

Statens Vegvesen Region Vest

Geologi i tunneltraséen og metallinnhold i bergartene

Rogfast-prosjektet



Oppdragsnr.: 5144240 Dokumentnr.: NO-110-YM Versjon: D01
2017-04-03

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen Region Vest
Oppdragsgivers kontaktperson: Merete Landsgård
Rådgiver: Norconsult AS
Oppdragsleder: Bjørn A. Kleppestø
Fagansvarlig: Bente Breyholtz
Andre nøkkelpersoner: Gaute R. Salomonsen, Anders Vik

D01	2017-04-03	For godkjenning oppdragsgiver	BeBre	GRS/AV	BjKle
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Statens vegvesen Region vest (Svv) prosjekterer ny E39 i kommunene Randaberg, Kvitsøy og Bokn. E39 Rogfast inngår i fergefri forbindelse langs vestlandskysten og skal blant annet binde Nord- og Sør-Rogaland sammen. Hensikten med utbyggingen er å oppnå fergefri kryssing av Boknafjorden og å utvikle E 39 Kyststamvegen mellom Stavanger og Trondheim.

Rogfast (Rogaland fastlandsforbindelse) består av en 27 km toløps tunnel, Boknafjordtunnelen, fra Harestad til Laupland, samt en ca. 4 km lang tunnelarm til Kvitsøy. Det skal være dagsoner på Kvitsøy, ved Laupland og på Harestad. E39 Rogfast medfører et totalt masseoverskudd på ca. 9 mill. pam^3 . Det er lagt opp til utfyllingsområder i sjø, ved Mekjarvik, Arsvågen og på Kvitsøy.

Siden massene skal utfylles i sjø har Norconsult på oppdrag fra SVV, gjennomført en kartlegging av bergartene i tunneltraséen, samt utført analyse av metallinnhold i de ulike bergartene og utlekkingspotensialet av metallene fra de ulike bergartene.

Analyseresultatene er vurdert opp mot Miljødirektoratets veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment (M-608/2016) og Miljødirektoratets veileder for testprogram for tildekkingsmasser, forurenset sjøbunn (M-411/2015).

Innhold

1	Innledning	5
2	Berggrunnen i tunneltraséen	6
3	Bergartene - geologi	9
3.1	Granittisk gneis #6, Bokn	10
3.2	Granittisk gneis #4, Bokn	10
3.3	Fyllitt #1, Kvitsøy/ Bokn	11
3.4	Grønnstein #2, Kvitsøy (Krågøy)	12
3.5	Grønnskifer/Svartskifer #3, Kvitsøy	12
3.6	Gabbro #5, Randaberg/Kvitsøy	13
3.7	Fyllitt Randaberg Dagberg, Randaberg	14
4	Utfyllingsområder og bergarter	15
4.1	Randaberg – Mekjarvik	15
4.2	Kvitsøy – Krossøy og Krågøy	15
4.3	Bokn – Arsvågen	15
5	Bergartene vs. metallinnhold	16
5.1	Metallinnhold	16
5.2	Karmøykompleksets bergarter	17
6	Disponering av stein	18
6.1	På land	18
6.2	I sjø	21
6.2.1	Miljødirektoratets veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment (M-608/2016)	21
6.2.2	Miljødirektoratets veileder for testprogram for tildekkingsmasser, forurenset sjøbunn (M-411/2015)	27
7	Utlekking av metaller fra bergartene	33

1 Innledning

Statens vegvesen Region vest (Sv) prosjekterer ny E39 i kommunene Randaberg, Kvitsøy og Bokn. E39 Rogfast inngår i fergefri forbindelse langs vestlandskysten og skal blant annet binde Nord- og Sør-Rogaland sammen. Hensikten med utbyggingen er å oppnå fergefri kryssing av Boknafjorden og å utvikle E 39 Kyststamvegen mellom Stavanger og Trondheim.

Rogfast (Rogaland fastlandsforbindelse) består av en 27 km toløps tunnel, Boknafjordtunnelen, fra Harestad til Laupland, samt en ca. 4 km lang tunnelarm til Kvitsøy. Det skal være dagsoner på Kvitsøy, ved Laupland og på Harestad. E39 Rogfast medfører et totalt masseoverskudd på ca. 9 mill. m^3 . Det er lagt opp til utfyllingsområder i sjø, ved Mekjarvik, Arsvågen og på Kvitsøy.

Siden massene skal utfylles i sjø har Norconsult på oppdrag fra SVV, gjennomført en kartlegging av bergartene i tunneltraséen, samt utført analyse av metallinnhold i de ulike bergartene og utlekkingspotensialet av metallene fra de ulike bergartene.

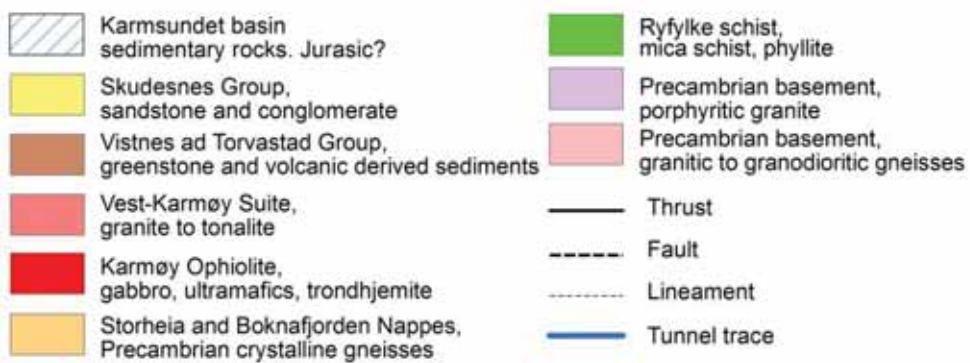
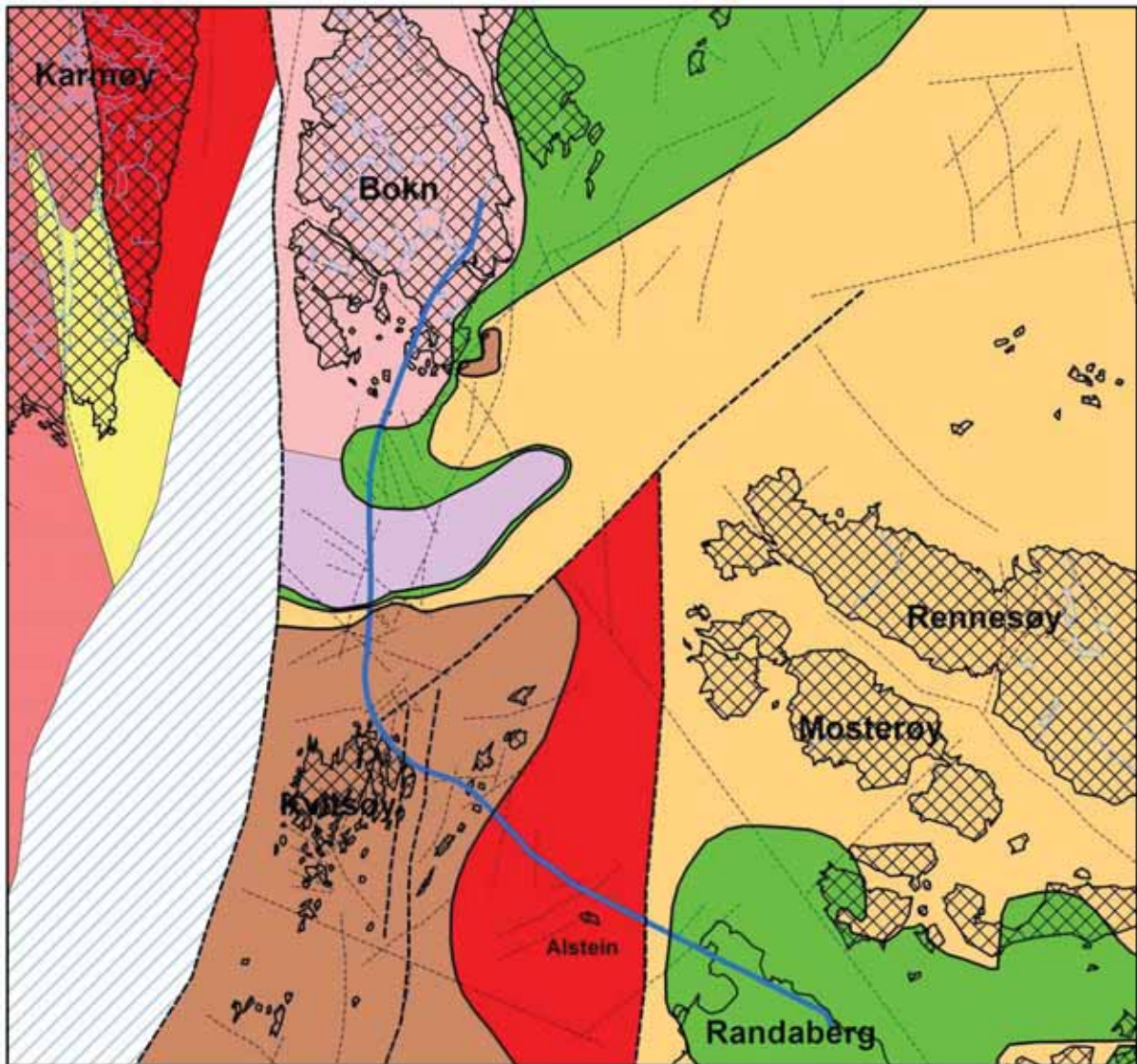
2 Berggrunnen i tunneltraséen

I forbindelse med reguleringsfasen for Rogfast-prosjektet utarbeidet SINTEF og COWI en geologisk rapport som bl.a. gir en oversikt over bergartsfordeling langs tunneltraséen. Et utdrag av rapporten er vist nedenfor.

Kort oppsummert består bergartene ved Randaberg hovedsakelig av fyllitt som går over i gabbro i sjøområdet mellom Randaberg og Kvitsøy. Under Kvitsøy ligger det et område hvor bergarten består av grønnstein, grønnskifer, svartskifer, etc. Videre mot Bokn finnes det er begrenset område med bergarten fyllitt, før det går over i de harde bergartene granitt og gneis. Det kan ikke utelukkes at det ligger skyvedekker av andre bergarter under

Fra geologisk rapport av SINTEF/COWI:

Figur 38 viser en revidert tolkning av geologien mellom Randaberg og Vestre Bokn (NGU, 2014). Som vist på det geologiske kartet dominerer Ryfylke skifer bestående av fyllitt og glimmerskifer på Randaberg. På øya Alstein mellom Randaberg og Kvitsøy er det registrert gabbro i forbindelse med kjerneboring (Karmøy ofiolitt). På Kvitsøy dominerer grønnstein og grønnskifer (Torvastad og Visnes gruppe). I området nord for Kvitsøy er det registrert svartskifer og grønnstein (samme bergart som ved kjerneboringa fra Sauholmen). I det dypeste partiet i tunnelen består bergmassen av en prekambrisk granitt. På Vestre Bokn er det observert både granittisk og diorittisk gneis (prekambrisk) samt fyllitt (Ryfylke skifer). Dette betyr at hovedstrekningen mellom Kvitsøy og Vestre Bokn mest sannsynlig består av prekambrisk granitt og gneis. Estimert prosentvis fordeling av de forskjellige bergartslagene er gitt i tabell 9 mot slutten av dette kapittelet. Strekningene mellom Randaberg-Kvitsøy og Kvitsøy-Vestre Bokn blir nærmere beskrevet hver for seg.



Figur 38 Foreslått geologisk kart over området. Tunnelens beliggenhet er vist som en blå linje. NGU rapport 2014.054

Tabell 9 Estimert prosentvis fordeling av bergarter

Profil fra - til		Lengde i m	Bergart I	Bergart II	Bergart III	Bergart IV	Bergart V
1 100	6 500	5 400	5 400				
6 500	7 000	500				500	
7 000	11 500	4 500		4 500			
11 500	18 300	6 800			6 800		
18 300	18 500	200	200				
18 500	18600	100				100	
18 600	22 500	3 900					3 900 (granitt)
22 500	27 710	5 210					5 210 (gneis)
	SUM i m	26 610	5 600	4 500	6 800	600	9 110
		% av tot. lengde	21	17	26	2	34

Bergartsbeskrivelser i tabell 9 er basert på NGUs rapport 2011.034, hvor

Bergart I =	Ryfylke skifer - fyllitt og qlimmerskifer, Kambrium - Ordovisium kvartsrik skifer
Bergart II =	Karmøy ofiolitt - gabbro, intrusive mafisk og ultramafisk berg - Ordovisium (nedre)
Bergart III =	Karmøy ofiolitt - grønnstein, grønnskifer, qlimmer/klorittskifer, tuff, lavabreksje, svartskifer og diabasganger, Torvastad og Visnes gruppe - Ordovisium (midtre til øvre)
Bergart IV =	Storheia dekke og Boknafjorden dekke - granittisk gneis, amfibolittisk- og qlimmer skifer med noen linser av marmor - Proterozoisk
Bergart V =	Autokton grunnfjellsgneis og granitt - granittisk til diorittisk gneis med kropper av gabbro og dekt med et tynt fyllittlag - Prekambrisk

3 Bergartene - geologi

Bilder av prøver fra de ulike bergartene langs tunneltraséen er vist i dette kapittelet. Delprøve av bergartene ble sendt til analyse mht. metallinnhold i bergarten, samt utlekking av metaller fra nedknust bergart.



Figur 1 Kjerneprøver av bergarter fra Rogfast-traséen. Oversiktsdata fra venstre til høyre er gitt i tabell 1.

Bildet viser prøver av bergartene og er navngitt fra venstre til høyre i tabellen nedenfor. Bilder av de ulike bergartene er vist i kapittel 2.1 - 2.7.

Tabell 1 Oversiktsdata for kjerneprøver av bergarter fra Rogfast-traséen. Prøvene er avbildet i figur 1.

Bergart	Område	Nr	Dyp
Granittisk gneis	Bokn	#6	428 m
Granittisk gneis	Bokn	#4	436 m
Fyllitt	Kvitsøy/Bokn	#1	371 m
Grønnstein	Kvitsøy (Krågøy)	#2	76 m
Grønnskifer/Svartskifer	Kvitsøy	#3	680 m
Gabbro	Randaberg/ Kvitsøy	#5	198 m

Fyllitt Randaberg	Randaberg		Dagberg
-------------------	-----------	--	---------

3.1 Granittisk gneis #6, Bokn



3.2 Granittisk gneis #4, Bokn





3.3 Fyllitt #1, Kvitsøy/ Bokn



3.4 Grønnstein #2, Kvitsøy (Krågøy)



3.5 Grønnskifer/Svartskifer #3, Kvitsøy





3.6 Gabbro #5, Randaberg/Kvitsøy



3.7 Fyllitt Randaberg Dagberg, Randaberg



4 Utfyllingsområder og bergarter

4.1 Randaberg – Mekjarvik

Utfyllingsmassene vil hovedsakelig komme fra

- drivingen av sidetunnelen/tverrslaget på Mekjarvik i entreprise E11
- drivingen av Boknafjordtunnelen nordover fra Randaberg i entreprise E03

Bergartene består her hovedsakelig av

- fyllitt fra Randaberg (Bergart I)
- noe gneis
- en del gabbro (Bergart II)

Utfyllingsområdet på Mekjarvik har meget stor kapasitet og det kan bli behov for å ta i bruk dette området for utfylling av tunnelstein fra andre entrepriser enn E03 og E11.

4.2 Kvitsøy – Krossøy og Krågøy

Utfyllingsmassene vil hovedsakelig komme fra

- drivingen av Boknafjordtunnelen sørover og nordover fra Kvitsøy i entreprise E02

Bergartene består her

- 80 – 90 % av grønnstein, grønnskifer, glimmerskifer, svartskifer, etc. (Bergart III)
- noe gabbro (Bergart II)
- noe granitt og kanskje litt fyllitt

4.3 Bokn – Arsvågen

Utfyllingsmassene vil hovedsakelig komme fra

- drivingen av sidetunnelen/tverrslaget på Arsvågen i entreprise E13
- drivingen av Boknafjordtunnelen sørover fra Bokn i entreprise E04

Bergartene består her hovedsakelig

- gneis (Bergart V)
- noe granitt
- kanskje noe fyllitt

5 Bergartene vs. metallinnhold

5.1 Metallinnhold

Ulike bergarter inneholder ulike typer og mengder metaller. Bergarten fyllitt er utbredt i Stavangerregionen og er kjent for å ha et naturlig høyt innhold av arsen. Grønnstein/grønnskifer finnes enkelte steder langs Vestlandskysten, samt i et område i Trondheimsregionen, og er kjent for å inneholde mye kobber og nikkel.

Fyllitt og grønnstein/grønnskifer er myke bergarter som ved sprengning vil finknuses mer til en sandfraksjon enn hardere bergarter som granittisk gneis og gabbro. Sandfraksjonen, og dermed partikkelbundene metaller, vil kunne spres mer til omgivelsene enn stein/blokker.

Analysen av metallinnholdet i de ulike bergartene er vist i tabellene nedenfor. Tabellene er delt opp iht. hvilket geografisk område/entreprise bergartene befinner seg i.

Tabell 2 Metallinnhold i bergarter fra Rogfast-traséen, Randaberg mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt Randaberg dagberg	Gabbro #5
Område		Randaberg	Randaberg/Kvitsøy
Entreprise		E11, E03	E02, E03
Arsen (As)	mg/kg	13,2	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	7,7	<1.0
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	40,2	43,4
Krom (Cr)	mg/kg	21,9	45,3
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	35,8	28,9
Sink (Zn)	mg/kg	75,7	29,5

Tabell 3 Metallinnhold i bergarter fra Rogfast-traséen, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Grønnstein #2	Grønnskifer/Svartskifer #3
Område		Kvitsøy	
Entreprise		E02	
Arsen (As)	mg/kg	4,09	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	<1.0	24
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	74,6	92,5
Krom (Cr)	mg/kg	131	11,2
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00

Nikkel (Ni)	mg/kg	95,6	63,4
Sink (Zn)	mg/kg	26,4	30,1

Tabell 4 Metallinnhold i bergarter fra Rogfast-traséen, Bokn mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt #1	Granittisk gneis #4	Granittisk gneis #6
Område		Kvitsøy/Bokn	Bokn	
Entreprise		E02/E04	E13, E04	
Arsen (As)	mg/kg	<3.00	<3.00	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	7,1	7	2,1
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	27,8	9,2	9,42
Krom (Cr)	mg/kg	32,5	13,1	76,2
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	44,1	6,7	18,7
Sink (Zn)	mg/kg	59,8	71,6	162

5.2 Karmøykompleksets bergarter

Mineraliseringene i Karmøyofiolittkomplekset har vært kjent i lang tid. Prospektering og undersøkelser av flere mineraliserte soner ble startet opp allerede på 1800-tallet, og det ble satt i gang prøvedrift og/eller ordinær drift ved flere forekomster. Hovedproduktene var kobber, sink og kis, samt nikkel i de nordre delene av komplekset. Vigsnes gruve drev på den mektigste sulfidkobbermalmen, og var på et tidspunkt landets største arbeidsplass. Når driften ble lagt ned i 1972, var gruva drevet til et dyp på 732 m. Vigsnesmalmen utgjør senteret av den mineraliserte provinsen, mens de andre forekomstene er betydelig mindre og spredt i vifteform rundt denne.

Metallforekomstene i Karmøyofiolitten er i litteraturen beskrevet som VMS-forekomster (volcanogenic massive sulfide). I slike forekomster skyldes oppkonsentreringen av metallelementer i berggrunnen utfelling av metallene fra hydrotermale fluidstrømmer som sirkulerer i mafiske intrusive bergarter. Slike forekomster inneholder som regel en sone med forholdsvis massiv sulfidmalm, og en randsoner med mer disseminerte og spredte tynne mineraliseringer med uryddig struktur. Forkastnings- og foldingsaktivitet i etterkant av malmens avsetning kan endre på den opprinnelige strukturen, noe som med all sannsynlighet også ser ut til å ha skjedd i Karmøyofiolitten. I NGUs mineralressursdatabase er det registrert et titalls forekomster av varierende utstrekning i Torvastad- og Visnesgruppen, og rundt 30 forekomster i Karmøyofiolittkomplekset som helhet. På Kvitsøy er det ikke registrert noen metallressurser.

Verdiene registrert på Kvitsøy er høye fra et miljømessig perspektiv, men kan generelt ikke sies å være spesielt høye med tanke på at området er en del av et velkjent, mineralisert, geologisk kompleks. Det kan for eksempel nevnes at estimerte gjennomsnittlige gehalter av Cu, Ni og Zn i jordskorpen er henholdsvis 55, 75 og 70 ppm (parts per million, tilsvarende mg/kg eller g/tonn).

6 Disponering av stein

6.1 På land

Dersom tunnelstein fra disse bergartene skal disponeres på land må metalkonsentrasjonene i massene vurderes i henhold til Miljødirektoratets veileder for helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (TA 2553/2009). Tilstandsklassene er gjengitt i tabell 5..

Masser hvor det påvises konsentrasjoner innenfor tilstandsklasse 1 er rene. Forurensningsforskriften legger ingen begrensninger på disponering av rene masser.

Ved gjenbruk av forurensete masser på egen eiendom må konsentrasjonene vurderes i henhold til arealbruk, se Tabell 6.

Tabell 5 Miljødirektoratets tilstandsklasser for forurenset grunn, med vurderingsgrad oppgitt i mg/kg TS

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Nivå som anses å være farlig avfall
Arsen (As)	< 8	8 – 20	20 – 50	50 – 600	600 – 1000
Bly (Pb)	< 60	60 – 100	100 - 300	300 - 700	700 – 2500
Kadmium (Cd)	< 1,5	1,5 - 10	10 - 15	15 - 30	30 – 1000
Krom, total (Cr)	< 50	50 - 200	200 - 500	500 - 2800	2800 - 25000
Kobber (Cu)	< 100	100 - 200	200 - 1000	1000 - 8500	8500 – 25000
Kvikksølv (Hg)	< 1	1 - 2	2 - 4	4 - 10	10 – 1000
Nikkel (Ni)	< 60	60 - 135	135 - 200	200 - 1200	1200 – 2500
Sink (Zn)	< 200	200 - 500	500 - 1000	1000 - 5000	5000 – 25000

Tabell 6. Aksepterte tilstandsklasser iht. arealbruk (s = spredning, h= helse)

Arealbruk	Toppjord (< 1 m)	Dypere jord (> 1 m)
Boligområder, barnehager og skoler	2 eller lavere	3 eller lavere 4 etter risikovurdering (s)
Sentrumsområder, kontorer og parkeringsarealer	3 eller lavere	3 eller lavere 4 etter risikovurdering (s) 5 etter risikovurdering (h og s)
Industri og trafikk	3 eller lavere 4 etter risikovurdering (s)	3 eller lavere 4 etter risikovurdering (s) 5 etter risikovurdering (h og s)

I tabellene nedenfor er metallinnholdet i bergartene klassifisert iht. forurenset grunn. Analyseresultatene viser at metallinnholdet i bergartene ikke overskrider tilstandsklasse 2 og kan dermed tillates brukt i toppjord på alle de ovennevnte arealbruk.

Som ventet inneholder fyllitt fra Randaberg arsenkonsentrasjoner over normverdi. Dette er altså naturlig, geologisk betinget i Stavangerområdet og har medført en aksept for en forhøyet normverdi for arsen i Stavangerområdet på 20 mg/kg.

Tabell 7 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av jord, Randaberg mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt Randaberg dagberg	Gabbro #5
Område		Randaberg	Randaberg/Kvitsøy
Entreprise		E11, E03	E02, E03
Arsen (As)	mg/kg	13,2	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	7,7	<1.0
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	40,2	43,4
Krom (Cr)	mg/kg	21,9	45,3
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	35,8	28,9
Sink (Zn)	mg/kg	75,7	29,5

Tabell 8 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av jord, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Grønnstein #2	Grønnskifer/Svartskifer #3
Område		Kvitsøy	
Entreprise		E02	
Arsen (As)	mg/kg	4,09	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	<1.0	24
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	74,6	92,5
Krom (Cr)	mg/kg	131	11,2
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	95,6	63,4
Sink (Zn)	mg/kg	26,4	30,1

Tabell 9 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av jord, Bokn mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt #1	Granittisk gneis #4	Granittisk gneis #6
Område		Kvitsøy/Bokn	Bokn	
Entreprise		E02/E04	E13, E04	
Arsen (As)	mg/kg	<3.00	<3.00	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	7,1	7	2,1
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	27,8	9,2	9,42
Krom (Cr)	mg/kg	32,5	13,1	76,2
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	44,1	6,7	18,7
Sink (Zn)	mg/kg	59,8	71,6	162

Grønnstein og grønskifer/svartskifer inneholder konsentrasjoner av kobber og nikkel over normverdi. Selv om det er kjent at disse bergartene inneholder naturlig høye konsentrasjoner av disse metallene, er det ikke gitt forhøyede normverdier for kobber og nikkel i områder med mye grønnstein og grønskifer. Årsaken kan være at det ikke har vært mange utbyggingssaker/gravearbeider i slike geologiske områder som har medført fokus på forurenset grunn og behovet for forhøyet normverdi.

6.2 I sjø

Miljødirektoratet har gitt ut en veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment (M-608/2016) hvor det er oppgitt fem klassegrenser i marint vann og sediment for prioriterte miljøgifter. Klassegrensene I – V representerer en forventet økende grad av skade på organismsamfunnet i vannsøylen og sedimentene.

Klassifiseringssystemet for sedimenter er beregnet til bruk for finkornet sediment, bestående av leire og/eller silt.

Miljødirektoratet har også gitt ut en veileder for testprogram for tildekkingsmasser, forurenset sjøbunn (M-411/2015). Denne veilederen skal brukes når egnetheten av masser til tildekking av forurensete sedimenter skal vurderes. En type tildekkingsmasse er i veilederen omtalt som brytningsmasse og definert som består av opprinnelig brutt fast berggrunn og nedknuste og utsiktede fraksjoner av denne, samt nedknuste ur- og blokkmasser.

Stein fra tunnelsprengning består av alt fra store blokker til sand-/leirpartikler. Det er anslått at tunnelmasser inneholder ca. 20 % finstoff (sand og finere), men dette vil variere med type bergart (hard/myk).

Sedimentene i alle Rogfast sine sjøområder er påvist rene ved prøvetaking.

6.2.1 Miljødirektoratets veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment (M-608/2016)

For tunnelstein som skal fylles ut i sjø er metallinnholdet i nedknust bergart vurdert i henhold til tilstandsklasser i sediment gitt i Miljødirektoratets veileder for klassifisering av miljøgifter i vann og sediment (M-608/2016). Tilstandsklassene er gjengitt i tabell 10 og vurderte analyseresultater er vist i tabell 11 – 16.

Tabell 10 Tilstandsklasser for miljøgifter i marine sediment, M-608/2016.

Parameter	Enhet	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
Arsen (As)	mg/kg	15	18	71	580	>580
Bly (Pb)	mg/kg	25	150	1480	2000	2000-2500
Kadmium (Cd)	mg/kg	0,2	2,5	16	157	>157
Kopper (Cu)	mg/kg	20	84	84	147	>147
Krom (Cr)	mg/kg	60	660	6000	15500	15500-25000
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	0,05	0,52	0,75	1,45	>1,45
Nikkel (Ni)	mg/kg	30	42	271	533	>533
Sink (Zn)	mg/kg	90	139	750	6690	>6690

I tabellene nedenfor er metallinnholdet i bergartene klassifisert iht. marint sediment. Analyseresultatene viser at med unntak av grønnstein og grønskifer/svartskifer, overskrider ikke metallinnholdet i bergartene tilstandsklasse II.

Analysene av én prøve av grønnstein og grønskifer/svartskifer viser kobberkonsentrasjoner i tilstandsklasse III og IV og nikkel i tilstandsklasse III.

Tabell 11 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Randaberg mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt Randaberg dagberg	Gabbro #5
Område		Randaberg	Randaberg/Kvitsøy
Entreprise		E11, E03	E02, E03
Arsen (As)	mg/kg	13,2	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	7,7	<1.0
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	40,2	43,4
Krom (Cr)	mg/kg	21,9	45,3
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	35,8	28,9
Sink (Zn)	mg/kg	75,7	29,5

Tabell 12 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Grønnstein #2	Grønskifer/Svartskifer #3
Område		Kvitsøy	
Entreprise		E02	
Arsen (As)	mg/kg	4,09	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	<1.0	24
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	74,6	92,5
Krom (Cr)	mg/kg	131	11,2
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	95,6	63,4
Sink (Zn)	mg/kg	26,4	30,1

Tabell 13 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Bokn mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt #1	Granittisk gneis #4	Granittisk gneis #6
Område		Kvitsøy/Bokn	Bokn	
Entreprise		E02/E04	E13, E04	
Arsen (As)	mg/kg	<3.00	<3.00	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	7,1	7	2,1
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	27,8	9,2	9,42
Krom (Cr)	mg/kg	32,5	13,1	76,2
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	44,1	6,7	18,7
Sink (Zn)	mg/kg	59,8	71,6	162

Tabell 14 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Krågøy 01, 50m, grønnstein	Krågøy IC, 150-262m, Grønnskifer/grønnstein	Krågøy nord (03B), 50-150m, grønnstein	Krågøy nord (03B), 200-350m, Grønnskifer	Hestholmen, 367m, Svartskifer
Område		Kvitsøy				
Entreprise		E02				
Arsen (As)	mg/kg	<3.00	5,27	<3.00	<3.00	9,23
Bly (Pb)	mg/kg	<1.0	13,6	<1.0	6	8,2
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	0,29	<0.10	0,43	0,66
Kopper (Cu)	mg/kg	39,4	25,2	42,7	51,6	44,4
Krom (Cr)	mg/kg	66,3	20,1	91	20,7	8,7
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	39,8	56,9	63,3	66,8	61,6
Sink (Zn)	mg/kg	26,9	36,7	34,1	65,7	69

Tabell 15 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Sauholmen, 1-200m, Grønnskifer/Svartskifer	Sauholmen, 250-450m, Grønnskifer/Svartskifer	Sauholmen, 500-550m, Grønnskifer/Svartskifer	Sauholmen, 600-750m, Svartskifer	Sauholmen, 800-900m, Grønnskifer/Svartskifer
Område		Kvitsøy				
Entreprise		E02				
Arsen (As)	mg/kg	<3.00	7,05	36	<3.00	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	2,3	5,3	5,5	9,2	9,3
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	0,17	0,63	0,36	0,19
Kopper (Cu)	mg/kg	64,4	45,4	14,9	40,4	42,6
Krom (Cr)	mg/kg	87,6	60,6	22,7	20,8	29
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	79,8	62,3	42	72,6	51,3
Sink (Zn)	mg/kg	39,7	46,4	39,4	64	47,3

Tabell 16 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Hestholmen 2, 1-400m, Grønnskifer	Hestholmen 2, 500m, Svartskifer
Område		Kvitsøy	
Entreprise		E02	
Arsen (As)	mg/kg	3,28	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	<1.0	11,8
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	1,05
Kopper (Cu)	mg/kg	22,6	28,1
Krom (Cr)	mg/kg	47,1	16,9
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	34,1	70
Sink (Zn)	mg/kg	28,6	65,1

I henhold til Miljødirektoratets veileder for Risikovurdering av forurenset sediment (TA 2802/2011), så kan sediment/masser på sjøbunnen «friskmeldes» mht. økologisk risiko dersom

- gjennomsnittskonsentrasjonen for hver miljøgift i alle prøvene (minst 5) er lavere enn grenseverdien for tilstandsklasse II/III
- og ingen enkeltkonsentrasjon er høyere enn den høyeste av
 - 2 x grenseverdien
 - grensen mellom klasse III og IV for stoffet.

Analyseresultatene viser at, med unntak av grønnstein og grønnskifer/svartskifer, så kan bergartene friskmeldes mht. disponering i sjø. Av denne årsak er det tatt ut ekstra mange prøver av disse bergartene for å oppnå et mer statistisk riktig bilde av situasjonen.

For grønnstein og grønnskifer/svartskifer overskrider konsentrasjonen av kobber klasse III og kan dermed ikke umiddelbart friskmeldes. I tillegg er nikkelkonsentrasjonen i grønnstein over 2 x grenseverdien for tilstandsklasse II/III. Ved utfylling i sjø av disse bergartene må det gjennomføres en egen risikovurdering. Dette har betydning med tanke på partikkelbundet kobber og sink mht. forurensning av sjøbunn til konsentrasjoner som er skadelig for sedimentlevende organismer. Miljøgifter som tas opp i bunnlevende organismer vil kunne oppkonsentreres i næringskjeden.

6.2.2 Miljødirektoratets veileder for testprogram for tildekkingsmasser, forurenset sjøbunn (M-411/2015)

For tunnelstein som skal fylles ut i sjø er metallinnholdet i nedknust bergart vurdert i henhold til tilstandsklasser i sediment gitt i Miljødirektoratets veileder for testprogram for tildekkingsmasser, forurenset sjøbunn (M-411/2015). Akseptverdier for mudrede masser og masser fra land er vist i tabellen innlemmet i figur 2 og vurderte analyseresultater er vist i tabell 17 – 22. Overskridelse av akseptverdier for masser fra land er vist med uthevet skrift.

For fyllitten som skal ut i sjø ved Mekjarvik viser analyseresultatene overskridelse av akseptverdi for masser fra land for arsen. Det er kjent at berggrunn av fyllitt inneholder naturlig høy konsentrasjon av arsen. Derfor har Miljødirektoratet satt en lokal forhøyet normverdi for rene masser for arsen i de områder av Norge som har mye fyllitt i berggrunnen. I Stavanger er normverdien for arsen satt til 20 mg/kg.

For bergarten gabbro er det ingen overskridelser av akseptverdi for masser fra land. Dersom disse massene skal i sjø vil det bli ved Mekjarvik eller muligens på Kvitsøy.

For bergartene grønnstein, grønnskifer/svartskifer som skal ut i sjø på Kvitsøy viser analyseresultatene varierende overskridelser av akseptverdi for masser fra land for parametrene arsen, kobber, krom, nikkel og sink.

For bergartene granittisk gneis og fyllitt som skal ut i sjø ved Arsvågen er det påvist overskridelse av akseptverdi for masser fra land for krom, nikkel og sink.

Figur 2 er sakset fra vedlegg A i veileder M-411/2015. Den viser at akseptverdi for masser fra land for skal være basert på hva som er naturlig innhold i de fleste norske jord og bergarter og hva som regnes som forurenset/rent på land (normverdiene). I tillegg sier den at det skal være mulig å bruke materialer fra vanlige norske berg/jordarter slik vi har her.

Vedlegg A. Generelle betraktninger om kjemisk karakterisering og testing av materialers kjemiske stabilitet

A.1 Kjemisk karakterisering av tildekkingsmasser - Trinn 1-akseptverdier

Trinn 1-akseptverdien for tildekkingsmasser skal blant annet ivareta følgende forhold:

1. Det skal brukes rene masser, relativt til normaltstanden i norske fjorder og kystfarvann
2. Det skal være mulig å bruke materialer fra vanlige norske berg / jordarter
3. Det skal ikke være mulig å bruke forurensede overskuddsmasser til tildekkingsformål

Punkt 1 gjør det naturlig å basere akseptverdien for innhold av tungmetaller på tilstandsklasse I og II for sedimenter i [Klassifiseringsveilederen, Veileder 02:2013](#). Disse verdiene er vist i Tabell A 1 og Tabell A 2.

For enkelte metaller er imidlertid tilstandsklasse II (og til dels klasse I) for sjøbunnsedimenter betydelig høyere enn hva som er naturlig innhold i de fleste norske jord og bergarter og hva som regnes som forurenset på land i henhold til Forurensningsforskriften kapittel 2, vedlegg 1 («[Normverdier](#)»). Også for enkelte organiske miljøgifter er grenseverdiene for tilstandsklasse II i sedimenter høyere enn normverdiene for forurensede løsmasser på land.

Det er derfor anbefalt å bruke ett kriteriesett for vurdering av tildekking med oppmudrede masser og ett sett for masser fra land. Kriteriene for masser fra land er basert på normverdier for løsmasser, men der disse grensene er høyere enn tilstandsklasse II for sedimenter er akseptverdien justert ned til tilstandsklasse II for sedimenter. For metaller gjelder dette stoffene kobber, kvikksølv, nikkel og sink som vist av Tabell A 1. For organiske stoff, se Tabell A 2.

Tabell A 1 Utvikling av trinn 1-akseptverdier for tungmetaller, mg/kg TS.

Parameter	Tilstandsklasse I	Tilstandsklasse II Akseptverdi for mudrede masser	Normverdi	Akseptverdi for andre masser (fra land)
Arsen	< 15	< 18	8	< 8
Bly	< 25	< 150	60	< 60
Kadmium	< 0,2	< 2,5	1,5	< 1,5
Kobber	< 20	< 84	100	< 84
Krom	< 60	< 660	50	< 50
Kvikksølv	< 0,05	< 0,52	1	< 0,52
Nikkel	< 30	< 42	60	< 42
Sink	< 90	< 139	200	< 139

Figur 2 Utsnitt av Vedlegg A i Miljødirektoratets veileder for testprogram for tildekkingsmasser, forurenset sjøbunn (M-411/2015)

Tabell 17 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Randaberg mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt Randaberg dagberg	Gabbro #5
Område		Randaberg	Randaberg/Kvitsøy
Entreprise		E11, E03	E02, E03
Arsen (As)	mg/kg	13,2*	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	7,7	<1.0
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	40,2	43,4
Krom (Cr)	mg/kg	21,9	45,3
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	35,8	28,9
Sink (Zn)	mg/kg	75,7	29,5

Tabell 18 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Grønnstein #2	Grønnskifer/Svartskifer #3
Område		Kvitsøy	
Entreprise		E02	
Arsen (As)	mg/kg	4,09	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	<1.0	24
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	74,6	92,5
Krom (Cr)	mg/kg	131	11,2
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	95,6	63,4
Sink (Zn)	mg/kg	26,4	30,1

Tabell 19 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Bokn mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt #1	Granittisk gneis #4	Granittisk gneis #6
Område		Kvitsøy/Bokn	Bokn	
Entreprise		E02/E04	E13, E04	
Arsen (As)	mg/kg	<3.00	<3.00	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	7,1	7	2,1
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	<0.10	<0.10
Kopper (Cu)	mg/kg	27,8	9,2	9,42
Krom (Cr)	mg/kg	32,5	13,1	76,2
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	44,1	6,7	18,7
Sink (Zn)	mg/kg	59,8	71,6	162

Tabell 20 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Krågøy 01, 50m, grønnstein	Krågøy IC, 150-262m, Grønnskifer/grønnstein	Krågøy nord (03B), 50-150m, grønnstein	Krågøy nord (03B), 200-350m, Grønnskifer	Hestholmen, 367m, Svartskifer
Område		Kvitsøy				
Entreprise		E02				
Arsen (As)	mg/kg	<3.00	5,27	<3.00	<3.00	9,23
Bly (Pb)	mg/kg	<1.0	13,6	<1.0	6	8,2
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	0,29	<0.10	0,43	0,66
Kopper (Cu)	mg/kg	39,4	25,2	42,7	51,6	44,4
Krom (Cr)	mg/kg	66,3	20,1	91	20,7	8,7
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	39,8	56,9	63,3	66,8	61,6
Sink (Zn)	mg/kg	26,9	36,7	34,1	65,7	69

Tabell 21 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Sauholmen, 1-200m, Grønnskifer/Svartskifer	Sauholmen, 250-450m, Grønnskifer/Svartskifer	Sauholmen, 500-550m, Grønnskifer/Svartskifer	Sauholmen, 600-750m, Svartskifer	Sauholmen, 800-900m, Grønnskifer/Svartskifer
Område		Kvitsøy				
Entreprise		E02				
Arsen (As)	mg/kg	<3.00	7,05	36	<3.00	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	2,3	5,3	5,5	9,2	9,3
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	0,17	0,63	0,36	0,19
Kopper (Cu)	mg/kg	64,4	45,4	14,9	40,4	42,6
Krom (Cr)	mg/kg	87,6	60,6	22,7	20,8	29
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	79,8	62,3	42	72,6	51,3
Sink (Zn)	mg/kg	39,7	46,4	39,4	64	47,3

Tabell 22 Metallinnhold i bergarter vurdert mot klassifisering av marine sedimenter, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Hestholmen 2, 1-400m, Grønnskifer	Hestholmen 2, 500m, Svartskifer
Område		Kvitsøy	
Entreprise		E02	
Arsen (As)	mg/kg	3,28	<3.00
Bly (Pb)	mg/kg	<1.0	11,8
Kadmium (Cd)	mg/kg	<0.10	1,05
Kopper (Cu)	mg/kg	22,6	28,1
Krom (Cr)	mg/kg	47,1	16,9
Kvikksølv (Hg)	mg/kg	<1.00	<1.00
Nikkel (Ni)	mg/kg	34,1	70
Sink (Zn)	mg/kg	28,6	65,1

7 Utlekking av metaller fra bergartene

For tunnelstein som skal fylles ut i sjø er det utført en utlekkingsstest av metaller i nedknust bergart. Utlekkingsstestene er av typen ristetest L/S 10 med destillert vann.

Utlekkingspotensialet vurdert i henhold til tilstandsklasser i sediment gitt i Miljødirektoratets veileder for testprogram for tildekkingsmasser, forurenset sjøbunn (M-411/2015).

Akseptkriteriene er gjengitt i tabell 23 og vurderte analyseresultater er vist i tabell 24 – 26. Overskridelse av akseptverdier for masser fra land er vist med uthevet skrift.

Tabell 23 Akseptverdier for tildekkingsmateriale ved utlekkingsstester med sjøvann ($\mu\text{g/l}$)

Parameter	Initiell utlekking, tilstandskl. III (eluat ristetest L/S 10)
Arsen	10
Bly	14
Kadmium	0,45-1,5*
Kobber	2,6
Krom	36
Kvikksølv	0,07
Nikkel	34
Sink	6

*avhengig av vannets hardhet

For fyllitt som skal ut i sjø ved Mekjarvik, viser analyseresultatene overskridelse av akseptverdi for masser fra land for sink.

For bergarten gabbro er det ingen overskridelser av akseptverdi for masser fra land. Dersom disse massene skal i sjø vil det bli ved Mekjarvik eller muligens på Kvitsøy.

For bergartene grønnstein, grønnskifer/svartskifer, som skal ut i sjø på Kvitsøy, viser analyseresultatene overskridelser av akseptverdi for masser fra land for metallene kobber og sink fra grønnskifer/svartskifer.

For bergartene granittisk gneis og fyllitt, som skal ut i sjø ved Arsvågen, er det påvist overskridelse av akseptverdi for masser fra land for kobber og sink.

Tabell 24 Metallinnhold i utlekking fra bergarter vurdert mot klassifisering av kystvann, Randaberg mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt Randaberg dagberg	Gabbro #5
Område		Randaberg	Randaberg/Kvitsøy
Entreprise		E11, E03	E02, E03
Arsen (As)	µg/l	<1.0	<1.0
Bly (Pb)	µg/l	<1.0	<1.0
Kadmium (Cd)	µg/l	<0.50	<0.50
Kopper (Cu)	µg/l	<1.0	<1.0
Krom (Cr)	µg/l	<5.0	<5.0
Kvikksølv (Hg)	µg/l	0,013	<0.010
Nikkel (Ni)	µg/l	<3.0	<3.0
Sink (Zn)	µg/l	23,2	3,8

Tabell 25 Metallinnhold i utlekking fra bergarter vurdert mot klassifisering av kystvann, Kvitsøy

Parameter	Enhet	Grønnstein #2	Grønnskifer/Svartskifer #3
Område		Kvitsøy	
Entreprise		E02	
Arsen (As)	µg/l	<1.0	<1.0
Bly (Pb)	µg/l	<1.0	<1.0
Kadmium (Cd)	µg/l	<0.50	<0.50
Kopper (Cu)	µg/l	<1.0	4,5
Krom (Cr)	µg/l	<5.0	<5.0
Kvikksølv (Hg)	µg/l	0,012	<0.010
Nikkel (Ni)	µg/l	<3.0	<3.0
Sink (Zn)	µg/l	5.0	8,0

Tabell 26 Metallinnhold i utlekking fra bergarter vurdert mot klassifisering av kystvann, Bokn mot Kvitsøy

Parameter	Enhet	Fyllitt #1	Granittisk gneis #4	Granittisk gneis #6
Område		Kvitsøy/Bokn	Bokn	
Entreprise		E02/E04	E13, E04	
Arsen (As)	µg/l	1,3	1,9	<1.0
Bly (Pb)	µg/l	<1.0	<1.0	<1.0
Kadmium (Cd)	µg/l	<0.50	<0.50	<0.50
Kopper (Cu)	µg/l	1,1	<1.0	2,8
Krom (Cr)	µg/l	<5.0	<5.0	<5.0
Kvikksølv (Hg)	µg/l	<0.010	<0.010	0,024
Nikkel (Ni)	µg/l	<3.0	<3.0	<3.0
Sink (Zn)	µg/l	6,4	4,0	4,1