

Oppdragsgiver: Norges Skytterforbund
Oppdragsnavn: Prosjektere rensedammer leirduebane
Oppdragsnummer: 606691-02
Utarbeidet av: Maria Haugen, Per Kraft og Petter Snilsberg
Dato: 30.11.2018
Tilgjengelighet: Åpen

NOTAT Renseløsninger for avrenning fra Løvenskioldbanen

1. BAKGRUNN.....	2
2. GRUNNLAGSDATA FRA TIDLIGERE RAPPORT.....	3
2.1. Drenssystem og avrenningsveier.....	3
2.2. Område med forurenset jord.....	5
2.3. Tilstandsklasser og akseptkriterier.....	7
2.4. Vannkvalitet.....	7
2.5. Forslag til hydrologiske tiltak.....	9
2.6. Sigevann og renseløsninger.....	10
3. ERFARING FRA SANDEFJORD SKYTEBANE.....	10
4. PROSJEKTERING AV RENSEDAMMER.....	12
4.1. Hydrologiske data.....	13
4.2. Nedbørsmengder.....	14
4.2.1. Gjentakintervall.....	14
4.2.2. Klimafaktor.....	14
4.2.3. Dimensjonerende nedbørsintensitet.....	14
4.3. Beregningsmetode.....	15
4.3.1. Overvannsmengde.....	15
4.3.2. Fordrøyningsvolum.....	15
4.4. Resultater av beregnet vannmengde.....	15
4.5. Tiltaksområde 1.....	16
4.5.1. Plassering.....	16
4.5.2. Fordrøyningsvolum.....	16
4.6. Rensedam 1.....	17
4.6.1. Plassering.....	17
4.6.2. Fordrøyningsvolum.....	17
4.6.3. Utforming rensedam.....	18
4.7. Rensedam 2.....	19
4.7.1. Plassering.....	19
4.7.2. Fordrøyningsvolum.....	19
4.7.3. Utforming rensedam.....	21
4.8. Rensefilter.....	22
4.8.1. Plassering og utforming av filteret.....	22

5. TILTAK PÅ FORURENSET GRUNN	23
6. OPPSUMMERING	23
7. REFERANSER	24
VEDLEGG	24

1. BAKGRUNN

Fylkesmannen i Oslo og Akershus (FMOA) gjennomførte høsten 2015 kontroll ved Løvenskiold skytebane i Bærum kommune. FMOA ga i etterkant av kontrollen Norges Skytterforbund (NSF) et pålegg om å vurdere aktuelle avbøtende tiltak mht. avrenning og spredning av bly- og metallforurensing fra skytebanen.

Asplan Viak har tidligere i rapport av 30.08.2016 kartlagt, vurdert og anbefalt tiltak mhp forurenset jord og vann i tilknytning til Løvenskioldbanen som består av flere skytebaner. Hovedutfordringen er knyttet til lerduebanene der det ikke er kulefangere. Nedslagsfeltet til blyhagl og stålhagl er innenfor en vifte på ca. 200 -250 meter fra standplass ut i terrenget. Det skytes om lag 750 000 hagleskudd i året. Nedslagsfeltet for hagl fra lerduebanene er ca. 15 ha, eller 0,15 km², og består av skog, myr og et myrtjern.

FMOA har i brev av 29.05.2018 pålagt NSF å utarbeide en detaljert tiltaksplan med oppdatert framdriftsplan. Arbeidet med etablering av dammer og oppfylling av masser forutsetter søknad om ramme- og byggetillatelse (til kommunen), og tildekkingsløsningene over myrområdet krever godkjenning fra FMOA.

På grunn av arbeidet med finansiering av tiltakene har NSF i brev av 27.09.2018 søkt om utsatt frist for gjennomføring av alle aktuell tiltak. NSF vil så raskt som mulig gjennomføre to avbøtende tiltak som i vesentlig grad reduserer forurensning i bekker nedstrøms:

Fase 1: Rense sigevannet ut fra området slik at partikulær spredning og tungmetallforurensning reduseres i bekkene nedstrøms. Vi mener etablering av to sedimentasjon- og filterdammer vil være et meget effektivt tiltak.

Fase 2: Etablering av avskjærende grøfter rundt myrområdet også, for å sikre at vann ledes rundt i stedet for gjennom det forurensete området

Tiltakene er planlagt gjennomført etter følgende framdriftsplan:

Revidert fremdriftsplan:		
Fase	Tiltak	Tidsperiode
Fase 1	Detaljprosjektere 2 stk rensedammer og gjøre nødvendige tiltak for å sikre at vann fra det forurensete området ledes til disse.	Oktober- Desember 2018
	Byggesøke damtiltak, samt sikre entreprenør	Januar-Mars 2019
	Dametablering (bygging) og grøftarbeid	April-Juni 2019
Fase 2	Fjerning av forurenset sediment ved bekkeløpene	
	VA-prosjektering – avskjærende grøfter	Januar-Mars 2019

På oppdrag fra Norges Skytterforbund v/ Generalsekretær Arild Groven, har Asplan Viak AS i foreliggende notat utarbeidet forslag til renseløsning for avrenning fra Lerduebanene på Løvenskioldbanen. Asplan Viak har tidligere bistått ved tilsvarende problematikk ved Fokserød skytebane i Sandefjord.

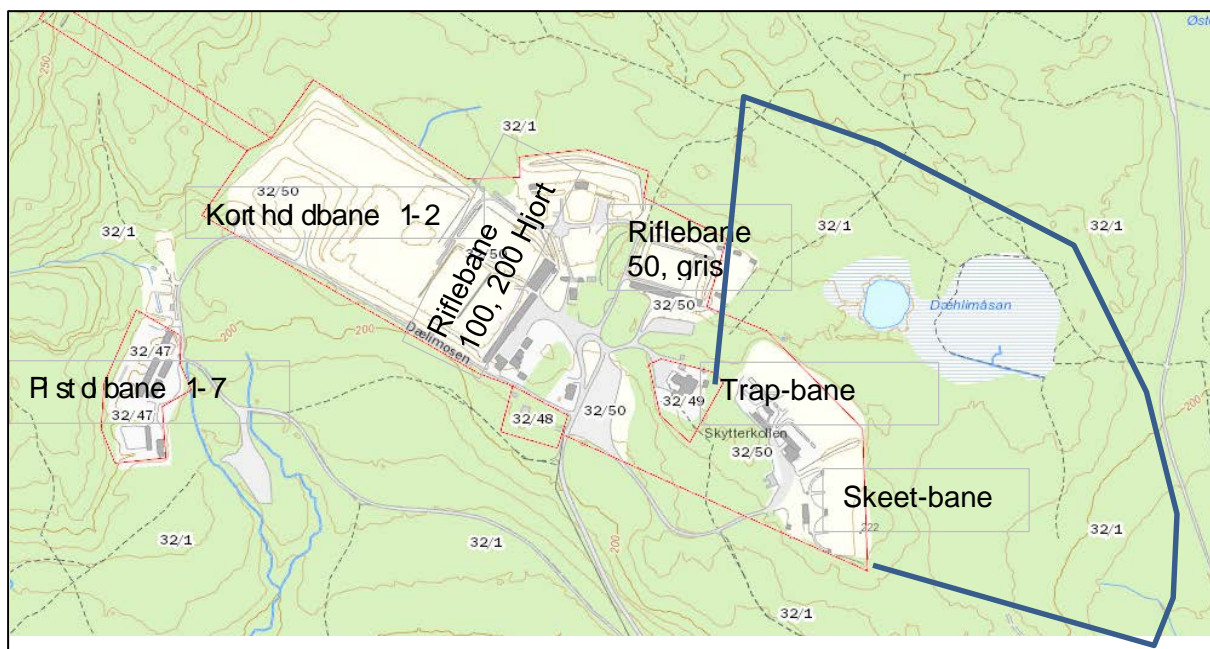
2. GRUNNLAGSDATA FRA TIDLIGERE RAPPORT

Asplan Viak har tidligere i rapport av 30.08.2016 kartlagt, vurdert og anbefalt tiltak mhp forurenset vann i tilknytning til lerduebanene. I påfølgende kapitler er det tatt med det som er relevant for videre arbeid med prosjekteringen av rensedammene.

2.1. Drenssystem og avrenningsveier

Det er påvist drenssystem og avrenningsveier i felt i samarbeid med vaktmester og driftspersonell på skytebanen. Løvenskioldbanen ligger innenfor nedbørfeltet 008.Z Øverlandselva, som har utløp ved Sandvika. Avrenning fra Løvenskioldbanen går delvis til Østernbekken og delvis til Ilabekken/Skutebekken som begge er tilførselsbekker til Øverlandselva. Det totale nedbørfeltet til Øverlandselva er på ca. 31 km², mens nedbørfeltet gjennom skytebanen er ca. 1 km².

Som del av vannforekomsten "tilførselsbekkene til Øverlandselva" er Østernbekken og Ilabekken/Skutebekken i vann-nett karakterisert med god økologisk tilstand.



Figur 1: Løvenskioldbanen med eiendomsgrenser, de ulike skytebanene, og omtrent nedslagsfelt for hagl ved lerduebanene er tegnet inn.



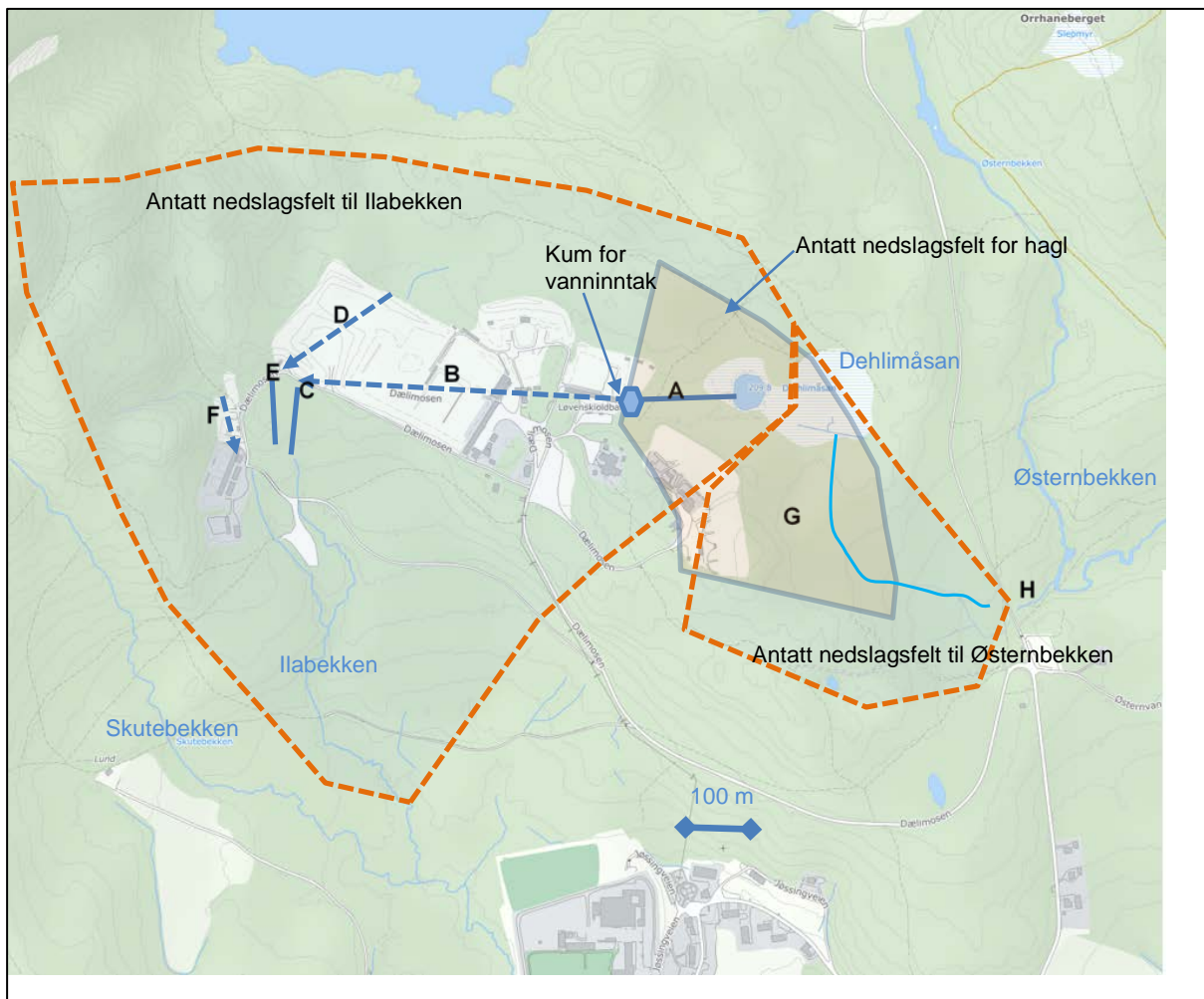
Figur 2: Omtrentlig avgrensning av nedslagsfeltet for hagl fra lerduebanene

Avrenningsveier fra lerduebanen er vist på figur 3. Figuren viser følgende:

Det er gravd en kanal (A) fra myrtjernet vest for Dehlimosen som ledes til en kum ved riflebanen. Herfra går det en drensledning (B) under skytebanen til (C) hvor avrenningsvannet går i åpen bekk til Ilabekken / Skutebekken. Overvann nord for skytebanen ledes i drensledning (D) til utløp ved (E), hvor det går i åpent bekkeløp til samløp med vann fra (C). Bekkeløp fra nord-vest ledes under pistolbanene til (F) og videre til samløp med bekkevann fra E og C til Ilabekken / Skutebekken.

Avrenning fra Dehlimåsan øst for myrtjernet har avrenning via ei myr (G) og til Øverlandsbekken ved (H). Totalt er det ca. 100 daa som påvirkes direkte av nedslagsfeltet. Med ca. 870 mm/år i nedbør og ca. 30% fordampning, er det ca. 62 000 m³ vann som drenerer ut av området årlig.

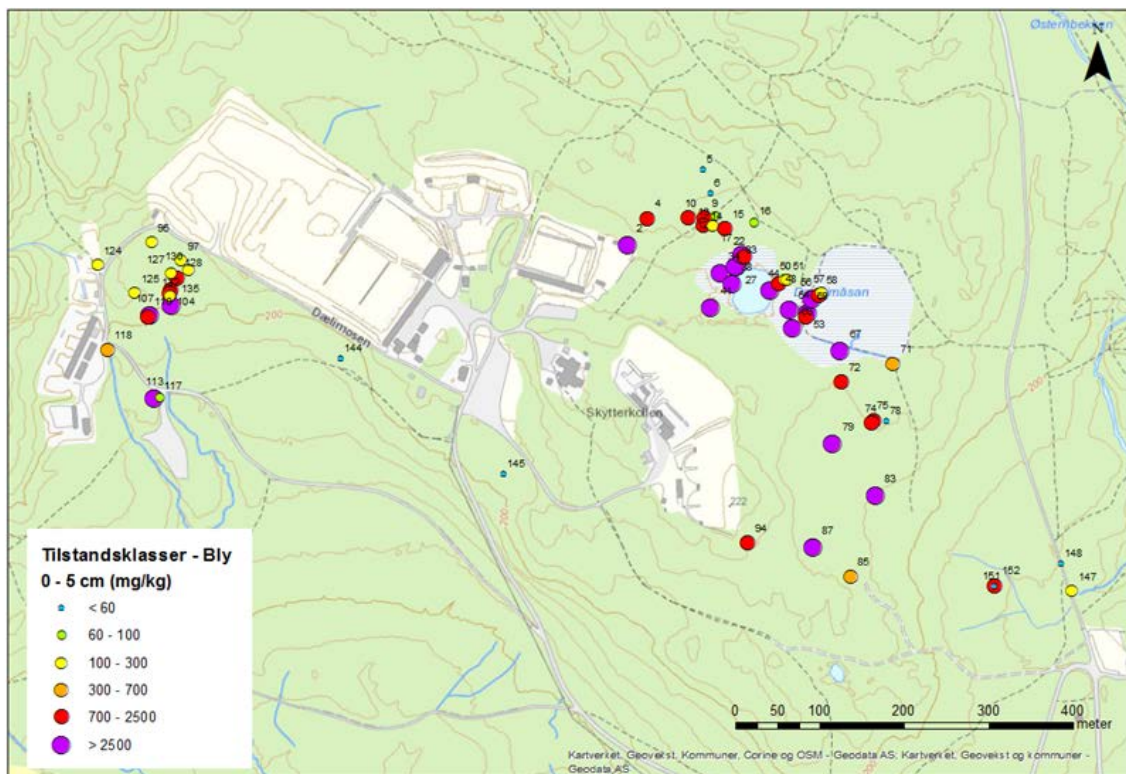
Avrenningen fra nedslagsfeltet fra lerduebanen går dermed både øst til Østernbekken og vest / sør til Ilabekken med omtrent like store areal av nedslagsfeltet.



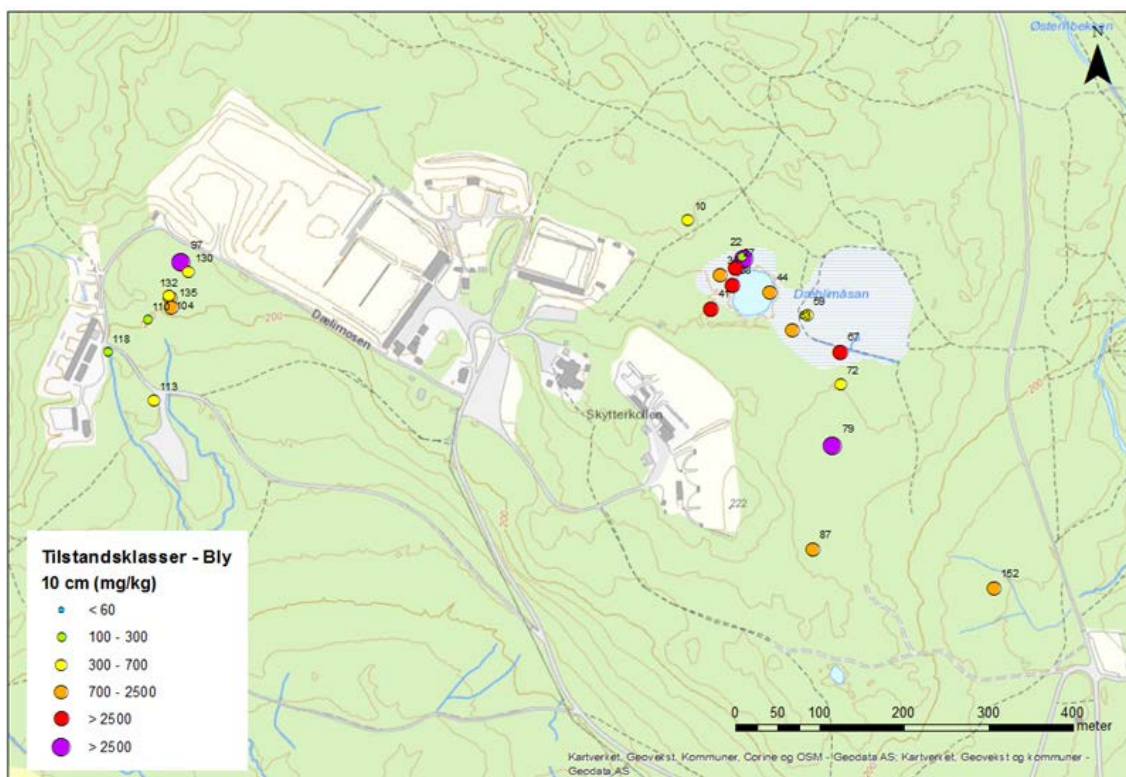
Figur 3: Skisse som viser avrenning fra antatt nedslagsfelt for avrenning fra hagl på lerduebanene. Stiplet blå linje (B, D og F) er drensrør under skytebanen.

2.2. Område med forurenset jord

Resultater av undersøkelser av forurenset jord er vist på Figur 4 og 5. Dette danner grunnlag for vurdering av plassering av dammer for rensing av overflatevann for området.



Figur 4: Prøver av toppjord (0 – 5 cm) tatt med XRF.



Figur 5: Prøver av jord (10 - 20 cm) tatt med XRF.

2.3. Tilstandsklasser og akseptkriterier

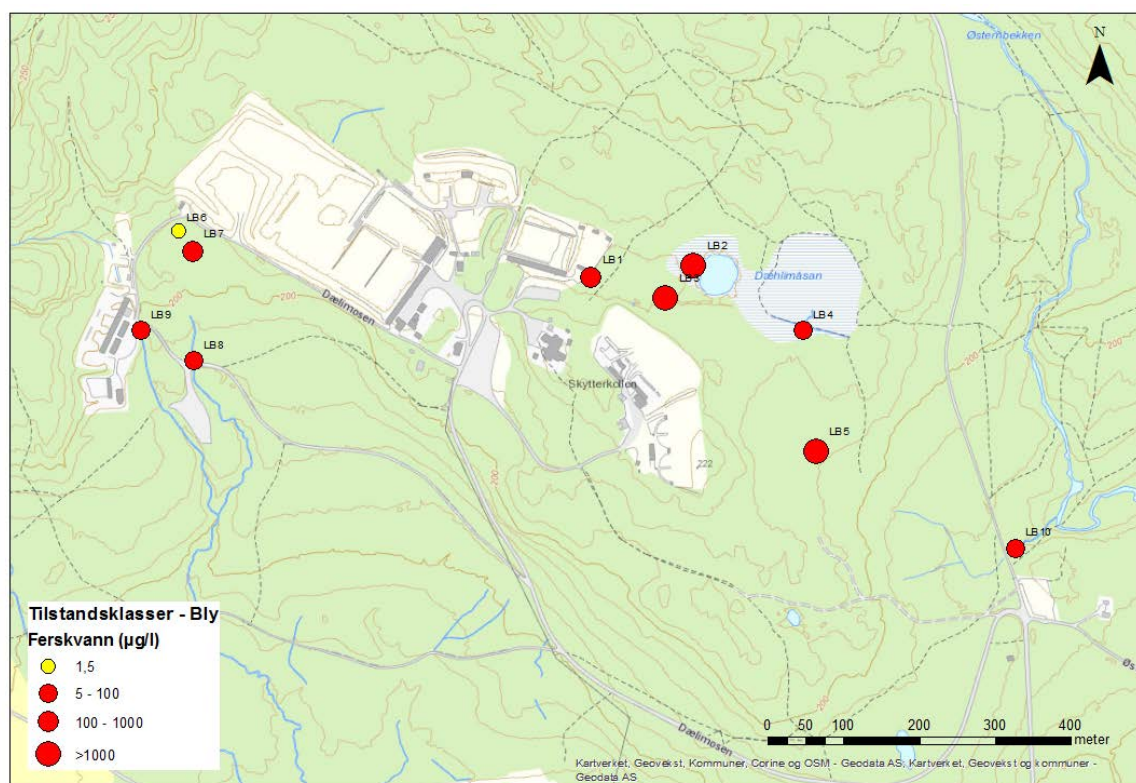
Tilstandsklasser for vann er vist i tabell 1. Verdien for laveste biologiske risiko (LBRL) settes til grensen mellom klasse 3 og 4.

Tabell 1: Tilstandsklasser for vann. Konsentrasjoner er angitt i $\mu\text{g/l}$ (TA-1486, 97/042009).

Virkninger av miljøgifter (tungmetaller)	Parametre	Tilstandsklasser				
		I «Ubetydelig forurenset»	II «Moderat forurenset»	III «Markert forurenset»	IV «Sterkt forurenset»	V «Meget sterkt forurenset»
i vann	Kobber, $\mu\text{g Cu/l}$	<0,6	0,6 - 1,5	1,5 - 3	3 - 6	>6
	Sink, $\mu\text{g Zn/l}$	<5	5 - 20	20 - 50	50 - 100	>100
	Kadmium, $\mu\text{g Cd/l}$	<0,04	0,04 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,4	>0,4
	Bly, $\mu\text{g Pb/l}$	<0,5	0,5 - 1,2	1,2 - 2,5	2,5 - 5	>5
	Nikkel, $\mu\text{g Ni/l}$	<0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 5	5 - 10	>10
	Krom, $\mu\text{g Cr/l}$	<0,2	0,2 - 2,5	2,5 - 10	10 - 50	>50
	Kvikksølv, $\mu\text{g Hg/l}$	<0,002	0,002 - 0,005	0,005 - 0,01	0,01 - 0,02	>0,02

2.4. Vannkvalitet

Det er tatt 10 vannprøver fra bekker og tjern. Vann er analysert for tungmetallene bly, kobber, sink og antimon, samt TOC. For bly er alle prøvepunktene i klasse 5, dvs. svært dårlig. Verdiene avtar raskt nedstrøms skytebanen, men inneholder fortsatt 10 – 15 ganger verdiene for klasse 5 før utløp i større bekkesystem. Vannføringen er 1 – 2 l/s i hver av de to utløpsbekkene fra området.

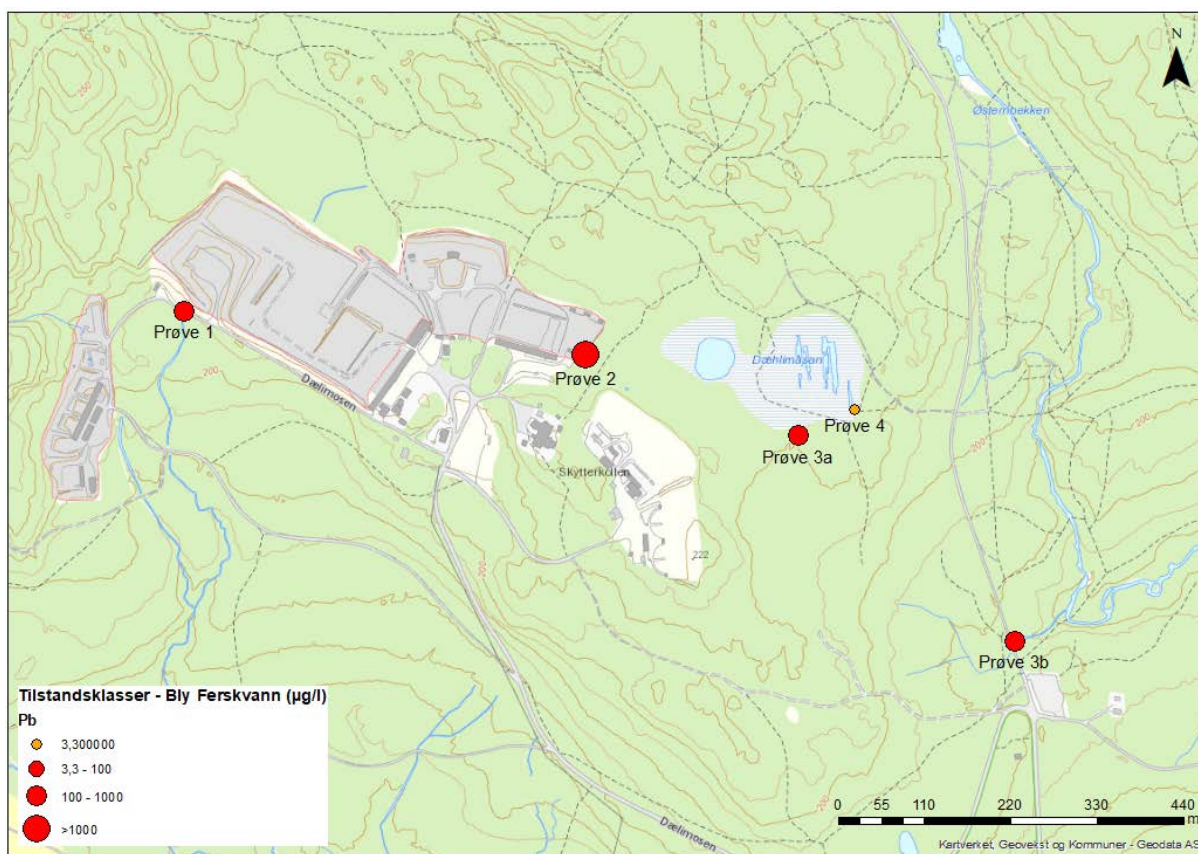


Figur 6: Prøver tatt av overflatevann i 2016 med prøvenr og bly-innhold i $\mu\text{g/l}$

Analysene av vannprøver viser sterkt forurenset vann i myrtjernet sentralt i nedslagsfeltet og spredning av forurenset vann via overflateavrenning mot sørøst til Østernbekken. Forurenset vann

ledes via drensledningen under skytebanen til bekkene ved pistolbanen. Forurensningen avtar raskt, men det er fortsatt forurenset vann et stykke ned i llabekken.

I etterkant av en intensiv nedbørperiode november 2018 (54 mm nedbør på to døgn) ble det samlet 5 vannprøver fra bekker i området. Sammenliknet med prøvene fra 2016 øker blykonsentrasjonen fra 850 til 1700 $\mu\text{g/l}$ ved innløpet til drensledningen ved riflebanen (gris) og fra 76 til 950 $\mu\text{g/l}$ ved det sørøstlige utløpet fra myra. Ved utløpet til drensledningen som går under de vestre skytebanene er konsentrasjonen av bly tilnærmet lik ved begge målingene. I tillegg til eksisterende prøvepunkter ble det tatt vannprøve fra en utløpsbekk som renner østover fra myra mot Østernbekken. Analyseresultatene viser lavere konsentrasjoner av bly enn ved resten av prøvepunktene. Vannprøven havner i tilstandsklasse 4, sterkt forurenset.



Figur 7: Prøver tatt av overflatevann i 2016 med prøvenr og bly-innhold i $\mu\text{g/l}$

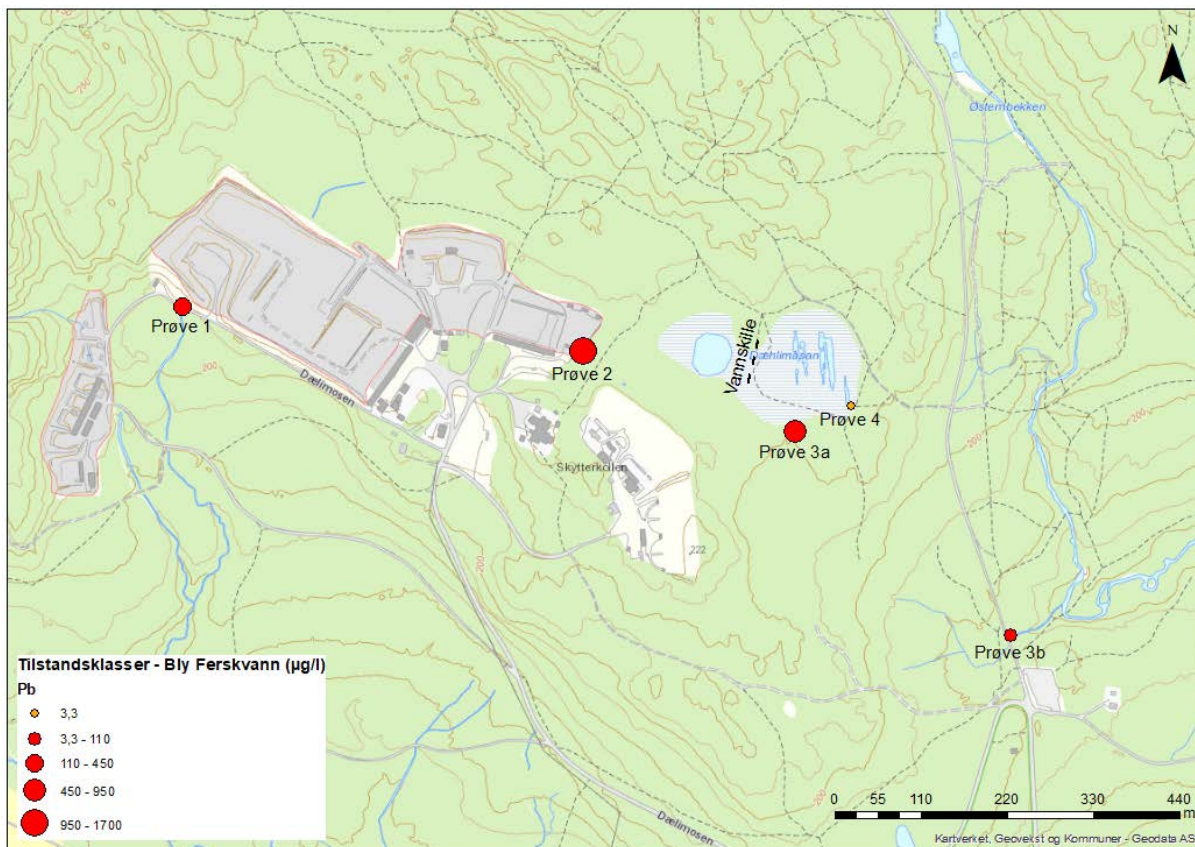
Tabell 2: Sammenstilling av resultater av vannanalyser tatt i mai 2016 og november 2018

Bly ferskvann ($\mu\text{g/l}$)	09.05.2016	14.11.2018
Lokalitet 1	430	450
Lokalitet 2	850	1700
Lokalitet 3a	76	950
Lokalitet 3b	100-1000	110
Lokalitet 4		3,3

Økt blykonsentrasjon i vannprøvene fra lokalitet 2 og 3a november 2018 kan ha sammenheng med store nedbørsmengder i dagene før prøvetakning. Spredning av bly fra jord er vist å være avhengig av blant annet nedbørsintensitet og undersøkelser fra en norsk militærskytebane (2001-2006) viste en firedobling av blykonsentrasjonen som følge av nedbørshendelser (Strømseng et al., 2009).

Nedbørsdata fra 2016 viser en periode på 9 dager med lite nedbør før prøvene ble hentet (eklima.no, 2009).

Analysene viser tilnærmet ingen endring lokalitet 1. Det er sannsynlig at dette skyldes fortykning på grunn av tilførsel av mye rent vann. Det er ikke skutt med bly på kortholdsbanene og riflebanene.



Figur 8. Prøver tatt av overflatevann i 2018 med prøvenr og bly-innhold i µg/l

2.5. Forslag til hydrologiske tiltak

Rent vann fra arealene i bakkant av nedslagsfeltet ledes direkte til bekk. Hvor mye overvann som er mulig å lede bort er avhengig av hvor mye tildekning som tillates i området. Effektiv avledning av rent vann vil kreve en voll med åpen grøft og tett bunn.

Forurenset vann fra nedslagsfeltet til skytebanen samt myrvann som presses ut ved tildekning samles opp og ledes til rensedam og utslipp til bekk.

Rensedam etableres for utjevning av vannstrømmen og med rensfilter i utløpet.

En senkning av vannivå i myra kan føre til uttørking og oksydering med økt grad av mobilisering av tungmetaller, og bør unngås. Redusert vanngjennomstrømning er viktig. En avskjæring av innstrømning til myra må følges opp med en oppdemning av utløpet. Dette vil sikre begrenset utlekking.

En bør også vurdere om alt sigevann bør ledes til samme utløp. Dette for bedre kontroll med utslipp og mulighet for å etablere renseløsninger ett sted. Det antas at det er best å lede sigevann østover mot Østernbekken.

2.6. Sigevann og renseløsninger

Ved graving og opprensning i de forurensede områdene blir det mest sannsynlig økt mobilisering og utslipp av forurensning til resipientene. Vannmengden inn og ut av forurenset område bør reduseres mest mulig ved at mest mulig vann fra sidearealene avskjæres og ledes utenom tiltaksområdet. Det kan etableres rensedammer for sedimentering og terskel med filtermasser for rensing av sigevannet. Filtermasser kan etableres som reaktive barrierer av f.eks. olivin eller jern.

Filteret kan bygges opp som en permeabel terskel ved utløpet av sedimentasjonsdammen med jernhydroksyd eller olivinstein i en kjerne og med kalkstein i forkant. Dette vil sikre økt pH og bedre absorpsjon av metaller. Massene må skiftes etter 2 – 3 år. Alternativt legges filtermasse i bunnen av bekken ved utløpet fra sedimentasjonsdammen.

Tiltakene bør skje skånsomt og over lang tid for å hindre at store mengder forurenset myrvann ledes ut av området.

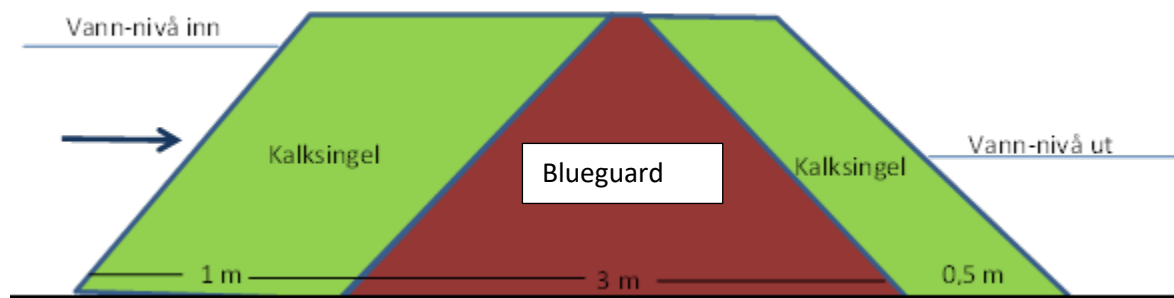
I perioder med aktiv graving/tildekking av myr kan det være aktuelt med et mobilt renselanlegg som tar hånd om sigevannet.

3. ERFARING FRA SANDEFJORD SKYTEBANE

Oppbygging av rensfilter ble gjort på grunnlag av beregnet flomvannmengde og analyserte konsentrasjoner av bly. Prinsippskisse er vit på fig 8.

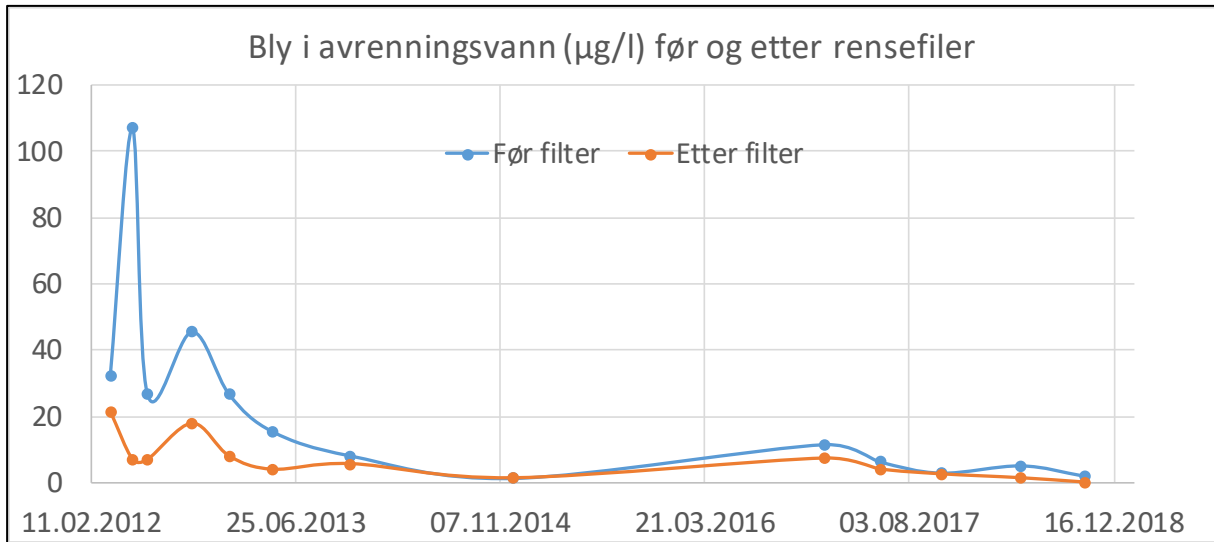
Ved etablering i 2012 ble det brukt 2 stk. big bags, 2 tonn med Blueguard filtermasser av type P2-10 i 2-10 mm gradering.

Ved reetableringen ble det brukt 1 stk. big bag, 1 tonn med Blueguard fordelt på 800 kg. i hovedbekken (midtre bekk) og 200 kg. i vestre bekk.



Figur 9: Prinsippskisse for utforming av filter i bekk for binding av bly (Blueguard) og forutgående filter for pH-justering

Filtermassevollen som ble etablert har ca. høyde = 120 cm, lengde = 200 cm og bredde = 250 cm i bunn og er formet som et saltak. Det er lagt et lag med singel over for å holde på Blueguarden slik at den ikke forsvinner.



Figur 10: Resultater fra analyser av bekkevann ut fra lerduebanen ved Sandefjord tatt før og etter rensefilter



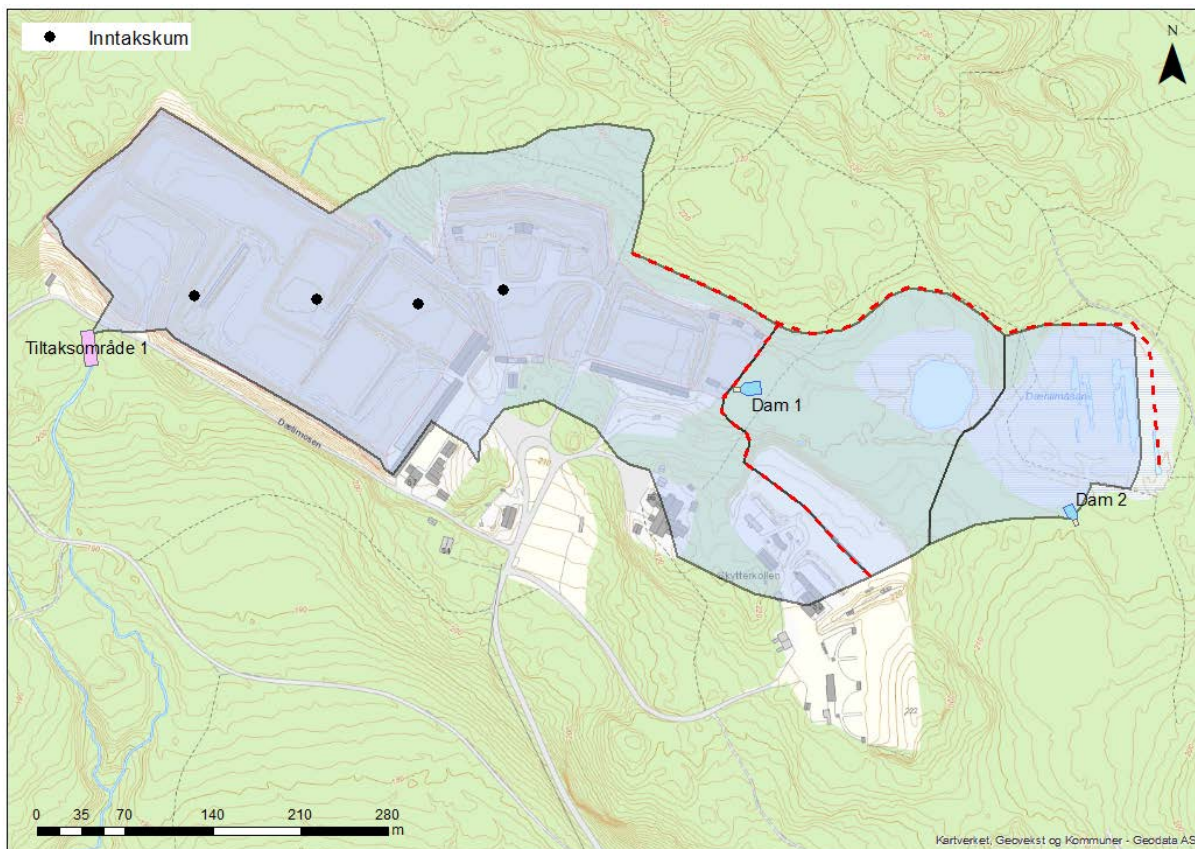
Figur 11: Vull med rensemasser i bekken ut fra lerduebanen ved Foksrød



Figur 12: Voll med rensmasser i bekken ut fra lerduebanen ved Foksrød

4. PROSJEKTERING AV RENSEDAMMER

På bakgrunn av grunnlagsdata og erfaringer fra Sandefjord skytebane foreslås det å anlegge en rensedam ved bekk med utløp vest mot Ilabekken (Dam 1, Figur 13) og en rensedam ved bekk med utløp øst mot Østernbekken (Dam 2, Figur 13). I tillegg anbefales det å gjøre tiltak ved utløp av drensledning med utslipp vest mot Ilabekken (Tiltaksområde 1, Figur 13).



Figur 13. Oversikt over nedbørfelt og plassering av rensedammer. Avskjærende grøfter er markert med rødt.

4.1. Hydrologiske data

Nedbørfeltet til de tre planlagte tiltaksområdene er vist i Figur 13. Tiltaksområde 1 ligger nedenfor vestre del av skytebanen (riftebane, hjortebane, kortholdsbane) og mottar ingen direkte avrenning fra lerduebanen. Det er ikke forventet forurensning av bly på denne delen av anlegget. Rensedam 1 ligger vest for lerduebanen og mottar vann fra omtrent halve nedslagsfeltet til lerduebanen. Basert på skytehistorikken på lerduebanen er denne delen av nedslagsfeltet antatt å inneholde størst mengde bly. Tilrenning av rent vann til rensedam 1 er begrenset ved bruk av grøfter, se Figur 13. Gjenstående nedbørfelt er på omtrent 3,11 ha og består av skogsområder og åpent vann. Utløpet fra rensedam 1 går i rør under skytebanen og ender opp i tiltaksområde 1 som totalt mottar vann fra et område på 14 ha. Rensedam 2 er lokalisert sørøst for den østre myra og har et nedbørfelt på omtrent 2 ha. Nedbørfeltet til rensedammen omfatter deler av nedslagsfeltet til lerduebanen og består av myr og skogsområder. Myra er påvirket av torvskjæring og åpent vann ligger i nord-sørgående kanaler.

Nedslagsfeltet til den sørlige delen av lerduebanen fanges ikke opp av rensedammene. Det er historisk skutt mindre bly på denne delen av skytebanen, men jord og vannprøver viser at også dette området er i tilstandsklasse 5 (meget sterkt forurenset). Lite avrenning fra området reduserer risikoen for spredning av forurensning og vannprøver nedstrøms viser merkbart fortynning av blykonsentrasjonen (Figur 6 og Figur 7). Kombinert med utfordringer ved fordrøyning og rensing av overvann fra et stort nedbørfelt foreslås det i denne omgang å ikke lage en rensedam som dekker dette området.

4.2. Nedbørsmengder

4.2.1. Gjentakintervall

Rensedammene skal begrense spredning av forurensning via sigevann fra skytebanen og dimensjoneres for et gjentakintervall på 5 år.

4.2.2. Klimafaktor

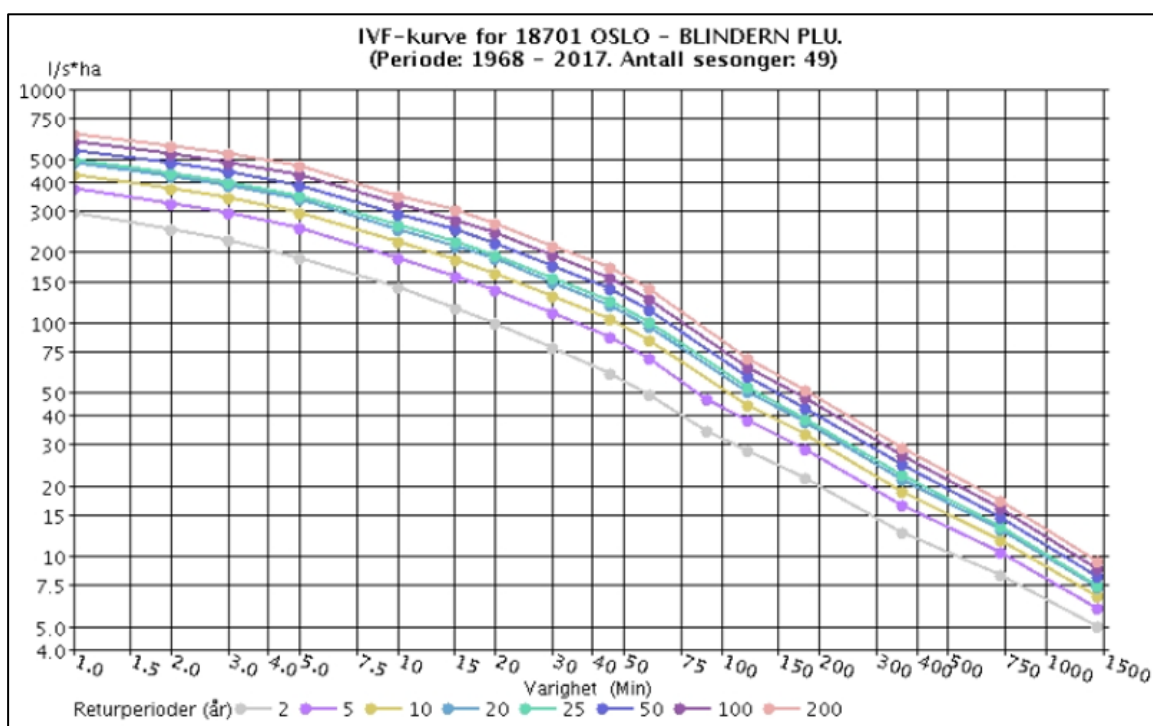
Foreslåtte rensedammer er regnet som midlertidige tiltak frem til det forurensede området er ferdig tildekket. Det er derfor ikke lagt til klimafaktor i beregningene.

4.2.3. Dimensjonerende nedbørsintensitet

Tabell 2 oppsummerer verdier for dimensjonerende nedbørsintensitet for gjentakintervall opptil 200 år.

Tabell 2: IVF-data [$l/s \cdot ha$] fra stasjon 18701 Oslo - Blindern PLU perioden 1968-2017 (uten krav om sammenhengende nedbør). Data er hentet fra eKlima (uten klimafaktor).

Returperioder(år); Nedbørsintensitet i liter pr. sekund pr. hektar(10 000m ²) ($l/s \cdot ha$)																
18701 OSLO - BLINDERN PLU																
Periode: 1968 - 2017																
Antall sesonger: 49																
År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.	720 min.	1440 min.
2	293	247,4	224	187,8	140	114,2	98,4	78	60,3	49,1	34,3	28,2	21,6	12,5	8,3	5
5	372,7	321	292,6	251	187,8	156,9	136,8	108,7	85,7	69,6	46,7	37,9	28,5	16,4	10,3	6
10	425,4	369,7	338,1	292,8	219,4	185,3	162,2	129	102,5	83,2	44,3	33	18,9	11,7	6,7	
20	476	416,4	381,7	332,9	249,7	212,4	186,5	148,5	118,6	96,3	50,4	37,3	21,3	13	7,3	
25	492,1	431,3	395,5	345,6	259,4	221	194,3	154,7	123,7	100,4	52,4	38,7	22,1	13,4	7,5	
50	541,5	476,9	438,1	384,8	289	247,6	218,1	173,7	139,5	113,2	58,4	42,9	24,5	14,6	8,1	
100	590,6	522,3	480,4	423,7	318,5	273,9	241,7	192,6	155,1	125,8	64,3	47,2	26,9	15,9	8,8	
200	639,6	567,5	522,7	462,5	347,9	300,2	265,3	211,5	170,7	138,5	70,3	51,4	29,2	17,1	9,4	



Figur 14. IVF-kurve for Oslo (Blindern) basert på perioden 1968 – 2017 (Meteorologisk institutt, 2018).

4.3. Beregningsmetode

4.3.1. Overvannsmengde

Overvannsmengder er beregnet via den rasjonelle metode:

$$Q = c \cdot A \cdot I$$

Hvor Q er maksimal vannføring [l/s], c er midlere avrenningskoeffisient for nedbørfeltet, A er nedbørfeltets areal [ha] og I er nedbørintensiteten [l/(s ha)].

Avrenningsfaktoren brukt i beregningene er vektet i forhold til andel skog, myr, bebygd areal og bart fjell innenfor nedbørfeltet.

Dimensjonerende nedbørsintensitet bestemmes fra IVF-kurven for et gitt gjentakintervall og med en varighet lik feltets konsentrasjonstid. Konsentrasjonstiden er tiden vannet bruker fra ytterkant av nedbørfeltet til utløp/målested (stikkrenne).

Konsentrasjonstiden beregnes av formelen:

$$T_c = \frac{0,6 * L}{H0,5} + 3000 * A_{SE}$$

t_c = tidsfaktor i minutter, L = lengde av feltet i m, H = høydeforskjellen i feltet i m og A_{se} = andel innsjø i feltet (forholdstall).

4.3.2. Fordrøyningsvolum

Følgende formel er benyttet for beregning av nødvendig fordrøyningsvolum (Flødesutjevning i avløpsnett, P. Stahre 1981, s 238):

$$V_{mag.} = [A \cdot \varphi \cdot I \cdot K_f - Q_{mid.}] \cdot t_r$$

Hvor $V_{mag.}$ er nødvendig magasinistørrelse [m³], I er dimensjonerende nedbørintensitet [l/(s ha)], t_r er dimensjonerende regnvarighet [min], K er midlere spesifikk utløp fra magasinet [l/(s ha)], og $A \varphi$ er redusert nedbørfelt [ha].

Denne metoden forutsetter at utløpet fra magasinet er konstant (midlere utløp).

4.4. Resultater av beregnet vannmengde

Tabell 3 viser areal for de tre nedbørfeltene, vektet avrenningskoeffisient (C), beregnet flomvannsmengde (tilrenning) med 5 års gjentakintervall og dimensjonerende nedbørsvarighet (tilrenningstid)

Tabell 3: Beregnet areal (ha), avrenningskoeffisient, tilrenning (l/s) og tilrenningstid (min) for de tre nedbørfeltene.

Nedbørfelt	Areal i ha		C	Tilrenning l/s	Tilrenningstid i min
1	14,450		2,26	200	95
2	3,11		0,275	47	51
3	2,00		0,225	25	49,5

4.5. Tiltaksområde 1

4.5.1. Plassering

Tiltaksområde 1 ligger nedenfor utløpet av drensøret (800 mm) som går under de vestre skytebanene (riflebane, hjortebane, kortholdsbane). Fire inntakskummer er lokalisert på anlegget, se Figur 13. Det er ikke forventet forurensning av bly på denne delen av anlegget.

I tillegg til overvann fra de vestre skytebanene mottar tiltaksområde 1 vann fra nedbørfelt 2. De høye blykonsentrasjonene i vannprøvene er forventet å stamme fra avrenning fra dette nedbørfeltet. Etter bygging av rensedam 1 vil blykonsentrasjonen i tilført overvann minke.

Totalt nedbørfelt for tiltaksområde 1 er 14 ha.



Figur 15. Drensøret mottar vann fra fire inntakskummer plassert på de vestre skytebanene samt en inntakskum ved rensedam 1.

4.5.2. Fordrøyningsvolum

Med gjentaksintervall på 5 år er maksimal vannføring (Q) for tiltaksområde 1 omtrent 200 l/s (tabell 3). Fordrøyningsvolumet er beregnet med konsentrasjonstid på 95 min og maksimal utløpsmengde på 3 l/s. Utløpsmengden er basert på nødvendig oppholdstid i filteret for å oppnå god renseseffekt. Nødvendig fordrøyningsvolum for maksimal vannføring er beregnet til 2820 m³.

Fordrøynings og rensing av tilførte vannmengder vil kreve svært store arealer. Ved etablering av rensedam 1 er det forventet å se en nedgang i blykonsentrasjonene i tiltaksområdet. Kombinert med fortykning av det forurensete vannet på grunn av tilførsel av rent vann fra de vestlige skytebanene kan mindre tiltak vurderes.

Alternative rensetilak:

- Fjerne forurensede masser langs bekkeløpet
- Legge filtermasse av olivin i bunnen av bekken

4.6. Rensedam 1

4.6.1. Plassering

Rensedam 1 plasseres mellom lerduebanen og riflebanen (Figur 11). Området mottar vann fra nedslagsfeltet til trapbanen via en bekk fra myrområdet i nordøst og en bekk i ytterkant av vollen til trapbanen (Figur 14). Basert på skytehistorikken på lerduebanen er nedslagsfeltet til trapbanen antatt å inneholde størst mengde bly. Fra rensedam 1 fraktes vannet videre gjennom en drensledning til tiltaksområde 1.



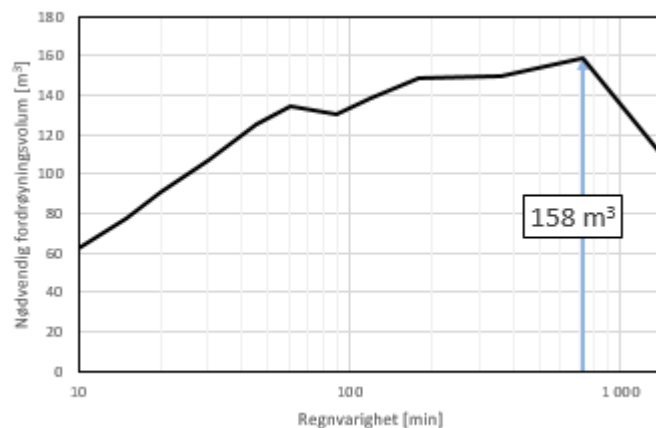
Figur 16. Planlagt plassering av dam 2. Overvann fraktes videre via rør under vestre delen av skytebanen.

For å redusere vannmengden inn og ut av forurenset område er det foreslått avskjærende grøfter som leder vann utenom forurenset område. Foreslåtte grøfter er markert med rød stiplet linje på Figur 13. For effektiv avledning av vannet kreves en åpen grøft med tett bunn og voll i bakkant. Beregning av overvannsmengde og nødvendig fordrøyningsvolum er basert på nedbørfeltet nedenfor planlagt avskjærende grøft.

4.6.2. Fordrøyningsvolum

Med gjentakintervall på 5 år er maksimal vannføring (Q) for nedbørfeltet 51 l/s. Fordrøyningsvolumet er beregnet med konsentrasjonstid på 45 min og maksimal utløpsmengde på 3

l/s. Utløpsmengden er basert på nødvendig oppholdstid i filteret for å oppnå god renseeffekt. Nødvendig fordrøyningsvolum for maksimal vannføring er beregnet til 158 m³.



Figur 17. Rensedam 1 bør ha kapasitet til å fordrøye 158 m³ vann for å unngå overløp ved maksimal vannføring.

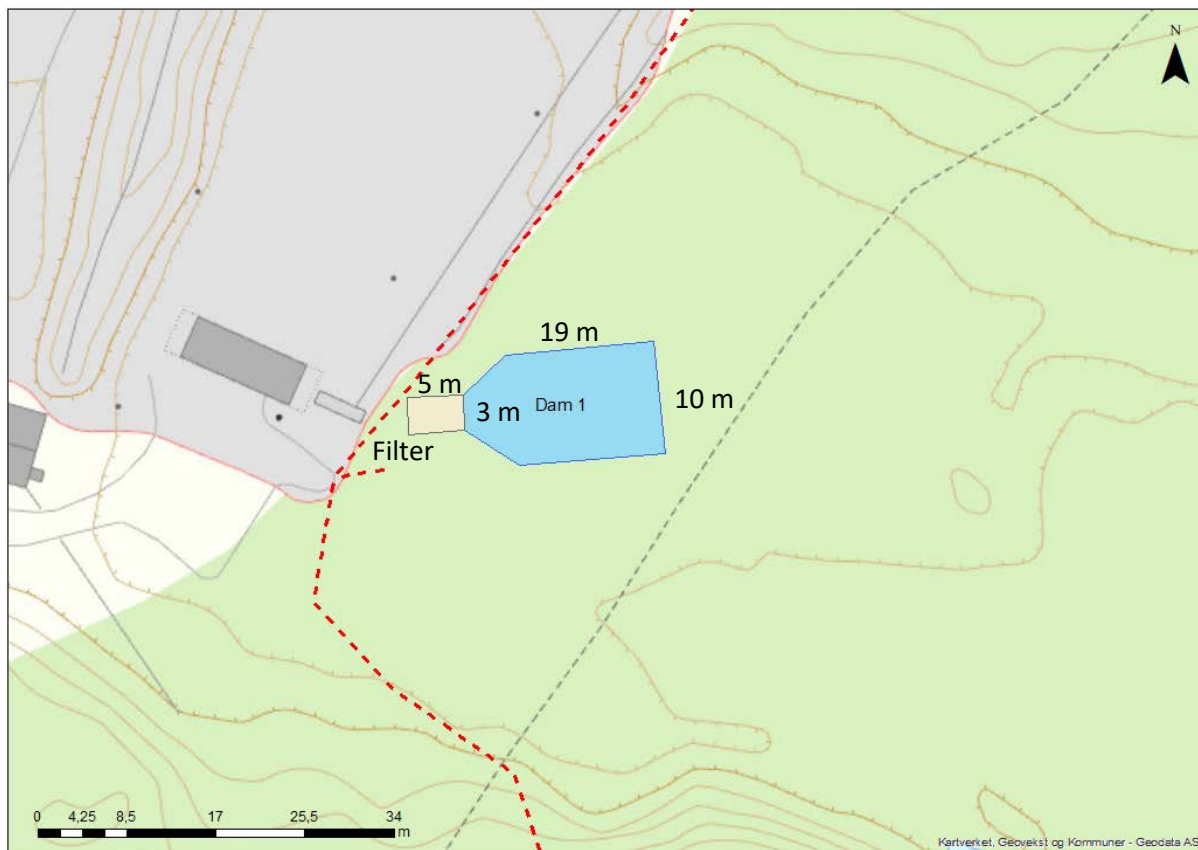
4.6.3. Utforming rensedam

For å oppnå maksimal renseeffekt fra filtermassene anbefales en oppholdstid på 15 min. Ved bruk av Blueguard P2-10C pellets av olivin (se 4.8) får vannet en gjennomstrømningshastighet på under 0,01 m/s. En filterlengde på 5 m gir en noe kortere oppholdstid enn anbefalt, men vil være tilstrekkelig for å fjerne en stor andel av tungmetallene. Det er usikkert hvor mye renseeffekten øker ved å utvide filterlengden.

Bredden på terskelen med filtermateriale er dimensjonert for en utløpsmengde på 3 l/s og beregnet til 3 m. Gitt en dybde på 1 m trengs det 15 m³ Blueguard filtermasse til terskelen i rensedam 1. I tillegg til filtermasser fra Blueguard foreslås det å legge et lag med kalksteinssingel i front og bakkant av terskelen for å sikre økt pH og bedre absorpsjon av metaller (se 3. Erfaring fra Sandefjord skytebane).

Rensedammen dimensjoneres for å kunne fordrøye minimum 160 m³. Forslag til utforming er vist i Figur 18. Med en bredde på 10 m som smalner til 3 m mot utløpet og lengde på 18 m gir bassenget et fordrøyningsvolum på 183 m³. En innsnevring av bassenget mot filteret bidrar til bedre utnyttelse av hele filterbredden.

På grunn av beregningsusikkerheter (blant annet vannets strømningshastighet gjennom filteret) og midlertidig økt vanntilførsel under arbeidet med tildekning av myrområdene foreslås det å dimensjonere fordrøyningsbassenget for en vannføring litt over beregnet maksimal vannføring.



Figur 18. Forslag til utforming av rensedam 2. Foreslått rensedam har en fordrøyningskapasitet på 183 m^3 .

4.7. Rensedam 2

4.7.1. Plassering

Rensedam 2 er lokalisert sørøst for den østre myra og har et nedbørsfelt på omtrent 2 ha. Nedbørsfeltet til rensedammen omfatter deler av nedbørsfeltet til lerduebanen (trapbanen) og består av myr og skogsområder. Myra er påvirket av torvskjæring og åpent vann ligger i nord-sørgående kanaler (Figur 19).

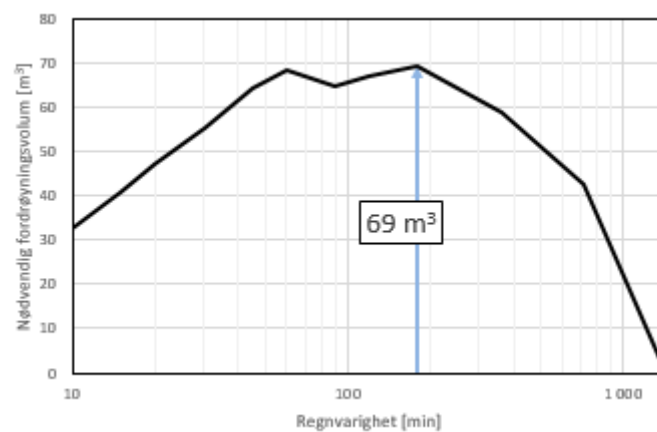
Nord for myrområdet er det foreslått en avskjærende grøft for å lede rent vann forbi det forurensede området, se Figur 13.

4.7.2. Fordrøyningsvolum

Med gjentakintervall på 5 år er beregnet maksimal vannføring (Q) $49,5 \text{ l/s}$. Fordrøyningsvolumet er beregnet med konsentrasjonstid på 45 min og maksimal utløpsmengde på 3 l/s . Utløpsmengden er basert på nødvendig oppholdstid i filteret for å oppnå god renseeffekt. Nødvendig fordrøyningsvolum for maksimal vannføring er beregnet til 69 m^3 .



Figur 19. Utløp mot sørøst fra myrområdet. Som et resultat av torvskjæring består myrområdet av flere kanaler med åpent vann.



Figur 20. Rensdam 2 bør ha kapasitet til å fordrøye 69 m³ vann for å unngå overløp ved maksimal vannføring.

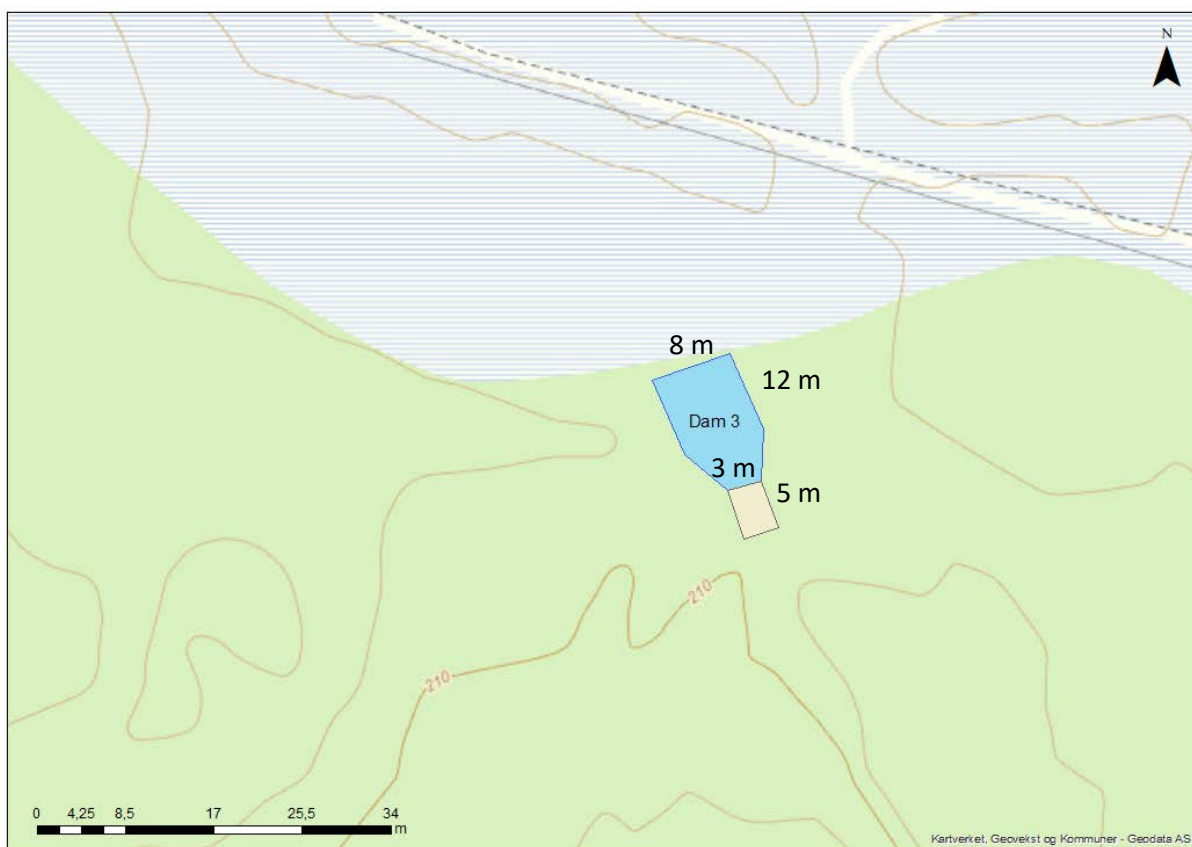
4.7.3. Utforming rensedam

For rensedam 2 er det gjort tilsvarende vurderinger av foreslått filterlengde som for rensedam 1. En filterlengde på 5 m gir noe kortere oppholdstid enn anbefalt, men vil være tilstrekkelig for å fjerne en stor andel av tungmetallene. Det er usikkert hvor mye renseseffekten øker ved å utvide filterlengden.

Bredden på terskelen med filtermateriale er dimensjonert for en utløpsmengde på 3 l/s og beregnet til 3 m. Gitt en dybde på 1 m trengs det 15 m³ Blueguard filtermasse til terskelen i rensedam 1. I tillegg til filtermasser fra Blueguard foreslås det å legge et lag med kalksteinsingel i front og bakkant av terskelen for å sikre økt pH og bedre absorpsjon av metaller (se 3. Erfaring fra Sandefjord skytebane).

Rensedammen dimensjoneres for å kunne fordrøye minimum 70 m³. Forslag til utforming er vist i Figur 21. Med en bredde på 8 m som smalner til 3 m mot utløpet og lengde på 12 m gir bassenget et fordrøyningsvolum på 90 m³. En innsnevring av bassenget mot filteret bidrar til bedre utnyttelse av hele filterbredden.

På grunn av beregningsusikkerheter (blant annet vannets strømningshastighet gjennom filteret) og midlertidig økt vanntilførsel under arbeidet med tildekning av myrområdene foreslås det å dimensjonere fordrøyningsbassenget for en vannføring litt over beregnet maksimal vannføring.



Figur 21. Foreslått utforming og dimensjoner på rensedam 2. Foreslått rensedam har en fordrøyningskapasitet på 80 m³.

4.8. Rensefilter

Blueguard filtermasser er produkter basert på mineralet Olivin for adsorpsjon av tungmetaller og organiske miljøgifter. Det høye og aktive overflatearealet binder en rekke tungmetaller som kobber (Cu), sink (Zn) bly (Pb), antimon (Sb), kadmium (Cd) nikkel (Ni) og krom (Cr) og organiske miljøgifter som PCB, TBT, PAH og fosfater.

Produktene har høy permeabilitet og renser effektivt forurenset industrivann, avløpsvann, smeltevann og avrenning fra vei og nedlagte gruver (Forsvarsbygg, 2009). Praktiske og enkle løsninger med små krav til ressursbruk ved installasjon og vedlikehold gir kostnadseffektive løsninger. Anbefalt oppholdstid i filteret er ca. 15 minutter, men avhenger både av vannets viskositet og pH. Bindingseffekten vil typisk ligge rundt 5 – 15 kg tungmetaller per tonn filtermasse.

PARTIKKELDISTRIBUSJON OG KARAKTERISTISKE EGENSKAPER				
Typiske verdier. Verdiene representerer ikke en spesifikasjon				
	Partikkeldistribusjon	G1-3	P2-10	P2-10C
% som passerer sikt	D ₉₀	2.5 mm	10.0 mm	2.5 mm
	D ₅₀	1.6 mm	6.0 mm	1.6 mm
	D ₁₀	1.0 mm	2.5 mm	1.0 mm
Overflate areal	BET Analyse	2 m ² /g	8.2 m ² /g	38 m ² /g
pH		11 – 12	11 – 12	11 – 12
Bulk densitet	EN 1097 – 3	1.5 – 1.7 tonn/m ³	1.6 – 1.8 tonn/m ³	1.2 – 1.5 tonn/m ³
Volumvekt	EN 1097 – 3	0.59 – 0,67 m ³ / tonn	0.56 – 0,63 m ³ / tonn	0.67 – 0,83 m ³ / tonn
G1-3	Granulat av Olivin mel, 1 – 3 mm gradering		ID no. 2761	
P2-10	Pellets av Olivin mel, 2 – 10 mm gradering		ID no. 2850	
P2-10C	Pellets av Olivin mel, 2 – 10 mm gradering, tilsatt aktivt Karbon		ID no. 2851	

Ved denne metoden adsorberes løst bly på filtermaterialet. Adsorpsjonsfiltre kan ikke spyles. Når de er fulle, må materialet skiftes ut komplett. Beregnet levetid for adsorpsjonsfiltre er vanligvis to til tre år.

4.8.1. Plassering og utforming av filteret

Filteret plasseres i bekkeløpet umiddelbart nedstrøms fordrøyningsdammene. Vannhastigheten i filteret vil være i størrelsesorden 5 m (filterlengden) per 10 – 15 min, avhengig av gradienten som vil variere. For å oppnå tilstrekkelig oppholdstid må filterlengden i nedre del av filteret være min 5 m.

Med en filterflate på 1 m X 3 m, vil kapasiteten gjennom filteret være i størrelsesorden 3 - 6 l/s, noe som er tilfredsstillende i forhold til beregnet maksimal vannføring i bekken (5-års flom) etter fordrøyning.

Filtermasser fylles i hele bredden av bekken der den er utvidet ved utløpet av fordrøyningsbasseng, dvs. ca. 3 m bredde og opp til terrengnivå, dvs. med ca. 1 m tykkelse fra bunn til topp. Det benyttes Blueguard P 2-10 i kjernen av filteret og puk/singel eller kalksingel i fraksjon 2 – 5 mm som støttefilter oppstrøms og evt. nedstrøms. Alle filtermasser legges ut med rasvinkel på sidene (antatt

35 – 40 grader). Bruk av kalksingel som oppstrøms støttefilter har en viktig funksjon for heving av pH og derved økt binding av bly i filtermassene.

5. TILTAK PÅ FORURENSET GRUNN

Forslag til tiltak er basert på undersøkelser og målinger i jord og vann, befaring av området, informasjon fra lokalkjente (bl.a. skytterlaget), erfaring fra tiltak ved avrenning fra skytefelt (hovedsakelig forsvarrets skytefelt) og litteraturstudie av aktuelle renseforsøk (FFI, Bioforsk m. fl.).

Hovedtiltaket er å tildekke arealene for å redusere vanngjennomstrømning og eksponering. Vi vil foreslå følgende tiltak for å redusere lokal overflateforurensning og redusere spredning av forurensningen:

Myr:

1. Tildekkes med permeabel duk
2. Legge ut pukklag på 20 cm
3. Tildekke med tette masser / leire i minimum 1 meter

Våt del av myr inkl. tjern:

1. Kartlegge dybde av vannfylte / løse områder og dybder. Kan gjennomføres på frossen mark?
2. Der det er mer enn 30 cm åpent vann / ikke gangbar myr – må det dumpes faste masser/stein i myra for stabilisering. Mulig det må legges en duk som kan bli med ned i myra
3. Når åpent vann er fylt opp legges permeabel duk
4. Legge ut pukklag på 20 cm
5. Tildekke med tett masser / leire i minimum 1 meter
6. Etterfylle etter setninger

Det etableres avskjærende grøfter utenfor tildekket areal for å lede rent vann forbi og til rensedammer. Tildekket område arronderes slik at overflatevann ledes til renseanlegg. Tildekket areal sås til med egnet vegetasjon og/eller naturlig revegetering

6. OPPSUMMERING

Det er påvist omfattende forurensning av bly på og i bekker ut fra leirduebanen på Løvenskiold skytebane. Det er behov for tiltak for å hindre eksponering innenfor skytebanen, redusere utlekkingen av bly fra nedfallsområdet og rense bekkene som drenerer blyholdig vann ut fra forurenset område.

Foreliggende rapport omfatter beskrivelse av status og forslag til tiltak. Tiltakene omfatter renseløsninger for bekkevann og tildekking av de mest forurensete arealene.

Bekkevannet renses i blyadsorberende filtermasser (Blueguard) som er utprøvd i tilsvarende situasjoner. Vi vil anbefale at det legges et oppstrøms støttefilter av kalksingel for heving av pH.

Filtermassene legges ved utløpet av fordrøyningsbassenger som er dimensjonert for å gi en jevn belastning på filteret. Både fordrøyningsbassenger og rensfilter er dimensjonert for å kunne håndtere en 5-års flom uten at noe da går i overløp. Etter vår vurdering er det tilstrekkelig da det er

forventet at renseløsningen kun vil være i funksjon noen få år inntil tildekning av forurenset område med tette masser.

Filtermassene er dimensjonert for optimal binding av bly. Over tid vil adsorpsjonskapasiteten brukes opp og filtermassene må skiftes ut. Det må legges opp til en overvåking av vann inn og ut av rensfilteret for å dokumentere effekt og for å avdekke behov for utskifting av filtermasser.

Det er foreslått tildekning av de mest forurensede områdene med tette masser. Det kan forventes økt utlekking til vann i perioden med tildekning av myr og våtmark/tjern. Etter gjennomført tildekning, vil utlekking av bly til bekker avta vesentlig og behovet for rensedammer og filtermasser må etter en tid vurderes på nytt.

01	30.11.18	Nytt dokument	PK og MH	PS
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UARBEIDET AV	KS

7. REFERANSER

Forsvarsbygg. 2009. *Forsøk med Blueguard olivingranulat som rensedium for tungmetallholdig avrenning fra Tverrfjellet gruver*. Forsvarsbygg Utvikling.

Strømseng, A. E., Ljønes, M., Bakka, L. og Mariussen, E. 2009. *Episodic discharge of lead, copper and antimony from a Norwegian small arm shooting range*. Journal of Environmental Monitoring, 11 (6).

VEDLEGG

Prinsippksempel for beregning av vannføring ved bruk av den rasjonale formel:

Den rasjonale formel										
Nedbørfelt 1										
	C (koeff)	i (l/s*ha)	A, ha	tc (tilre)	Q5 (l/s)	Q5+20%	Arealtype	areal,%	faktor	vekta faktor
Q = C * i * A	0,400	33,000	14,450		190,740	228,888	skog	74,000	0,200	0,148
							myr	26,000	0,300	0,078
							Urbant	0,000	0,900	0,000
konsentrasjonstid i min:	500,000	10,000	0,000						Snitt	0,226
$t_c = 0,6 * L / H^{0,5} + 3000 * A_{se}$		3,162		94,868						

Dimensjonering av renseterskler med Blueguard filtermasse:

Dimensjonering av terskler

Hazens formel: $K = Ch \cdot d_{10}^2$

K = hydraulisk konduktivitet

Ch = 0,011 ve 10 grader. konstant

d_{10} = fra kornfordelingsanalysen

$$K = 0,01 \cdot 1^2 = 0,01 \text{ m/s}$$

Darcys formel

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot \Delta h}$$

$$Q = \frac{K \cdot A \cdot \Delta h}{L}$$

Q	0,006 m ³ /s	K =	0,01	m/s
$Q =$	6 l/s	A =	3	m ²
		Δh =	1	m
		L =	5	m

Beregning av fordrøyningsvolum:

MAGASIN - Beregning av nødvendig volum			
Prosjekt:	Flensdam 1		
Dato:	27.11.2018		
INPUT			
Funksjonskrav:			
Fylke:	Oslo	-	(Fylke for uthenting av data)
Stasjon:	OSLO - BLINDERN PL	-	(Stasjon for uthenting av data)
K_f :	1,00	-	(Klimafaktor)
G_l :	5	år	(Dim. gjentakintervall)
$Q_{max,gl}$:	3,0	l/s	(Maksimalt videreført)
$Q_{mid,gl}/Q_{max,gl}$:	0,70	-	(Forhold for midlere utløp)
Felt:			
A :	144 500	m ²	(Størrelse nedbørfelt)
φ :	0,40	-	(Midlere avrenningskoeffisient)
t_k :	90	min	(Konsentrasjonstid)
RESULTATER			
Dimensjonerende verdier:			
V :	2 815	m ³	(Nødvendig fordrøyningsvolum)
A_φ :	57 800	m ²	(Redusert nedbørfelt)
$Q_{mid,gl}$:	2,1	l/s	(Midlere utløp)
P :	52	mm	(Dimensjonerende nedbørmengde)
I :	6,0	l/(s·ha)	(Dimensjonerende nedbørintensitet)
t_r :	1440	min	(Dimensjonerende regnvarighet)
Q :	272	l/s	(Dimensjonerende tilrenning)
Hydrologisk stasjon:			
Fylke:	Oslo	-	(Fylke)
Kommune:	Oslo	-	(Kommune)
Stasjon:	OSLO - BLINDERN PL	-	(Stasjonsnavn)
Stasjonsnr:	18701	-	(Stasjonsnummer)
Høyde:	94	m.o.h.	(Høyde over havet)
Breddegrad:	59,3423	-	(Breddegrad)
Lengdegrad:	10,7201	-	(Lengdegrad)
Periode:	1968 - 2015	-	(Måleperiode)
Lengde:	47	-	(Antall sesonger)
Referanser:			
Lindholm, O., Endresen, S., Smith, B.T., Thorolfsson, S. (2012) Veiledning i dimensjonering og utforming av VA- transportsystem. Norsk Vann rapport 193 2012. eklima.no			
Forutsetninger:			
- Konstant nedbørintensitet			
- Konstant utløp fra magasin			
- Regnvelopmetode for bestemmelse av volum			

$V = [A \cdot \varphi \cdot I \cdot K_f - Q_{mid.}] \cdot t_r$

t_r [min]	I [l/(s·ha)]	K_f [m/s]	V [m ³]
10	189,4	1,9E-05	656
15	158,3	1,6E-05	822
20	138,0	1,4E-05	955
30	109,5	1,1E-05	1135
45	86,5	8,7E-06	1344
60	70,3	7,0E-06	1455
90	47,0	4,7E-06	1456
120	38,0	3,8E-06	1566
180	28,4	2,8E-06	1750
360	16,1	1,6E-06	1965
720	10,3	1,0E-06	2481
1440	6,0	6,0E-07	2815