt;1,&lt;50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Opplysninger om målesikkerhet og konfidensintervall fås ved henvendelse til laboratoriet.

Målesikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Prøveidentifikasjon		Uvalgskriterier		Bergart	IAEA									
Tabell 2: Oversikt over prøver som ut fra en visuell vurdering ble sendt til kjemisk analyse samt målt konsentrasjon av uran i prøvene. Rosa farge viser til steinprøver som i hht. til Miljødirektoratets veileder M-310 er å anse som syredannende.					Tabell 3: Prøver tatt ut på Fornebu-banen, inkludert målte og estimerte verdier for uran, thorium og kalium. Prøver i rosa er prøver med høyt syredannepotensial, røde verdier er uranverdier som indikerer en radioaktivitet som kan overstige 1 Bq/g.									
Prøveidentifikasjon	Uvalgskriterier	Bergart	Prøveidentifikasjon	Uran	Estimert				Thorium	Estimert <sup>232</sup> Th	Estimert <sup>235</sup> U	K	Estimert aktivitet <sup>238</sup> U	
					mg/kg	Bq/kg	Bq/g	Bq/g						Bq/kg
(Uttak av skjerve)			Analysereport	mg/kg	Bq/kg	Bq/g	Bq/g	Bq/kg	mg/kg	Bq/kg	Bq/g	Bq/g		
K1 (20,0-20,34)	Sulfidmineralisering	Gangbergart/syenittporfyr	KBH-1 (20,0-20,34)	5,45	67,31	0,07	0,14	140,88	20,20	82,01	0,08	29 221,33	914,63	
K1 (26,84-27,10)	Sulfidmineralisering	Gangbergart/syenittporfyr	KBH-1 (26,84-27,10)	5,60	69,16	0,07	0,14	144,75	21,90	88,91	0,09	34 119,22	1 067,93	
K2b1 Kjerneprøve i skifer	Farge	Massiv leirskifer	K2b1 (16,0-16,1)	2,89	35,69	0,04	0,07	74,70	6,65	27,00	0,03	28 640,22	896,44	
K2b2 Kjerneprøve i skifer	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	K2b2 (19,9-17,0)	2,93	36,19	0,04	0,08	75,74	7,04	28,58	0,03	22 995,19	719,75	
K2 (23,0-23,41)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH-2 (23,0-23,41)	2,90	35,82	0,04	0,07	74,96	8,26	33,54	0,03	19 425,54	608,02	
K3 (42,23-42,70)	Farge/Sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH-2 (42,23-42,70)	3,36	41,50	0,04	0,09	86,85	8,70	35,32	0,04	23 244,24	727,54	
K3 1a (22,6-22,8)	Farge/Sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH3 1b Kjerneprøve i skifer	5,10	62,99	0,06	0,13	131,83	9,57	38,85	0,04	40 926,46	1 281,00	
K3 2b (22,6-22,8)	Farge/Uten synlig sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH3 2b Kjerneprøve i skifer	4,58	56,56	0,06	0,12	118,39	10,10	41,01	0,04	39 349,17	1 231,63	
K3 (28,20-28,40)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH-3 (28,20-28,40)	4,58	56,56	0,06	0,12	118,39	8,99	36,50	0,04	31 130,67	974,39	
K3 (31,22-31,61)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH-3 (31,22-31,61)	3,83	47,30	0,05	0,10	99,00	9,46	38,41	0,04	30 715,60	961,40	
K3 (107,0-107,30)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH-3 (107,0-107,30)	0,93	11,45	0,01	0,02	23,96	3,21	13,03	0,01	15 772,87	493,69	
K4 (73,60-73,82)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH-4 (73,60-73,82)	2,87	35,44	0,04	0,07	74,19	9,07	36,82	0,04	22 746,15	711,95	
K 4 (102,9-103,05)	Farge/sulfidmineralisering	Massiv leirskifer	KBH-4 (102,9-103,05)	3,38	41,74	0,04	0,09	87,37	15,60	63,34	0,06	24 655,49	771,72	
K 5 (94,3-94,6)	Sulfidmineralisering	Gangbergart/Syenitt	KBH- 5 (94,3-94,6)	9,57	118,19	0,12	0,25	247,37	33,00	133,98	0,13	53 212,70	1 665,56	
K5 (105,28-105,53)	Sulfidmineralisering	Skifer og knollekalk	KBH-5 (105,28-105,53)	3,69	45,57	0,05	0,10	95,38	7,00	28,42	0,03	23 576,30	737,94	
K5 (139,9-140,0)	Sulfidmineralisering	Diabas	KBH-5 (139,9-140,0)	1,11	13,71	0,01	0,03	28,69	3,81	15,47	0,02	33 372,08	1 044,55	
K7 (103-103,20)	Sulfidmineralisering/farge	Skifer og knollekalk	KBH-7 (103-103,20)	1,85	22,85	0,02	0,05	47,82	4,63	18,80	0,02	13 863,53	433,93	
K9 (158,0-158,2)	Farge, strek, rissing med kniv, sulfidmineralisering	Svartskifer/alunskifer	K9 (158,0-158,2)	110,00	1 358,50	1,36	2,84	2 843,35	16,00	64,96	0,06	-	-	
K9 (166,0-166,10)	Farge, strek, rissing med kniv, sulfidmineralisering	Svartskifer/alunskifer	K9 (166,0-166,10)	140,00	1 729,00	1,73	3,62	3 618,81	16,00	64,96	0,06	-	-	
KBH10 (77,10-77,33)	Farge, strek, rissing med kniv, sulfidmineralisering	Svartskifer/alunskifer	KBH10 (77,10-77,33)	130,00	1 605,50	1,61	3,36	3 360,32	19,00	77,14	0,08	-	-	
KBH 10 (93,13-93,35)	Farge, strek, rissing med kniv, sulfidmineralisering	Svartskifer/alunskifer	KBH 10 (93,13-93,35)	50,00	617,50	0,62	1,29	1 292,43	18,00	73,08	0,07	-	-	
KBH 10 (179,80-180)	Farge, strek, sulfidmineralisering	Svart skifer	KBH 10 (179,80-180)	12,00	148,20	0,15	0,31	310,18	52,00	211,12	0,21	-	-	
			Gjennomsnitt prøver totalt	23,03	284,40	0,28	0,60	595,24	14,01	56,88	0,06	22 134,85	896,59	
			Gjennomsnitt prøver med påvist alunskifer K9 og K10	88,40	1 091,74	1,09	2,29	2 285,02	24,20	98,25	0,10	-	-	

Tabell 4: Konvertering av konsentrasjoner av radionuklider i berg til spesifikke aktiviteter (IAEA, 2003).

Konverterings-verdier	Enhet	Isotop
1% K i berg	31	Bq/kg
1 ppm U i berg	12,35	Bq/kg
1 ppm Th i berg	4,06	Bq/kg

Tabell 5: Fordeling av aktivitet per isotop av naturlig uran (RSN, 2012).

Nuklide	Uran			Aktivitet i 1 g nat.U.
	<sup>238</sup> U	<sup>235</sup> U	<sup>234</sup> U	
Aktivitet	12 311	576	12 880	25 767
Enhet	Bq/g	Bq/g	Bq/g	Bq/g
Beregnet andel av total aktivitet	0,477781659	0,022354174	0,499864167	
Andel av 1 gram naturlig uran	0,9927	0,00719	0,000057	

Prøve	K2O (%TS)	K (% TS)	K (mg/kg)	K (g/kg)	<sup>40</sup> K (Bq/kg )
K1 (20,0-20,34)	3,52	2,92	29221	29	915
K1 (26,84-27,10)	4,11	3,41	34119	34	1068
K2 (23,0-23,41)	2,34	1,94	19426	19	608
K2 (42,23-42,70)	2,8	2,32	23244	23	728
K3 (27,50-27,70)	3,75	3,11	31131	31	974
K3 (31,22-31,61)	3,7	3,07	30716	31	961
K3 (107,0-107,30)	1,9	1,58	15773	16	494
K 4 (73,60-73,82)	2,74	2,27	22746	23	712
K 4 (102,9-103,05)	2,97	2,47	24655	25	772
K 5 (94,3-94,6)	6,41	5,32	53213	53	1666
K5 (105,28-105,53)	2,84	2,36	23576	24	738
K5 (139,8-140,0)	4,02	3,34	33372	33	1045
K7 (103-103,20)	1,67	1,39	13864	14	434
K9 (158,0-158,2)					
K9 (166,0-166,10)					
KBH10 (77,10-77,33)					
KBH 10 (93,13-93,35)					
KBH 10 (179,80-180)					
KBH3 1b Kjerneprøver i skifer	4,93	4,09	40926	41	1281
KBH3 2b Kjerneprøver i skifer	4,74	3,93	39349	39	1232
K2b1	3,45	2,86	28640	29	896
K2B2	2,77	2,30	22995	23	720
<b>GJ.snitt</b>			<b>28645</b>	<b>29</b>	

Molvekt (g/mol)	
K	39,0983
O	15,999

Molvekt (g/mol) K2O	
	94,1956

Masseprosent	
K	0,8301513
O	0,1698487

Tabell 4: Konvertering av konsentrasjoner av radionuklider i berg til spesifikke aktiviteter (IAEA, 2003).

	Konverterings-verdier	Enhet	Isotop
1% K i berg	313	Bq/kg	40K
1 ppm U i berg	12,35	Bq/kg	<sup>238</sup> U, or <sup>226</sup> Rn
1 ppm Th i berg	4,06	Bq/kg	<sup>232</sup> Th

	Estimert aktivitet naturlig uran på bakgrunn av verdi og andel av <sup>238</sup> U	Estimert aktivitet på bakgrunn av verdi og andel av <sup>238</sup> U	Estimert aktivitet på bakgrunn av verdi og andel av <sup>238</sup> U	Thorium	Estimert <sup>232</sup> T	Estimert <sup>232</sup> T	Estimert aktivitet <sup>40</sup> K
	Bq/g	Bq/kg	Bq/tonn	mg/kg	Bq/kg	Bq/g	Bq/kg
Gjennomsnitt prøver - totalt	0,60	595,24	595243	14,01	56,88	0,06	896,59
Gjennomsnitt prøver med påvist alunskifer - K9 og K10	2,29	2 285,02	2285019	24,20	98,25	0,10	

Tabell 6 Beregnet aktivitet fra U-nat, Th-nat og <sup>40</sup>K, og antatt total radioaktivitet i skifermassene som skal tas ut i forbindelse med arbeidene med Fornebubanen.

	Mengde	Enhet	Total Aktivitet U-nat (Bq)	Total Aktivitet Th nat (Bq)	Total Aktivitet <sup>40</sup> K (Bq)	Totalt (MBq)
Omregningsfaktor berg - løsmasser	2,7					
Estimert aktivitet på bakgrunn av verdi og andel (Bq/tonn)			2 285 019	98 252	896 592	
Forutsatt deponeringspliktige mengder mellom Skøyen - Majorstua	3 381	m <sup>3</sup>				
Deponeringspliktige mengder mellom Skøyen - Majorstua	9 129	tonn	20 859 249 735	896 913 032	8 184 716 918	29 941
Vækerø - Lysaker	21 190	tonn	48 419 545 159	2 081 959 880	18 998 778 741	69 500
Vækerø-Skøyen	6 521	tonn	14 899 464 097	640 652 166	5 846 226 370	21 386
Totalt Fornebubanen	36 839	tonn				120 828

Inkluderer 1% Majorstua-Skøyen + 900 m3 syredannende fra rømningsstunnelen

2% Lysaker - Vækerø

1% Vækerø-Skøyen

Tabell 7 Beregnet total vannmengde for alle tunnelstrekker i perioder med driving i antatt syredannende berg

Plassert renseanlegg (trasè)	Drivetid i syredannende berg (uker)	Mengder							
		Innlekkasje tunnel (L/s)	Drivevann (L/s)	Påboret vann (L/s)	Nedbør byggegrøp	Innsig grunnvann i byggegrøp	Estimert anleggsvann (L/s)	Estimert anleggsvann (L/uke)	Estimert total mengde vann med syredannende berg (L)
Madserud (rømnings tunnel)	2	0,48	1,93	0,22	ikke aktuelt	ikke aktuelt	2,63	1 589 700	3 179 400
Madserud (Madserud-Skøyen)	0,5	0,48	1,93	0,22	ikke aktuelt	Utgår	2,63	1 589 700	794 850
Madserud (Madserud-Majorstua)	0,5	0,29	1,93	0,22	ikke aktuelt	Utgår	2,44	1 476 300	738 150
Lysaker (Lysaker-Vækero)	1,5	0,48	1,93	0,22	ikke aktuelt	Utgår	2,63	1 589 700	2 384 550
Skøyen (Skøyen-Vækero)	1	0,54	1,93	0,22	ikke aktuelt	Utgår	2,69	1 627 500	1 627 500
Sum								7 872 900	8 724 450

Beregning:

Syredannende på Madserud: 900 m<sup>3</sup>: 50% av 4 uker = 2 uker

Skøyen-Majorstua: 1% av resten av tiden (feb. 23-jul. 24): 1% av 18 måneder Ca 1% av tida (52\*1,5\*0,01 = 0,78 uker)

Lysaker-Vækero : Anleggsgjennomføring: 511 dager, 2% = 1,5 uker

Anleggsgjennomføring Vækero-Skøyen: 367 dager, 1% = 0,5 uker

Beregnet vann er hentet fra "Excelark utslipp FOB", utslippssøknaden.

Innsig i byggegrøp utgår fordi det er forskjellige renseanlegg og fordi byggegrøpa skal være ferdig når tunneldrivinga pågår

Innlekkasje tunnel: Tunnelstrekke Lysaker-Vækero og Madserud-Skøyen \* 0,05 l/min/2 (hele tunnelen er jo ikke boret til å begynne med)

Drivevann: Var dobbelt fra før (2 rigger, 333 m<sup>3</sup>/døgn) fordelt på 16 timer driving per døgn

Påboret vann: Antar 200 l/min i 10% av riggtiden (16 timer i døgnet) = 200 l \* 60 min \* 16 timer \* 10% = 19 200 l/døgn per rigg = 19200/24/60/60 = 0,222 l/s

Tabell 8 Beregning av oppløste radionuklider som vil kunne følge med anleggsvann

Uran løst i vann	Enhet	U-nat	
		Min	Maks
Konsentrasjon U	mg/kg	0,0052	0,00825
Aktivitet per l vann	Bq/L	0,134351	0,213154
Madserud (Påslipp til VEAS)	Bq	633 118	1004466
Skøyen (Utslipp til Lysakerfjorden via sjøledning i Hofselva)	Bq	218 657	346 908
Lysaker (Utslipp til Lysakerfjorden via sjøledning i Lysakerelva)	Bq	320 368	508 276
Total drivetid (5 uker)	Bq	1 172 143	1 859 649

Tabell 9 Estimert konsentrasjon av uran, thorium og kalium i anleggsvannet som følge av konsentrasjonen av elementene i suspensert stoff ved et innhold av suspensert stoff på henholdsvis 200 og 100 mg/l. Konsentrasjonene i fast stoff er hentet fra Tabell 3.

Utrekning	Konsentrasjon i fast stoff (mg/kg)	U		Th		K	
		Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks
		88,40	140,00	24,20	52,00	22 135	53 213
Madserud (200 mg/kg suspensert stoff)	Konsentrasjon i vann som følge av partikulært materiale (µg/l)	17,68	28,00	4,84	10,40	4 427	10 643
Lysaker og Skøyen (100 mg/kg suspensert stoff)		8,84	14,00	2,42	5,20	2 213	5 321

Mengde vann (l)	8 724 450	Totalvannmengde i løpet av driveperioden i alunskifer på 5 uker	8 724 450
-----------------	-----------	---	-----------

1 ppm U i berg (Bq/kg)	12,35
238U aktivitet	0,478
1 ppm Th i berg (Bq/kg)	4,06
1% K i berg (Bq/kg)	313
Mengde vann Madserud (L)	4712400
Mengde vann Skøyen (L)	1627500
Mengde vann Lysaker (L)	2384550

0,014  
0,0001  
10000

Tabell 10 Beregning av aktiviteten knyttet til suspensert stoff i anleggsvann for total drivetid for partikulært U-nat, Th-nat og <sup>40</sup>K basert på gjennomsnitts- og maksimumskonsentrasjoner. Mengdene er fordelt på sine respektive renseanlegg (utslippspunkter)

Partikulært	Enhet	U-nat		Th-nat		K-nat	
		Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks	Gj.snitt	Maks
Madserud (VEAS)	Konsentrasjon mg/kg	0,018	0,028	0,005	0,010	4,427	10,643
	Aktivitet Bq/kg	0,457	0,723	0,020	0,042	0,139	0,333
	<b>Total mengde Bq</b>	<b>2 152 601</b>	<b>3 409 096</b>	<b>92 601</b>	<b>198 976</b>	<b>652 970</b>	<b>1 569 755</b>
Skøyen (Lysakerfjorden)	Konsentrasjon mg/kg	0,009	0,014	0,002	0,005	2,21	5,32
	Aktivitet Bq/kg	0,23	0,36	0,0098	0,0211	0,069	0,167
	<b>Total mengde Bq</b>	<b>371 717</b>	<b>588 692</b>	<b>15 991</b>	<b>34 360</b>	<b>112 757</b>	<b>271 069</b>
Lysaker (Lysakerfjorden)	Konsentrasjon mg/kg	0,009	0,014	0,002	0,005	2,213	5,321
	Aktivitet Bq/kg	0,228	0,362	0,0098	0,0211	0,069	0,167
	<b>Total mengde Bq</b>	<b>544 625</b>	<b>862 529</b>	<b>23 429</b>	<b>50 343</b>	<b>165 207</b>	<b>397 161</b>
<b>Totalt Forneubananen</b>		<b>3 068 943</b>	<b>4 860 317</b>	<b>132 020</b>	<b>283 679</b>	<b>930 933</b>	<b>2 237 985</b>

Tabell 11 Estimert totalt utslipp av radionuklider for hele Forneubananen i perioden 2022-2024 basert på en total vannmengde på 8 700 m<sup>3</sup>.

Utslippspunkt	Radionuklide	Konsentrasjon (µg/L)		Spesifikk aktivitet (Bq/g)		Total aktivitet i anleggsfasen (Bq)	
		Løst	Partikler	Løst	Partikler	Løst	Partikler
Utslipp til kommunalt spillvannnett	U-nat	8,25	28,00	2,13E-04	7,23E-04	1 004 466	3 409 096
	Th-nat	-	10,40	-	4,22E-05	-	198 976
	<sup>40</sup> K	-	10 643	-	3,33E-04	-	1 569 755
Utslipp til sjø via sjøledning fra Skøyen	U-nat	8,25	14,0	2,13E-04	3,62E-04	346 908	588 692
	Th-nat	-	5,20	-	2,11E-05	-	34 360
	<sup>40</sup> K	-	5 321	-	1,67E-04	-	271 069
Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	U-nat	8,25	14,0	2,13E-04	3,62E-04	508 276	862 529
	Th-nat	-	5 321	-	2,11E-05	-	50 343
	<sup>40</sup> K	-	5 321	-	1,67E-04	-	397 161

Tabell 1 og Tabell 13. utslipp det søkes tillatelse for i årene 2022-2024, basert på utslipp av en total vannmengde på 8 700 m<sup>3</sup>.

Ar	Utslippspunkt	Vannmengde (m <sup>3</sup> )	Radionuklide	Spesifikk aktivitet (Bq/g)		Total aktivitet per år (Bq)	
				Løst	Partikler	Løst	Partikler
2022	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat	-	7,04E-06	-	16 781
			<sup>40</sup> K	-	5,55E-05	-	132 387
	<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>795</b>				<b>169 425</b>	<b>436 677</b>
2023	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat	-	7,04E-06	-	16 781
			<sup>40</sup> K	-	5,55E-05	-	132 387
	Utslipp til sjø via sjøledning fra Skøyen	814	U-nat	1,07E-04	1,81E-04	173 454	294 346
			Th-nat	-	1,06E-05	-	17 180
			<sup>40</sup> K	-	8,33E-05	-	135 535
Utslipp til kommunalt spillvannnett	2356	U-nat	1,07E-04	3,62E-04	502 233	1 704 548	
		Th-nat	-	2,11E-05	-	99 488	
		<sup>40</sup> K	-	1,67E-04	-	784 877	
<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>3965</b>				<b>845 112</b>	<b>3 472 651</b>	
2024	Utslipp til sjø via sjøledning fra Lysaker	795	U-nat	7,11E-05	1,21E-04	169 425	287 510
			Th-nat	-	7,04E-06	-	16 781
			<sup>40</sup> K	-	5,55E-05	-	132 387
	Utslipp til sjø via sjøledning fra Skøyen	814	U-nat	1,07E-04	1,81E-04	173 454	294 346
			Th-nat	-	1,06E-05	-	17 180
			<sup>40</sup> K	-	8,33E-05	-	135 535
Utslipp til kommunalt spillvannnett	2356	U-nat	1,07E-04	3,62E-04	502 233	1 704 548	
		Th-nat	-	2,11E-05	-	99 488	
		<sup>40</sup> K	-	1,67E-04	-	784 877	
<b>Sum årlig utslipp</b>	<b>3965</b>				<b>845 112</b>	<b>3 472 651</b>	

- Lysaker-Vækerø: Fra mai 2022 til august 2024
- Vækerø-Skøyen: Fra januar 2023-mars 2024
- Skøyen-Majorstua: Fra februar 2023 til juli 2024

Tabell 14: Beregnet utslippsrate (Bq/s) av aktuelle radionuklider ved en utslippsrate på 2,7 L/s og et innhold av

Radionuklide	238U (Bq/s)	235U (Bq/s)	234U (Bq/s)	232Th (Bq/s)
Oppløst i vann, kun uran (16,5 µg/L)	0,55	0,026	0,58	-
Suspendert stoff (140 mg/kg U og 5,2 mg/kg Th)	0,47	0,022	0,49	0,057
<b>Sum utslippsrate (løst og som ss)</b>	<b>1,02</b>	<b>0,05</b>	<b>1,06</b>	<b>0,06</b>

0,0165 mg/L = 16,5 µg/l fra utlekkingsstester

1 ppm U i berg = 12,35 (konverteringsverdi)

0,478 er andelen av aktiviteten til 238U

2,7 l/s er vannmengden for 1 rigg

Tabell 15: Risikokoeffisient for eksponering biota

Radionuklide	Risikoeffisient	Begrensende organisme
<sup>232</sup> Th	2,74E-02	Planteplankton
<sup>234</sup> U	4,76E-04	Flerbørstemark
<sup>235</sup> U	2,10E-05	Flerbørstemark
<sup>238</sup> U	4,12E-04	Flerbørstemark
Summert risikoeffisient	2,83E-02	

Radionuklide	238U (Bq/s)	235U (Bq/s)	234U (Bq/s)	232Th (Bq/s)
Oppløst i vann, kun uran (16,5 µg/L)	1,10	0,051	1,15	-
Suspendert stoff (140 mg/kg U og 5,2 mg/kg Th)	0,93	0,044	0,98	0,114
<b>Sum utslippsrate (løst og som ss)</b>	<b>2,03</b>	<b>0,10</b>	<b>2,13</b>	<b>0,11</b>