NGI Teknisk notat

Til:	Miljødirektoratet
v/	Hilde Valved, Vanja Alling
Kopi til:	
Dato:	2019-06-03
Rev.nr. / Rev.dato:	0
Dokumentnr.:	20180207-02-TN
Prosjekt:	Cr(VI) i betong: Utlekking/spredning ved gjenvinning og effekt på miljø
Prosjektleder:	Gudny Okkenhaug
Utarbeidet av:	Gudny Okkenhaug
Kontrollert av:	Gijs D. Breedveld

Forenklet utregningen for akseptabel grenseverdi for Cr(VI) basert på beregningsverktøy 99:01.

Innhold

1 Innledning **2**
2 Metode **2**
2.1 Tilnærming 2
2.2 K_d verdier fra sorpsjonsstudier med Cr(VI) 3
3 Resultater - beregnede verdier for Cr(VI) i betong **5**
4 Referanser **6**

Vedlegg

Vedlegg A	Inputdata for beregningene (beregningsverktøy 99:01)
Vedlegg B	Resultater fra beregningene (beregningsverktøy 99:01)

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Miljødirektoratet har gitt NGI i oppdrag å gjennomføre en forenklet vurdering og beregning av konsentrasjonsgrensen for Cr(VI) i betong som skal gjenvinnes. Dagens konsentrasjonsgrense ligger på 2 mg/kg, og det er uklart om denne gjenspeiler den reelle miljørisikoen gjenvunnet betong vil utgjøre. Fokus i vurderingen er at vannforskriftens mål om god miljøstatus for vannforekomster ikke påvirkes av gjenvinning av betong. Det er ikke tatt hensyn til jordlevende organismer.

Cr(VI) i betong og mulig miljørisiko vil bli gjenstand for videre undersøkelser i FoU prosjektet "*Seksverdig krom, Cr(VI) i betong: Utlekking/spredning ved gjenvinning og effekt på miljø* ", som er et samarbeidsprosjekt mellom NGI/SINTEF, Miljødirektoratet og flere nærings/industriaktører. Prosjektet starter opp i september 2019 og vil danne grunnlag for en eventuell revisjon av grenseverdien for Cr(VI) i betong.

Oppdraget er gjennomført i nært samarbeid med Miljødirektoratet. Valg av tilnærming og inputdata er diskutert ved flere anledninger.

2 Metode

2.1 Tilnærming

Det er tatt utgangspunkt i SINTEFs rapport "*Estimering av utlekking fra betong forurenset med metaller og PCB*", (SINTEF Byggforsk, 2012), hvor det er beregnet maksimale konsentrasjoner i betong for metaller og PCB. Arbeidet inkluderer ikke Cr(VI).

For beregningene er SFTs beregningsverktøy for forurenset grunn (99:01) benyttet, sist oppdatert 2013. I forbindelse med utarbeidelse av ny spredningsveileder for forurenset grunn, har det blitt avdekket svakheter av verktøyet, spesielt når det gjelder spredning av forurensningskomponenter (NGI, 2018). Eksempelvis er standardverdien for infiltrasjonshastigheten (I) satt alt for lavt. I foreliggende arbeid er det derfor også gjennomført beregninger med en høyere infiltrasjonsfaktor.

En oversikt over forutsetninger og ulike inputfaktorer som er benyttet i beregningen er gitt i Tabell 1, se også vedlegg A.

Tabell 1 Oversikt over forutsetninger og inputparametere benyttet i beregningene.

Forutsetninger	Beskrivelse
Arealbruk	Betong benyttet i terrengregulering med toppdekke av jord (mest sensitiv mht. risiko), se SINTEF Byggforsk (2012), Tabell 9
Eksponeringsveger	Inntak av drikkevann fra grunnvannsbrønn og Inntak av grønnsaker på området er ekskludert. Inntak av fisk/skalldyr i nær resipient er inkludert
Miljømål og akseptkriterier	Resipient er nærliggende overflatevann (ikke grunnvann). Vannforskriftens EQS/MAQ for Cr(VI) på 3,4 µg/l er lagt til grunn for beregningene.
Størrelse på forurenset område	Samme størrelse som SINTEF Byggforsk (2012), tabell 9.
Jordparametere	Antatt "jord" med standard (default) parametere. Kun K_d og infiltrasjonshastighet er endret.
Fordelingskoeffisient mellom jord og porevann (K_d)	Beregningene gjøres for standard K_d (benyttet i beregninger for normverdi). I tillegg til etablerte Kd verdier for torvjord og sandjord, se kapittel 2.2.
Infiltrasjonshastighet (I)	Pågående arbeider med ny spredningsveileder viser at dagens infiltrasjonshastighet (0,1 m/år) er satt for lavt. Det er derfor gjennomført beregninger for infiltrasjonshastighet 0,75 m/år.

Selve beregningen er gjennomført basert på en iterativ prosess. Konsentrasjonen i jord er variert helt til konsentrasjonen i resipient tilsvarer vannkvalitetskriteriet for Cr(VI). På grunn av beregningsverktøyets oppsett, er målkonsentrasjonen satt til 3 mikrogram/l (3E-03 mg/l).

2.2 K_d verdier fra sorpsjonsstudier med Cr(VI)

NGI har i 2018 utført en mindre studie på utlekking av Cr(VI) fra betong, se NGI-rapport "*Utlekkingsfare av heksavalent krom i gjenbrukt betong. Utlekking av treverdig og seksverdig krom fra betong*" (NGI, 2019). Arbeidet omfatter også sorpsjonsstudier med betongvann (Cr(VI) og ulike jord typer som torvjord og sandjord. Disse verdiene er benyttet til å etablere fordelingskoeffisienter (K_d) for Cr(VI) i disse jordtypene. I tillegg er det beregnet K_d verdier for betong. Mobilisering av Cr(VI) i betong i kontakt med vann vil ved høy pH være mineraloppløsning og ikke desorpsjon. Bruk av K_d konseptet i denne sammenheng vil derfor være misvisende. Verdiene er ikke benyttet i beregningene.

Sorpsjonsstudiene omfattet betongvann produsert fra betong i to ulike fraksjoner; <40 mm og <4 mm. Betongvannet ble blandet med to ulike jordtyper:

i) torvjord med høyt innhold av organisk materiale (TOC=25%)
ii) sandjord med svært lavt innhold av organisk materiale (TOC=1,63%).

Innhold av Cr(VI) i jordprøvene før behandling lå under deteksjonsgrensen. Ved beregning av konsentrasjon i jord (C_{jord}) ble det derfor antatt at opprinnelig innhold av Cr(VI) var neglisjerbart.

Beregning av fordelingskoeffisienten, K_d, mellom jord og porevann ble gjort ved hjelp av ligningen nedenfor (likning 1).

$$K_d = \frac{C_{jord}}{C_{porevann}} \quad (1)$$

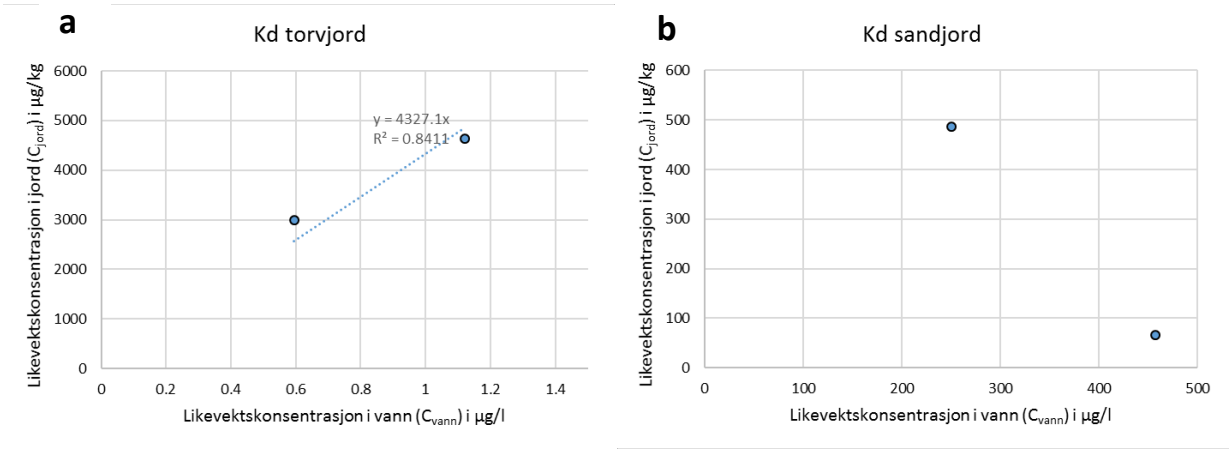
Hvor C_{jord} uttrykker likevektskonsentrasjonen i jord og $C_{porevann}$ uttrykker likevekts-konsentrasjonen i vann.

Tabell 2 Etablerte K_d verdier fra Cr(VI) sorpsjonsstudier (NGI, 2019). I beregningene av C_{jord} er det forutsatt at opprinnelig Cr(VI) konsentrasjon i jorda er neglisjerbar

Kd beregninger	**pH**	**C_{jord}**	**$C_{porevann}$**	**K_d**
		mg/kg	mg/l	L/kg
Betong forurenset, 4 mm	12,2	33.36	0.464	72
Betong forurenset, 40 mm	12,3	35.01	0.299	117
Torvjord +betongvann (4 mm)	6,1	4.63	0.001	4133
Torvjord +betongvann (40 mm)	6,1	2.98	0.001	5015
Sandjord +betongvann (4 mm)	11,4	0.07	0.457	0.1
Sandjord +betongvann (40 mm)	11,7	0.49	0.250	2

Lineær sorpsjonsisoterm for torvjorden er vist i Figur 1a, hvor K_d kan leses av i regresjonsligningen oppgitt i figuren (K_d= 4327 L/kg). Denne verdien er benyttet i de videre beregningene. Høy K_d verdi for torvjorda skyldes god sorpsjons kapasitet av organisk materiale og en gunstig pH for sorpsjon av det seksverdige oksyanionet CrO_4^{2-}. I tillegg vil noe av Cr(VI) kunne bli redusert til uløselig Cr(III) i kontakt med organisk materiale.

For sandig jord var det ikke mulig å etablere en lineær sorpsjonsisoterm (Figur 1b). Gjennomsnitt av de etablerte K_d verdiene i Tabell 2 er derfor benyttet (1 L/kg), noe som indikerer en ubetydelig sorpsjon. Dette skyldes trolig en kombinasjon av svært lav sorpsjonskapasitet og høy pH.



Figur 1 Sorpsjonsisotermer for Cr(VI) i a) torvjord og b) sandjord basert på en begrenset datasett

3 Resultater - beregnede verdier for Cr(VI) i betong

Hvor mye Cr(VI) som kan tillates i jord uten å overskride grenseverdien for Cr(VI) i vannforskriften er beregnet basert på de gitte inputdataene fra Tabell 1. Beregnede konsentrasjoner ved varierende K_d og infiltrajonshastighet er vist i Tabell 3. Kopi av regneark med resultater (ark: vurderinger) er gitt i vedlegg B.

Tabell 3 Beregnede Cr(VI) verdier (mg/kg) som kan tillates i jord uten at vannforekomsten (resipienten) overskrider 3 µg/l, som er vannforskriftens mål for god miljøtilstand. Beregningene er gjort for ulik Kd og infiltrasjonshastighet (I).

	Kd (L/kg)	Cr(VI) mg/kg	
		I=0,1 m/år	I=0,75 m/år
Standard*	30	100	30
Torvjord**	4327	15000	4000
Sandjord**	1	4	1

*benyttet for beregninger av normverdi
**beregnet basert på resultater gitt i NGI (2019)

Resultatene viser at spredningen av Cr(VI) til resipient er svært avhengig av hvilken fordelingskoeffisient (Kd) som legges inn i modellen, dvs. hvilke sorpsjonsegenskaper jorda har. Videre viser beregningene at infiltrasjonshastigheten som benyttes i beregningene betyr mye for spredningen og estimert konsentrasjon i resipient.

4 Referanser

SINTEF Byggforsk (2012)*: Estimering av utlekking fra betong forurenset med metaller og PCB*". SINTEF rapport nr. SBS 2011F0074

NGI (2019): *Utlekkingsfare av heksavalent krom i gjenbrukt betong. Utlekking av treverdig og seksverdig krom fra betong*". NGI rapport nr. 20180207

NGI (2018): *Spredningsveileder for forurenset grunn forslag til ny spredningsmodell – grunnlagsrapport til miljødirektoratet.* NGI rapport 20170577-01-R

Vedlegg A

INPUTDATA FOR BEREGNINGENE
(BEREGNINGSVERKTØY 99:01)

Eksponeringsveger ved aktuell arealbruk, transport og reaksjonsmekanismer (fra beregningsverktøy 99:01)

Tabell I. Eksponeringsveier ved aktuell arealbruk. (Kun verdier i gull felt kan endres. Endringer skal begrunnes.)

Parametre	Standard verdi	Anvendt verdi	Enhet	Begrunnelse (Gule celler må fylles)
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (barn)	365 8	0 0	UAKTUELL	Ingen direkte kontakt
Eksponeringstid for oralt inntak av jord (voksne)	365 8	0 0	UAKTUELL	Ingen direkte kontakt
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (barn)	80 8	0 0	UAKTUELL	Ingen direkte kontakt
Eksponeringstid for hudkontakt med jord (voksne)	45 8	0 0	UAKTUELL	Ingen direkte kontakt
Oppholdstid utendørs (barn)	365 24	0 0	UAKTUELL	
Oppholdstid utendørs (voksne)	365 24	0 0	UAKTUELL	
Oppholdstid innendørs (barn)	365 24	0 0	UAKTUELL	
Oppholdstid innendørs (voksne)	365 24	0 0	UAKTUELL	
Fraksjon av grunnvann fra lokaliteten brukt som	100 %	0 %	UAKTUELL	
Fraksjon av inntak av grønnsaker dyrket på lokaliteten	30 %	0 %	UAKTUELL	
Fraksjon av inntak av fisk fra nærliggende resipient	100 %	100 %		

Tabell II. Transport og reaksjonsmekanismer (tabell 21 s.99 i SFT 99:01A; Kun verdier i gule felt kan endres. Endringer skal begrunnes.)

Parametre	Symbol	Standard verdi	Anvendt verdi	Enhet	Begrunnelse (Gule celler må fylles)
Jordspesifikke data					
Vanninnhold i jord	θ_w	0.2	0.2	l vann/l jord	
Luftinnhold i jord	θ_a	0.2	0.2	l luft/l jord	
Jordas tetthet	ρ_s	1.7	1.7	kg/l jord	
Fraksjon organisk karbon i jord	f_{oc}	1 %	1 %		
Jorda porøsitet	ε	40 %	40 %		
Parametre brukt til beregning av konsentrasjon i innedørsluft					
Innvendig volum av huset	V_{hus}	240	240	m^3	
Areal under huset	A	100	100	m^2	
Utskiftingshastighet for luft i huset	I	12	12	d^{-1}	
Innlekkingshastighet av poreluft	L	2.4	2.4	m^3/d	
Dybde fra kjellergulv til forurensning	Z	0.35	0.35	m	
Diffusiviteten i ren luft	D_o	0.7	0.7	m^2/d	
Data brukt til beregning av konsentrasjon i grunnvann					
Jordas hydraulisk konduktivitet	 k	0.00001 315.36	0.00001 315.36	m/s m/år	
Avstand til brønn	X	0	0	m	
Lengden av det forurensende området i gunnvannsstrømmens retning	L_{gw}	50	100	m	Samme lengde som benyttet i SINTEF (2012)
Infiltrasjons faktor	IF	0.141	0.141	år/m	
Gjennomsnittlig årlig nedbørmengde	P	730	1000	mm/år	Samme nedbørsmengde som benyttet i SINTEF (2012)
Infiltrasjonshastigheten	I	0.1	0.1	m/år	Beregnet (IF • P^2)
Hydraulisk gradient	i	0.03	0.03	m/m	
Tykkelsen av akviferen	d_a	5	5	m	
Tykkelsen av blandingssonen i akviferen	d_{mix}	5	5	m	Beregnet (ligning (10) i SFT 99:01a)
Data brukt til beregning av konsentrasjon i overflatevann					
Vannføring i overflatevann	Q_{sw}	500000	500000	m^3/år	
Bredden av det forurensende området vinkelrett på retningen av grunnvannsstrømmen	L_{SW}	7.34	50	m	Samme bredde som benyttet i SINTEF (2012)
Beregnet hastighet på grunnvannstrøming	Q_{di}	347.21136	2365.2	m^3/år	Beregnet (k • i • d_{mix} • L_{SW})

Vedlegg B

RESULTATER FRA BEREGNINGENE
(BEREGNINGSVERKTØY 99:01)

Resultater fra beregninger av Cr(VI) konsentrasjoner i grunnvann og resipient. Ark "vurderinger" (fra beregningsverktøy 99:01)

Standard betingelser (Kd=30 l/kg; I=0,1 m/år):

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
						Helserisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.					Beregnet kons. fra middel jordkons.				
	Antall prøver	Max $C_{s,max}$ (mg/kg)	Middel $C_{s,middel}$ (mg/kg)	Norm-verdi jord (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider norm-verdi	C_{he} aktuell arealbruk (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider C_{he}	Grunn-vann $C_{gw,max}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,max}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,max}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,max}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,max}$ (mg/l)	Grunn-vann $C_{gw,mid}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,mid}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,mid}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,mid}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,mid}$ (mg/l)
Arsen	-			8		519.7816				0					0		
Bly	-			60		908.6558				0					0		
Kadmium	-			1.5		16.24318				0					0		
Kvikksølv	-			1		64.9162											
Kobber	-			100		324558.1				0					0		
Sink	-			200		15584.29				0					0		
Krom (III)	-			50		2596007				0					0		
Krom (VI)	1	120	120	2	5900 %	117.2715	2 %	7E-01	3E-03	0	4E-02	7E-01	7E-01	3E-03	0	4E-02	7E-01

Standard Kd=30 l/kg; I=0,75 m/år:

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
						Helserisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.					Beregnet kons. fra middel jordkons.				
	Antall prøver	Max $C_{s,max}$ (mg/kg)	Middel $C_{s,middel}$ (mg/kg)	Norm-verdi jord (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider norm-verdi	C_{he} aktuell arealbruk (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider C_{he}	Grunn-vann $C_{gw,max}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,max}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,max}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,max}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,max}$ (mg/l)	Grunn-vann $C_{gw,mid}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,mid}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,mid}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,mid}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,mid}$ (mg/l)
Arsen	-			8		147.9161				0					0		
Bly	-			60		258.5794				0					0		
Kadmium	-			1.5		4.622377				0					0		
Kvikksølv	-			1		18.47343											
Kobber	-			100		92360.64				0					0		
Sink	-			200		4434.875				0					0		
Krom (III)	-			50		738754.8				0					0		
Krom (VI)	1	30	30	2	1400 %	33.37237	-10 %	6E-01	3E-03	0	1E-02	6E-01	6E-01	3E-03	0	1E-02	6E-01

Torvjord (Kd=4327 l/kg; I=0,1 m/år):

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
						Helserisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.					Beregnet kons. fra middel jordkons.				
	Antall prøver	Max $C_{s,max}$ (mg/kg)	Middel $C_{s,middel}$ (mg/kg)	Norm-verdi jord (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider norm-verdi	C_{he} aktuell arealbruk (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider C_{he}	Grunn-vann $C_{gw,max}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,max}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,max}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,max}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,max}$ (mg/l)	Grunn-vann $C_{gw,mid}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,mid}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,mid}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,mid}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,mid}$ (mg/l)
Arsen	-			8		519.7816				0					0		
Bly	-			60		908.6558				0					0		
Kadmium	-			1.5		16.24318				0					0		
Kvikksølv	-			1		64.9162											
Kobber	-			100		324558.1				0					0		
Sink	-			200		15584.29				0					0		
Krom (III)	-			50		2596007				0					0		
Krom (VI)	1	15000	15000	2	749900 %	16848.85	-11 %	6E-01	3E-03	0	4E-02	6E-01	6E-01	3E-03	0	4E-02	6E-01

Torvjord (Kd=4327 l/kg; I=0,75 m/år):

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
						Helserisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.					Beregnet kons. fra middel jordkons.				
	Antall prøver	Max $C_{s,max}$ (mg/kg)	Middel $C_{s,middel}$ (mg/kg)	Norm-verdi jord (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider norm-verdi	C_{he} aktuell arealbruk (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider C_{he}	Grunn-vann $C_{gw,max}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,max}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,max}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,max}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,max}$ (mg/l)	Grunn-vann $C_{gw,mid}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,mid}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,mid}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,mid}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,mid}$ (mg/l)
Arsen	-			8		147.9161				0					0		
Bly	-			60		258.5794				0					0		
Kadmium	-			1.5		4.622377				0					0		
Kvikksølv	-			1		18.47343											
Kobber	-			100		92360.64				0					0		
Sink	-			200		4434.875				0					0		
Krom (III)	-			50		738754.8				0					0		
Krom (VI)	1	4000	4000	2	199900 %	4794.736	-17 %	6E-01	3E-03	0	1E-02	5E-01	6E-01	3E-03	0	1E-02	5E-01

Sandjord (Kd=1 L/kg; I=0,1 m/år):

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
						Helserisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.					Beregnet kons. fra middel jordkons.				
	Antall prøver	Max $C_{s,max}$ (mg/kg)	Middel $C_{s,middel}$ (mg/kg)	Norm-verdi jord (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider norm-verdi	C_{he} aktuell arealbruk (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider C_{he}	Grunn-vann $C_{gw,max}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,max}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,max}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,max}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,max}$ (mg/l)	Grunn-vann $C_{gw,mid}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,mid}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,mid}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,mid}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,mid}$ (mg/l)
Arsen	-			8		519.7816				0					0		
Bly	-			60		908.6558				0					0		
Kadmium	-			1.5		16.24318				0					0		
Kvikksølv	-			1		64.9162											
Kobber	-			100		324558.1				0					0		
Sink	-			200		15584.29				0					0		
Krom (III)	-			50		2596007				0					0		
Krom (VI)	1	4	4	2	100 %	4.351873	-8 %	6E-01	3E-03	0	4E-02	6E-01	6E-01	3E-03	0	4E-02	6E-01

Sandig jord (Kd= 1 l/kg; I=0,75 m/år):

Stoff	Målt jordkonsentrasjon			TRINN 1		TRINN 2											
						Helserisiko		Beregnet kons. fra max jordkons.					Beregnet kons. fra middel jordkons.				
	Antall prøver	Max $C_{s,max}$ (mg/kg)	Middel $C_{s,middel}$ (mg/kg)	Norm-verdi jord (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider norm-verdi	C_{he} aktuell arealbruk (mg/kg)	$C_{s,max}$ over-skrider C_{he}	Grunn-vann $C_{gw,max}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,max}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,max}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,max}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,max}$ (mg/l)	Grunn-vann $C_{gw,mid}$ (mg/l)	Resipi-ent $C_{sw,mid}$ (mg/l)	Innen-dørsluft $C_{ia,mid}$ (mg/l)	Grønn-saker $C_{g,mid}$ (mg/kg)	Fisk $C_{f,mid}$ (mg/l)
Arsen	-			8		147.9161				0					0		
Bly	-			60		258.5794				0					0		
Kadmium	-			1.5		4.622377				0					0		
Kvikksølv	-			1		18.47343											
Kobber	-			100		92360.64				0					0		
Sink	-			200		4434.875				0					0		
Krom (III)	-			50		738754.8				0					0		
Krom (VI)	1	1	1	2	-50 %	2	-50 %	5E-01	3E-03	0	1E-02	5E-01	5E-01	3E-03	0	1E-02	5E-01

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page

Dokumentinformasjon/*Document information*		
Dokumenttittel/*Document title* Forenklet utregningen for akseptabel grenseverdi for Cr(VI).		**Dokumentnr./*Document no.*** 20180207-02-TN
Dokumenttype/*Type of document* Teknisk notat / Technical note	**Oppdragsgiver/*Client*** Miljødirektoratet	**Dato/*Date*** 2019-06-03
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/*Proprietary rights to the document according to contract* Oppdragsgiver / Client		**Rev.nr. & dato/*Rev.no. & date*** 0 /
Distribusjon/*Distribution* BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/*Keywords* Krom, Cr(VI), betong, utlekking, grenseverdi		

Stedfesting/*Geographical information*	
Land, fylke/*Country*	**Havområde/*Offshore area***
Kommune/*Municipality*	**Feltnavn/*Field name***
Sted/*Location*	**Sted/*Location***
Kartblad/*Map*	**Felt, blokknr./*Field, Block No.***
UTM-koordinater/*UTM-coordinates* **Sone: Øst: Nord:**	**Koordinater/*Coordinates*** **Projeksjon, datum: Øst: Nord:**

Dokumentkontroll/*Document control*
Kvalitetssikring i henhold til/*Quality assurance according to NS-EN ISO9001*

Rev/ Rev.	***Revisjonsgrunnlag/Reason for revision***	**Egenkontroll av/ *Self review by:***	**Sidemanns-kontroll av/ *Colleague review by:***	**Uavhengig kontroll av/ Independent review by:**	**Tverrfaglig kontroll av/ *Inter-disciplinary review by:***
0	Originaldokument	2019-06-03 Gudny Okkenhaug	2019-06-03 Gijs D. Breedveld		

Dokument godkjent for utsendelse/ *Document approved for release*	**Dato/*Date***	**Prosjektleder/*Project Manager***
	3. juni 2019	Gudny Okkenhaug

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten 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 reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

NGI
OSLO
TRONDHEIM
HOUSTON
PERTH

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
NGI.NO

Hovedkontor Oslo
PB. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd. Trondheim
PB. 5687 Torgarden
7485 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48
NGI@ngi.no

BANK
KONTO 5096 05 01281
ORG.NR 958 254 318MVA

ISO 9001/14001
CERTIFIED BY BSI
FS 32989/EMS 612006