



Kartlegging av forurensningspotensial i bunnrensk fra tunelldriving

September, 2024



**Senter for
forskningsdrevet
innovasjon**



Kartlegging av foruresningspotensiale i bunnrensk fra tunelldriving

earthresQue Report no. 12

ISBN: 978-82-575-2992-5

RCN project 310042

Illustration front cover, header and end page: earthresQue

Publisher: NMBU – Norwegian University of Life Sciences

earthresQue,

Rescue of earth materials and wastes in the circular economy,

Centre for Research-based Innovation

www.earthresQue.no

www.earthresQue.com

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autenticiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra earthresQue.

Rapportbeskrivelse

Rapporttittel:	Kartlegging av forurensningspotensial i bunnrensk fra tunelldriving
earthresQue report no.:	12
ISBN:	978-82-575-2992-5
Dato:	2024-09-01
Rev.nr./ Rev.dato:	0
Utarbeidet av:	Andreas B. Smebye, NGI, Ida Aa. Haugaard, NMBU, Gudny, Okkenhaug, NGI/NMBU

Forskning



Privat sektor



Offentlig sektor



Sammendrag

Bunnrensk er masser fra den midlertidige kjørebanen i tunneller som drives ved boring og sprengning. Som oftest benyttes sprengstein fra tunneldrivingen for å bygge opp en midlertidig kjørebane som benyttes under anleggsfasen. Før tunnelen ferdigstilles fjernes de midlertidige massene i bunnen av tunnel, som har utgjort kjørebanen, derav navnet bunnrensk. Slike masser vil ofte være av høy geoteknisk kvalitet og ha stort gjenbrukspotensial. Forurensning fra sprenging, betongarbeider og transport under drivingen av tunnelen kan imidlertid forurense og dermed begrense gjenbrukspotensialet for bunnrensk. I denne studien er det gjort kjemiske analyser og labforsøk for å kartlegge potensielle forurensningsproblemstillinger relatert til bunnrensk.

De utførte undersøkelsene av bunnrensk viser et forurensningspotensial. Innholdet av spesielt krom kan medføre spredning av seksverdig krom (VI), mens massene også stedvis er forurenset av organiske forurensninger som PAH og olje. Bunnrensk har også en forhøyet pH og syrenøytraliseringskapasitet, noe som bør tas med i betraktningen ved vurdering av ombruks- og gjenbruksmuligheter.

Innhold

Innhold.....	4
Vedlegg.....	4
1 Innledning.....	5
2 Metode.....	6
2.1 Prøvetakning av bunnrensk masser.....	6
2.2 Prøveopparbeidelse og analyser.....	7
3 Resultater	7
3.1 Metaller	7
3.1.1 Totalkonsentrasjoner	8
3.1.2 Utlekking	9
3.2 Forurensning fra sprengstoff.....	10
3.3 Organiske forurensning.....	11
3.4 Syrenøytraliseringskapasitet	12
3.5 Fremmedlegemer	13
4 Konklusjon og videre arbeid.....	14
5 Referanser.....	14

Vedlegg

Vedlegg A	Supplerende analyseresultater
-----------	-------------------------------

1 Innledning

Bunnrensk er masser fra den midlertidige kjørebane i tunneller som drives ved boring og sprengning. Som oftest benyttes sprengstein fra tunneldrivingen for å bygge opp en midlertidig kjørebane som benyttes under anleggsfasen. Før tunnelen ferdigstilles fjernes de midlertidige massene i bunnen av tunnel, som har utgjort kjørebane, derav navnet bunnrensk. Slike masser vil ofte være av høy geoteknisk kvalitet og ha stort gjenbrukspotensial. I tunneler som drives med tunnelboremaskiner anlegges det normalt ikke en midlertidig kjørebane, og det genereres derfor normalt ikke bunnrensk masser. Forurensning fra sprenging, betongarbeider og transport under drivingen av tunnelen kan forurense bunnrensk. I denne studien er det gjort kjemiske analyser og labforsøk for å kartlegge potensielle forurensningsproblemstillinger relatert til bunnrensk. Denne studien er en del av arbeidet i earthresQue, ledet av NGI og utført i samarbeid med AF Decom, Skanska og Norges miljø- og biovitenskapelige Universitet (NMBU).



Figur 1 Bunnrensk er masser som utgjør den midlertidige kjørebane i tunneler under anleggsfasen (bildet er hentet fra Anlegg og Transport, at.no).

Det er flere mulige kilder til forurensning i bunnrensk, der de antatt viktigste er:

- Sprøytebetong: Tunneldriving medfører bruk av mye sprøytebetong både før og etter salver for å sikre trygg passasje i tunnel under anleggsfasen for å sikre at ikke stein kan falle ned.
- Bruk av nitrogenbaserte eksplosiver: Vanlige sprengstoff inneholder mye nitrogen som kan medføre forhøyede mengder nitrat i sprengstein.
- Slitasje og lekkasjer fra kjøretøy og annet utstyr: Slitasje bremses på tungt lastede anleggsmaskiner som kjører ned bratte bakker og lekkasjer fra hydraulikk i forbindelse med injeksjons- og borearbeid og liknende kan medføre spredning av metaller og olje.

2 Metode

2.1 Prøvetakning av bunnrensk masser

For å sikre varierte og representative prøver av bunnrensk ble det i november og desember 2023 tatt prøver fra tre ulike tunnelprosjekter på Østlandet i samarbeid med utførende entreprenør:

- Vegprosjektet E16, Bjørum-Skaret i samarbeid med Skanska (Olav Aasgard)
- Vegprosjektet E18 Vestkorridoren, Oslo og Bærum, i samarbeid med Skanska (Bjørn Estensen)
- VAV-prosjektet rentvannsforsyning i Oslo i samarbeid med AF Ghella, Alnabru (Martin Jensen, AF Ghella, sammen med Andreas B. Smebye, NGI, og Ida Aa. Haugaard, NMBU)

Fra hver tunell ble det tatt prøver av bunnrensk fra tre ulike prøvepunkter. De ulike prøvepunktene hadde ulik trafikkbelastning og bergkvalitet etc. (Tabell 1). Det ble gjort kvalitative vurderinger av mengden tilkjørt masser, helning, om det de siste dagene var utført sprøytebetongarbeider og trafikkbelastning ved hvert prøvepunkt. For hvert prøvepunkt ble det samlet inn representative prøver av grovfraksjon (> 50 mm) og finfraksjon (<50 mm) ved å blande sammen minimum ti delprøver innen en radius på 2 meter. De to prøvene for hvert prøvepunkt ble samlet inn i to 10-liters plastspann med lokk ved hjelp av plastspader.

Tabell 1 Prøvene av bunnrensk fra de ulike prosjektene ble tatt ved ulike deler av tunnelen med ulik trafikkbelastning og bergkvalitet etc. for å sikre varierte prøver.

	E16 Bjørum-Skaret			E18 Vestkorridoren			Rentvannsforsyning i Oslo		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Berggrunn*	Glimmergneis			Leirskifer			Rombeporfyrr		
Avstand fra tunnelåpning (m)	1050	900	340	250	200	300	600	500	380
Helning	Slak	Flatt	Slak	Slak	Slak	Slak	Flatt	Bratt	Slak
Tilkjorte masser	Lite	Lite	Lite	Noe	Noe	Lite	Lite	Noe	Noe
Nylig bruk av sprøytebetong	Nei	Ja	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei
Trafikkbelastning**	Middels	Stor	Stor	Middels	Lav	Middels	Lav	Middels	Stor

*I henhold til NGUs berggrunnskart

**Kvalitativ beskrivelse av nærhet til kryss, omlastningsrampe etc.

Prøvetakingen er ikke gjennomført i henhold til miljøoppfølgingsplanen i de representative prosjektene ettersom formålet med prøvetaking var å belyse variasjon i bunnrensk ved å prøveta i enkeltpunkter fremfor å gi et representativt mål på miljørisiko for massene ved hjelp av blandprøvetaking over delstrekninger.

2.2 Prøveopparbeidelse og analyser

Det ble opparbeidet både prøve av bunnrensk og antatt naturlig berggrunn for hvert prøvepunkt ved jordlaboratoriet ved NMBU. Prøver av bunnrensk ble tatt ut ved sikting av finfraksjon på 2 mm. Prøvene ble oppbevart i tette poser etter sikting og ikke tørket for å unngå tap av eksempelvis flyktige organiske forbindelser. Prøver av berggrunnen ble opparbeidet ved å våtsikte grus plukket ut av prøven av grovfraksjonen for å fjerne finstoff. Sikteresten (materialet som ikke passerte sikten), dvs. grusen fri for finstoff, ble deretter tørket og kjørt gjennom kjefteknuser. Ettersom grusen i bunnrensk primært består av stedlig berggrunn antas prøven av knust berggrunn å indikere naturlig bakgrunn av tungmetaller. Berggrunnsprøvene ble oppsluttet på samme måte som bunnrenskprøvene ved hjelp av salpetersyre før metallanalyser ettersom det ble antatt at dette gir et sammenliknbare mål på potensielt tilgjengelig metaller.

Utlekkingen ble bestemt ved ristetest med væske-fast-stoff-forhold (LS-forhold) på 10 ved jordlaboratoriet ved NMBU. Prøvematerialet av bunnrensk ble veid inn våt, væskemengden tilsatt for å oppnå ønsket LS-forhold ble deretter justert for væskemengden i bunnrensk materialet ved hjelp av tørrstoffmengden (Vedlegg A). Prøvene av berggrunn var tørket i forkant og ble derfor antatt å ikke inneholde væske. Det ble benyttet ionebyttet vann under prøveopparbeidelsen. Prøvene ble ristet i 24 timer ved 25 grader og ble deretter filtrert på 0,45 µm.

Bufferkapasitet i bunnrensk prøvene ble bestemt ved å bestemme pH i prøver tilsatt ulike mengder salpetersyre ved jordlaboratoriet ved NMBU. Prøvene hadde et LS-forhold på 10 og ble ristet i 24 timer. Det ble tilsatt henholdsvis 0,5, 1, 2 og 3 mol saltsyre.

Alle kjemiske analyser ble utført ved akkreditert laboratorium ved ALS Global. Jordprøver ble oppsluttet med salpetersyre for total bestemmelse av metaller. Vannprøver for metaller ble filtrert på lab før innsending til lab. Prøvene ble analysert for metaller, organiske forurensninger (PCB, PAH, olje), næringssalter (nitrogen) og støtteparametere (organisk materiale etc.). pH og elektrisk ledningsevne ble analysert på lab. I tillegg til kjemiske analyser ble det også bestemt siktekurver for prøver av finstoff sendt til lab.

3 Resultater

3.1 Metaller

Totalinnholdet av metaller i bunnrensk masser er relativt lavt sammenliknet med grenseverdiene utarbeidet for forurenset grunn (tilstandsklasser), men massene kan likevel gi utlekking av betydning. Bunnrensk har andre egenskaper enn jord, bl.a. et lavere innhold av organisk materiale og en grovere kornfordeling, noe som medfører at sammenhengen mellom totalinnhold og utlekking ikke nødvendigvis samsvarer med trendene observert for forurenset grunn.

3.1.1 Totalkonsentrasjoner

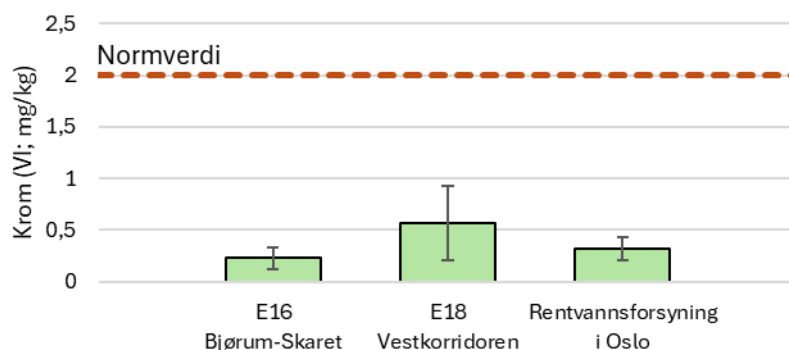
Totalkonsentrasjonene av metaller i de undersøkte bunnrenskmassene er forhøyet for krom, kobber, nikkel og sink (Tabell 2). Dette skyldes trolig tilførsel fra sprøytebetong rest i massene (krom), slitasje fra kjøretøyer som typisk kan gi kobber, sink og nikkel, i tillegg til naturlig bakgrunn fra berggrunnen. For prøvene av finstoffet i bunnrensk fra E18 Vestkorridoren overstiger konsentrasjonen av krom og nikkel normverdiene. Dette skyldes en kombinasjon av at leirskiferen der tunnelen drives har naturlig forhøyede konsentrasjoner, og at det er tilført noe metaller fra anleggsdriften. Konsentrasjonen av nikkel ligger 28% høyere i bunnrenskprøvene enn i berggrunnsprøvene, og 45% høyere for krom.

Tabell 2 Totalinnholdet av metaller i både bunnrenskprøver og bergprøver fra samme prøve.

	E16 Bjørums-Skaret		E18 Vestkorridoren		Rentvannsforsyning i Oslo		Normverdi
	Bunnresk	Berg	Bunnresk	Berg	Bunnresk	Berg	
Arsen (mg/kg)	1.5	1.1	5.8	3.3	0.6	1.0	8.0
Kadmium (mg/kg)	0.3	0.1	0.2	1.3	0.1	0.1	1.5
Kobolt (mg/kg)	i.a.	9.8	i.a.	19.8	i.a.	8.9	
Krom (mg/kg)	11.4	1.5	58.6	40.3	18.8	23.5	50.0
Krom (6+; mg/kg)	0.3	0.1	0.6	0.1	0.3	0.1	2.0
Kobber (mg/kg)	22.4	13.9	36.4	22.9	28.6	6.8	100.0
Kvikksølv (mg/kg)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0
Molybden (mg/kg)	i.a.	0.4	i.a.	18.2	i.a.	1.4	
Nikkel (mg/kg)	11.0	5.2	92.4	71.8	16.0	13.8	60.0
Bly (mg/kg)	6.7	5.7	13.9	8.8	6.4	3.2	60.0
Antimon (mg/kg)	i.a.	0.5	i.a.	0.5	i.a.	0.5	
Sink (mg/kg)	66.1	68.1	56.1	45.7	54.0	49.2	200.0

i.a., ikke analysert

Det har vært et økende fokus på innholdet av krom i betongavfall som skal ombrukes eller gjenbrukes (Miljødirektoratets veileder: Betong og tegl fra riveprosjekter). Alle prøvene av bunnrensk har et forhøyet innhold av total krom og seksverdig krom (Krom VI), noe som er naturlig ettersom massene inneholder rest av sprøytebetong (Figur 2). Krom kan opptre som ulike forbindelser i naturen, der Krom (VI) gir de mest alvorlige effektene for human helse og miljø ettersom krom (VI) hopper seg opp i organismer og er meget giftig for spesielt vannlevende organismer (Miljøstatus: Krom og kromforbindelser). Innholdet av krom (VI) overskrider ikke eksisterende normverdi på 2 mg/kg. Imidlertid har bunnrensk noe liknende egenskaper som betongavfall som har en grenseverdi på 8 mg/kg. Normverdien for total krom er for øvrig foreslått lempet til 70 mg/kg, og vil da potensielt i mindre grad komme i konflikt med krominnholdet i bunnrensk.



Figur 2 Totalkonsentrasjon av krom (VI) i prøver fra bunnrensk sammenliknet mot eksisterende normverdi for jord (2 mg/kg).

Forskjellene i innholdet av krom (VI) mellom de ulike prosjektene kan skyldes tilpasninger av anleggsdriften til forskjeller i bergkvalitet. Svakhetssoner og skifrig berg kan eksempelvis stedvis utløse behov for mer omfattende bruk av sprøytebetong. Mengden krom (VI) var ikke markant høyere i prøvepunkter der det nylig var utført sprøytebetongarbeider.

3.1.2 Utlekking

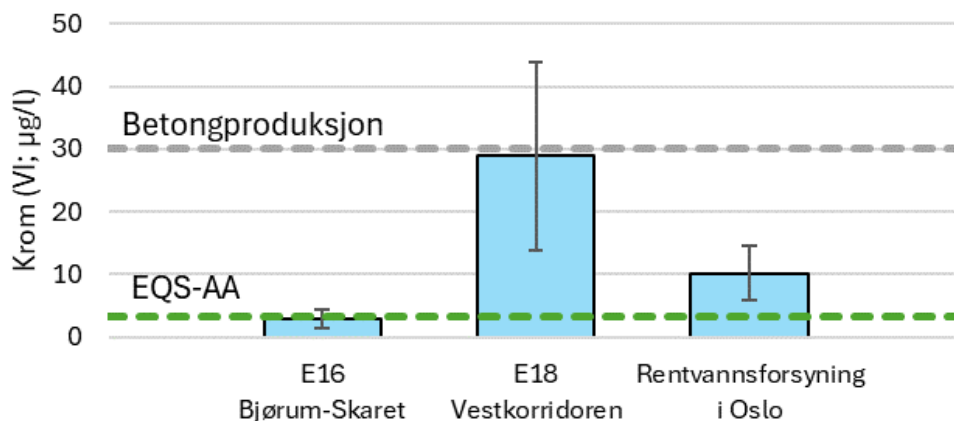
De utførte ristetestene viser sprednings- og eksponeringspotensiale for metaller i finstoffet i den prøvetatte bunnrensen (Tabell 3). Utlekkingen av metaller er sammenliknet med grenseverdiene for deponering av inert avfall for å indikere størrelsesordenen, selv om disse grenseverdiene ikke er styrende for ombruks- eller gjenbruksmuligheter.

Tabell 3 Utlekking av metaller i ristetest i prøver av bunnrensk og berggrunn. Verdiene er oppgitt i µg/l, grenseverdi for inert avfall oppgitt i Avfallsforskriften er omregnet fra mg/kg.

	E16 Bjørum-Skaret		E18 Vestkorridoren		Rentvannsforsyning i Oslo		Grenseverdi for Inert Avfall
	Bunnresk	Berg	Bunnresk	Berg	Bunnresk	Berg	
pH	10.3	9.8	11.3	9.6	10.8	9.6	
Ledningsevne (mS/m)	36.6	11.1	73.3	12.4	36.9	7.0	
Arsen (µg/l)	1.13	1.39	0.74	1.64	0.59	0.50	50
Kadmium (µg/l)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	4
Kobolt (µg/l)	0.13	0.10	0.31	0.05	0.20	0.08	
Krom (total; µg/l)	9.27	1.97	39.60	3.03	17.30	12.53	50
Krom (6+; µg/l)	2.98	i.a.	28.98	i.a.	10.15	i.a.	
Kobber (µg/l)	2.78	1.00	3.30	1.00	5.69	1.00	200
Kvikksølv (µg/l)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	1
Molybden (µg/l)	21.84	7.72	29.17	7.20	10.17	1.88	50
Nikkel (µg/l)	0.80	0.50	0.50	0.50	0.75	0.50	40
Bly (µg/l)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	50
Sink (µg/l)	2.62	2.51	2.00	2.00	3.30	2.00	400

i.a., ikke analysert

Utlekkingen av krom ligger mellom 9 og 40 $\mu\text{g/l}$ og overskrider ikke, men ligger tett opptil grenseverdien for inert avfall. En stor andel av krommet foreligger som krom (VI) som har en utlekking mellom 3 og 29 $\mu\text{g/l}$. Det er ikke utarbeidet egen grenseverdi for krom (VI) for deponering av inert avfall. De nylig reviderte utslippskravene for betongprodusenter (Forurensningsforskriften kap. 33) spesifiserer imidlertid en konservativ grenseverdi for utslipp av krom (VI), satt til 0,03 mg/l (30 $\mu\text{g/l}$). Den konservative grenseverdien for miljøkvalitetsstandarden for årlig gjennomsnitt (EQS-AA) for total-krom er til sammenlikning beregnet til 0,003 mg/l (3 $\mu\text{g/l}$). Det er imidlertid toksisiteten av krom (VI) som er lagt til grunn for EQS-AA. Utlekkingen fra bunnrensk prøvene ligger over EQS-AA og tett opptil eller over grenseverdiene for betongproduksjon. Krom (VI) kan imidlertid lett redusere i naturen til mindre giftig krom (III) dersom utlekkingen for eksempel ledes gjennom jord med mye organisk materiale. Disse resultatene indikerer at man bør vurdere den lokale resipienten sårbarhet og eventuelt planlegge for avbøtende tiltak for å redusere spredning av krom (VI) ved ombruk eller gjenbruk av bunnrensk.



Figur 3 Utlekkingen av krom (VI) fra prøver av bunnrensk sammenliknet mot miljøkvalitetsstandarden for årlig gjennomsnitt (EQS-AA) og grenseverdiene for betongproduksjon fra avfallsforskriften.

Utlekkingen av andre forhøyede metaller som nikkel, sink og kobber er lav og ligger langt under grenseverdien for deponering av inert avfall. Dette indikerer at disse metallene foreligger bundet til partikler og overflater, og i mindre grad er tilgjengelige for spredning.

3.2 Forurensning fra sprengstoff

Utlekkingstestene viser at forbruket av sprengstoff ved tunneldriving gir rester av nitrogen i bunnrensk. Det meste av nitrogenet som lekker ut foreligger som nitrat, som varierer i konsentrasjon fra 0,5 til 2,5 mg N/l i utlekkingsvannet. Disse konsentrasjonen er lavere enn de observert i avrenningen fra sprengsteinsfyllinger der konsentrasjonen i lokal resipient stedvis kan komme opp i 50 mg N / l (NIBIO, 2022). Trolig vil en del av nitrogenet i bunnrensk allerede vaskes ut mens massene ligger i tunnelen ettersom det ofte benyttes mye vann som

vasker massene under tunneldrivingen. Utlekkingen fra naturlig bakgrunn i berggrunnsprøvene ligger langt lavere og viser at bunnrensk gir noe avrenning av nitrogen.

Tabell 4 Utlekking av nitrogen i ristetest i prøver av bunnrensk og berggrunn.

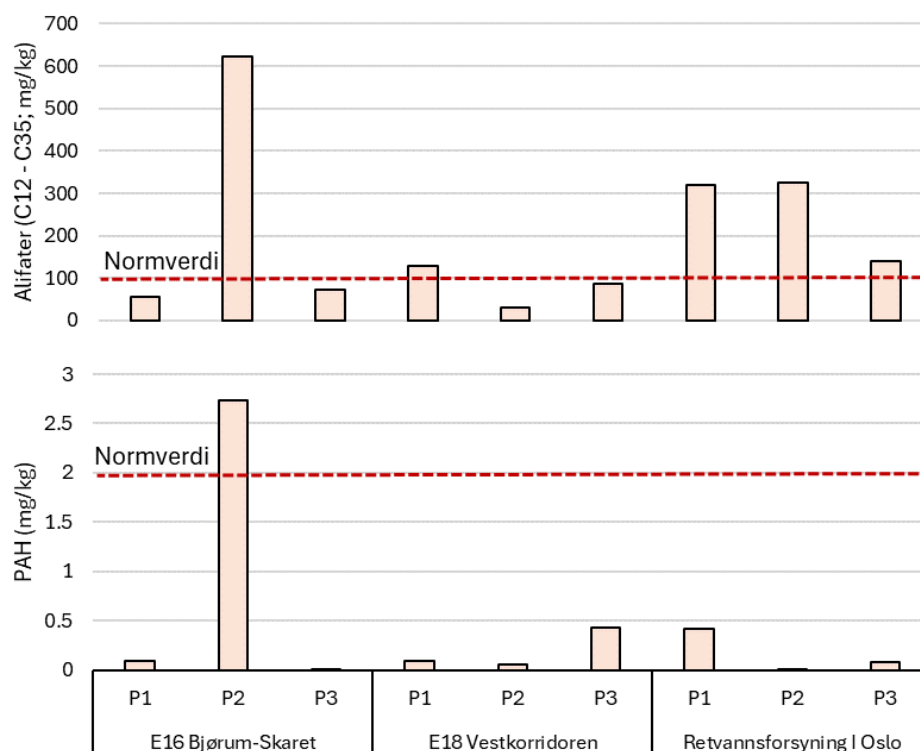
	E16 Bjørnum-Skaret		E18 Vestkorridoren		Rentvannsforsyning i Oslo	
	Bunnrensk	Berg	Bunnrensk	Berg	Bunnrensk	Berg
Ammonium-N + Ammoniakk-N (mg/l)	0.31	0.21	1.40	0.67	0.15	0.25
Nitrat-N (mg/l)	2.28	0.27	2.50	0.15	0.50	0.28
Total Nitrogen-N (mg/l)	2.6	0.5	3.9	0.8	0.7	0.5

3.3 Organiske forurensning

Totalanalyser av organiske forurensninger viser at anleggsdriften stedvis forurenser bunnrensk. Mens det er forholdsvis lave konsentrasjoner av PAH og PCB, ligger konsentrasjonen av lengre alifater (C12 – C35) høyere. Sammenliknet med normverdi ligger innholdet av alifater nært eller over grenseverdien. Det er enkelte overskridelser av normverdi for PAH også. Imidlertid ligger konsentrasjonen langt under grenseverdiene for deponering av inert avfall, som er henholdsvis 500 mg/kg for alifater, 20 mg/kg for PAH og 2 mg/kg for benzo(a)pyren. Trafikkbelastning eller avstand fra tunnelåpning ser ikke ut til å forklare hvilken prøve som er forurenset, noe som kan indikere at det er tilfeldigheter som lekkasjer etc. som har forårsaket forurenset massene. De generelt lavere nivåene observert for E18 Vestkorridoren kan skyldes at tunnelen hadde vært drevet over en kortere periode enn de to øvrige tunnelene ved prøvetaking.

Tabell 5 Gjennomsnittlig innhold av organisk miljøgifter i prøver av bunnrensk.

	E16 Bjørnum-Skaret	E18 Vestkorridoren	Rentvannsforsyning i Oslo	Normverdi
Benzo(a)- Pyren (mg/kg)	0.09	0.01	0.02	0.1
PAH-16 (mg/kg)	0.94	0.19	0.17	2.0
Alifater (C12 – C35; mg/kg)	0.01	0.01	0.01	0.01



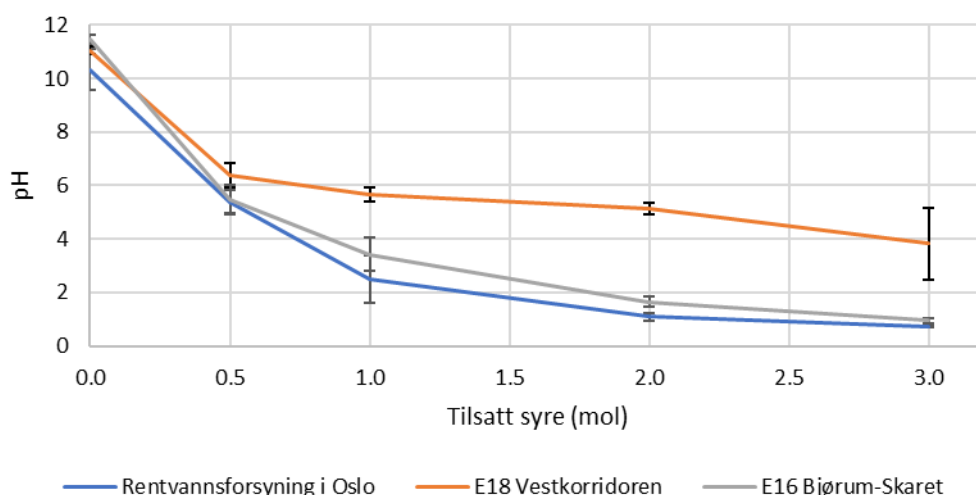
Figur 4 Variasjoner i konsentrasjonen av organiske forurensninger mellom prøvene tatt ved de ulike prosjektene.

3.4 Syrenøytraliseringskapasitet

Bunnrenskprøvene er basiske og har en betydelig syrenøytraliseringskapasitet, noe som trolig primært skyldes at bunnrensk inneholder betong. Prøvene fra E18 Vestkorridoren har en betydelig høyere syrenøytraliseringskapasitet enn de øvrige prøvene. Det er ikke mulig å fastslå med sikkerhet hvorfor dette er tilfelle, men det kan skyldes et høyt forbruk av sprøytebetong i denne tunnelen eller bruk av en annen sprøytebetong enn i andre prosjekter. Dersom den basiske avrenningen når en sårbar resipient kan pH øke og potensielt forverre den kjemiske og økologiske tilstanden.

Tabell 6 Bunnrenskprøvenes syrenøytraliseringskapasitet og initial pH.

Prøve ID	Syrenøytraliseringskapasitet (mol syre tilsatt for å oppnå pH 4,5)	Initial pH
Rentvannsforsyning i Oslo	0,65	10.3
E18 Vestkorridoren	2,50	11.0
E16 Bjørum-Skaret	0,75	11.5



Figur 5 Syrenøytraliseringskurver for bunnrenskprøver som viser mengden syre som må tilsettes for å senke pH.

3.5 Fremmedlegemer

Bunnrensk kan potensielt inneholde fremmedlegemer som stålfiber og plast. Stål-, plast- eller galssfiber tilsettes i sprøytebetong for å øke styrken. Ettersom en del av sprøytebetongen vil havne i bunnrensen under påføring, såkalt prelltap, vil også fibre benyttet for armering havne i bunnrensen. Det ble ikke utført egne undersøkelser av mengden eller typen fremmedlegemer i bunnrensk i denne studien.



Figur 6 Stålfiber benyttet for armering av sprøytebetong kan potensielt forekomme i bunnrensk (venstre: stålfiber fra mapei.com, høyre: stålfiber som stikker ut av sprøytebetongen i en tunnelvegg).

4 Konklusjon og videre arbeid

De utførte undersøkelsene av bunnrensk viser at materialet kan inneholde rester av sprøytebetong, noe som kan medføre spredning av krom (VI). Innholdet av betong gjør bunnrensk basisk med en høy syrenøytraliseringskapasitet. Videre kan massene også stedvis er forurenset av organiske forurensninger som PAH og olje. Dette viser at bunnrensk fra tunelldrifft kan inneha et forurensningspotensiale, noe som må inngå i vurderingene av gjenbruksmuligheter.

5 Referanser

Miljødirektoratet

Veileder: Betong og tegl fra riveprosjekter. Hentet fra (2024-08-15):

<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/avfall/for-naringsliv/massehandtering/betong-og-tegl-fra-riveprosjekter/nar-kan-betong-og-tegl-fra-riveprosjekter-gjenvinnes/>

NIBIO, 2022

Nitrogen i sprengstein – avrenning og rensing. Konsentrasjoner, avrenningsforløp, målemetoder, effekter på vannmiljø og aktuelle rensemetoder. NIBIO-rapport, vol. 8, nr. 66, 2022.

Vedlegg A Supplerende resultater

Tabell A7 Bestemmelse av tørrstoff ved 105 grader for prøver av bunnrensk (siktet på 2 mm).

Tunell	Prøver	Tørrstoff %	Vanninnhold %
Rentvanns-forsyning i Oslo	P1	85,0	15,0
	P2	82,5	17,5
	P3	81,0	19,0
E18 Vestkorridoren	P1	78,9	21,1
	P2	80,0	20,0
	P3	87,7	12,3
E16 Bjørum-Skaret	P1	86,1	13,9
	P2	89,3	10,7
	P3	91,9	8,1

Tabell A2 pH målt i prøver av bunnrensk med et væske-fast-stoff-forhold på 10 etter resting i 24 timer.

	Mol syre	Våt jord (g)	Tilført 1 molar HCl (mL)	Tilført vann (g)	
Rentvannsforsyning i Oslo					
P1	0	4	0	33,4	9.44
P1	0,5	3,99	1,69575	31,62075	4.84
P1	1	4,14	3,519	31,05	3.13
P1	2	3,95	6,715	26,2675	1.18
P1	3	4	10,2	23,2	0.76
P2	0	4,03	0	32,7639	10.64
P2	0,5	4,07	1,68905	31,40005	5.7
P2	1	4,03	3,3449	29,419	2.9
P2	2	4,33	7,1878	28,0151	1
P2	3	4,16	10,3584	23,4624	0.75
P3	0	5,14	0	40,6574	10.9
P3	0,5	4,04	1,6362	30,3202	5.54
P3	1	4,31	3,4911	30,601	1.51
P3	2	3,86	6,2532	24,2794	-
P3	3	4,3	10,449	23,564	0.73
E18 Vestkorridoren					
P1	0	5,24	0	40,2956	10.9
P1	0,5	4,37	1,72615	31,87915	6.66
P1	1	4,2	3,318	28,98	5.98
P1	2	4,21	6,6518	25,7231	5.41
P1	3	4,5	10,665	23,94	5.07
P2	0	4,47	0	35,3577	11.03
P2	0,5	4,73	1,91565	35,49865	5.88

	Mol syre	Våt jord (g)	Tilført 1 molar HCl (mL)	Tilført vann (g)	
P2	1	4,93	3,9933	35,003	5.52
P2	2	4,8	7,776	30,192	5.01
P2	3	3,95	9,5985	21,646	2.39
P3	0	4,33	0	37,5844	11.2
P3	0,5	3,98	1,7512	32,7952	6.63
P3	1	4,8	4,224	37,44	5.54
P3	2	4,2	7,392	29,064	5.04
P3	3	4,38	11,5632	26,4552	4.03
E16 Bjørum-Skaret					
P1	0	3,09	0	26,4813	11.33
P1	0,5	4,04	1,7574	32,8654	6.08
P1	1	4,21	3,6627	32,417	4.08
P1	2	4,09	7,1166	27,9347	1.8
P1	3	4,08	10,6488	24,3168	1.04
P2	0	3,74	0	33,286	11.41
P2	0,5	4,04	1,818	34,138	5.16
P2	1	4,52	4,068	36,16	2.86
P2	2	3,95	7,11	28,045	1.47
P2	3	4,8	12,96	29,76	0.85
P3	0	4,54	0	41,4048	11.64
P3	0,5	4,25	1,955	36,805	5.24
P3	1	3,99	3,6708	32,718	3.34
P3	2	4,78	8,7952	34,7984	1.71
P3	3	3,98	10,9848	25,3128	0.97

Tabell A3 Utlekkingen av anioner og nitrogen i ristetest med bunnrenskprøver ved et væske-fast-stoff-forhold på 10. Alle verdier i mg/l

	E16 Bjørum-Skaret		E18 Vestkorridoren		Rentvannsforsyning i Oslo	
	Bunnresk	Berg	Bunnresk	Berg	Bunnresk	Berg
Ammonium + Ammoniakk som NH ₄ ⁺	0.04	0.03	0.18	0.09	0.02	0.03
Nitrat (NO ₃)	1.00	0.12	1.10	0.07	0.20	0.12
Løst organisk karbon (DOC)	0.18	0.06	0.33	0.07	0.20	0.07
Sulfat (SO ₄)	2.92	1.36	3.56	0.88	5.61	0.50
Fluorid (F ⁻)	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02

Forskning



Privat sektor



Offentlig sektor



The earthresQue centre is a Centre for Research-based Innovation (SFI) funded by the Research Council of Norway. The centre will develop technologies and systems for sustainable handling and treatment of waste and surplus masses.



Senter for
forskningsdrevet
innovasjon

earthresQue