



Det Frivillige Skyttervesen

RPR.no  
Rieber Prosjekt AS

# RAPPORT

Miljøtiltak på eksisterende kulefang  
- Prosjekt "Miljøriktige kulefang"



Dag Rieber

Oslo, 08.01.2026

## Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet som del av Det Frivillige Skyttervesen (DFS) sitt prosjekt «Miljøriktige kulefang», der det i perioden 2021–2025 er samlet kunnskap og gjennomført praktiske tester. Det er testet lukkede kulefangbygg med stålkulefangere og granulatkulefang, og det er testet løsninger som kan redusere miljøpåvirkning fra eksisterende kulefang på riflebaner. Hovedfokuset i denne rapporten er eksisterende kulefang av jord og sand, med særlig vekt på nye tester fra Rælingen skytterlag (2025), men også med resultater og erfaringer fra blant annet Asker skytterlag og andre testarenaer.

Riflekuler inneholder typisk en kjerne av bly, ofte legeret med antimon, og mantel av kobber eller legering av kobber og sink. Av disse metallene er det bly som regnes som mest toksisk i de konsentrasjonene som kan oppstå i vann ved skytebaner. Det fokuseres derfor på bly i denne rapporten.

Spredning av bly fra kulefang til omgivelsene skjer i all hovedsak med overflatevann til vannveier og resipienter. Å hindre vann i å vaske ut bly fra kulefangene er dermed sentralt i arbeidet med miljøforbedrende tiltak på skytebaner. Rapporten tar for seg tiltak for å begrense vannmengdene fra regn, snø og overflatevann inn i kulefang, både i form av tildekking, men også bortledning av overflatevann på kulefang som ligger inntil bakgrunnen. Det er gjort målinger av fukt i kulefang med ulike tildekkningstiltak og det er observert vanngjennomstrømming i kulefang som grunnlag for å vurdere virkningen av de ulike tildekkningstiltakene.

Håndtering av avrenningsvann som inneholder bly er også undersøkt, og det er testet renseløsninger.

Rapportens siste del gir anbefalinger om tiltak som kan gjøres på kulefang for å redusere avrenning, og håndtering av avrenningsvann, på bakgrunn av de undersøkelsene som er referert i rapportens hoveddel.

## Summary

This report has been prepared as part of the Norwegian Civilian Marksmanship Association (DFS) project “*Environment-Friendly Bullet Traps*”, within which knowledge has been compiled, and practical testing has been carried out during the period 2021–2025. Enclosed bullet trap buildings with steel bullet catchers and granular bullet traps have been tested, as well as solutions aimed at reducing the environmental impact from existing bullet traps at rifle ranges. The main focus of this report is on existing bullet traps made of soil and sand, with particular emphasis on new tests conducted at Rælingen Shooting Club in 2025, as well as results and experience from, among others, Asker Shooting Club and other test sites.

Rifle bullets typically consist of a lead core, often alloyed with antimony, and a jacket made of copper or a copper–zinc alloy. Of these metals, lead is considered the most toxic at the concentrations that may occur in water at shooting ranges. Consequently, this report focuses primarily on lead.

The dispersion of lead from bullet traps into the surrounding environment occurs mainly via surface water to streams, rivers and receiving waters. Preventing water from leaching lead from bullet traps is therefore a key element in efforts to implement environmental improvement measures at shooting ranges. The report addresses measures to limit the ingress of water from rainfall, snowmelt, and surface runoff into bullet traps, both through various types of cover systems and through diversion of surface water for bullet traps located adjacent to natural backstops. Moisture measurements have been carried out in bullet traps with different covering measures, and water flow through the bullet traps has been observed in order to assess the effectiveness of the various covering solutions.

The handling of runoff water containing lead has also been investigated, and treatment solutions have been tested.

The final part of the report provides recommendations for measures that can be implemented on bullet traps to reduce runoff and for the management of runoff water, based on the investigations and findings presented in the main body of the report.

## Innhold

Sammendrag.....	2
Summary .....	3
1 Innledning.....	6
1.1 Bakgrunn .....	6
1.2 Om denne rapporten .....	6
1.3 Hvorfor kulefang? .....	7
2 Metode.....	9
3 Testede tiltak mot avrenning av bly fra kulefang.....	10
3.1 Tildekking av kulefang med duk.....	10
3.1.1 100 m riflebane på Løvenskioldbanen .....	10
3.1.2 Bane 13 på Sessvollmoen.....	11
3.1.3 100 m bane Rælingen skytterlag .....	12
3.1.4 200 m-bane Asker skytterlag.....	13
3.1.5 Vurdering av tildekking med duk.....	14
3.2 Tildekking av kulefang med bentonittmembran .....	15
3.2.1 Testoppsett .....	15
3.2.2 Bentonittmembranen .....	17
3.2.3 Vann-avvisere .....	19
3.2.4 Fuktmåling .....	21
3.2.5 Vurdering av tildekking med bentonittmembran .....	21
3.3 Tildekking med membran, dekk-klipp og duk.....	22
3.3.1 Prinsippet.....	22
3.3.2 Gjennomføring av tildekkingen.....	23
3.3.3 Vedlikeholdsbehov .....	24
3.3.4 Fuktmålinger .....	25
3.3.5 Avrenning og sigevann fra tildekket kulefang .....	27
3.3.6 Avrenning og sigevann fra kulefanget uten tildekking .....	27
3.4 Takoverbygg på kulefang .....	28
3.5 Bortledning av overflatevann i overkant av kulefang .....	28
3.6 Åpen rensegrøft nedenfor kulefang.....	31
3.7 Oppsamlingsgrøft og rensekum .....	32
3.8 Rensedammer .....	37
3.9 Masser i kulefang .....	39
3.9.1 Myrjord .....	40
3.9.2 Maskinsand .....	40
3.9.3 Natursand og -grus .....	41

---

3.9.4	Jord.....	41
4	Anbefalinger om tiltak på kulefang av jord og sand.....	42
4.1	Problemstillingen .....	42
4.2	Tiltak på kulefang.....	42
4.2.1	Grunnleggende tiltak – Vedlikehold .....	42
4.2.2	Grunnleggende tiltak – Hindre overflatevann inn i kulefang.....	43
4.2.3	Tilsåing.....	43
4.2.4	Infiltrere avrenningsvann i grunnen .....	43
4.2.5	Avstand mellom kulefang og dammer, myr eller små bekker.....	44
4.2.6	Tildekking av kulefang.....	44
4.2.7	Isolering av gammelt kulefang og etablering av nytt kulefang .....	45
4.3	Håndtering av avrenningsvann.....	45
4.3.1	Fortynning .....	45
4.3.2	Naturlig filtrering .....	45
4.3.3	Rensekum.....	45
4.3.4	Rensedam .....	46
	Referanser.....	47

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Det Frivillige Skyttervesen (DFS) startet i 2005 et arbeid med undersøkelser av avrenning av metaller fra kulefang på riflebaner. Arbeidet ble utført i samarbeid med Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Statens forurensningstilsyn (nå Miljødirektoratet). Det ble utarbeidet tre rapporter. I den siste rapporten fra 2009 konkluderte NIVA med at mindre enn 1% av årlig tilført bly i tradisjonelle kulefang av jord og sand lekker ut til omgivelsene, og at fortyningen i bekker skjer svært raskt til ubetydelige konsentrasjoner (Rognerud, Avrenning av metaller fra tre geværskytebaner, 2009).

I forbindelse med EU sitt arbeid med et restriksjonsforslag knyttet til bly i ammunisjon ble problemstillingen igjen aktualisert, og DFS startet prosjektet «Miljøriktige kulefang». Prosjektet ble igangsatt for å få mer kunnskap om mulige løsninger for nye kulefang og miljøforbedring av eksisterende kulefang på skytebaner tilknyttet DFS. Riflekuler inneholder i all hovedsak bly, kobber, sink og antimon. Bly har fått primærfokus fordi det anses å representere den største miljømessige utfordringen.

## 1.2 Om denne rapporten

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med DFS-prosjektet «Miljøriktige kulefang» og fokuserer på mulige tiltak for å redusere spredning av bly fra eksisterende kulefang av jord og sand. Selv om blystøv kan fraktes bort fra kulefang av vind i en viss grad, så foregår den klart vesentligste spredningen av bly med vann. Miljømessig forbedring av kulefang av jord og sand handler derfor om å begrense tilgang på vann for derved å begrense korrosjon og utvasking av bly fra kulefangene.

Kunnskap innhentet gjennom litteraturstudier og utførte undersøkelser tilsier at selv om mange forhold varierer vesentlig fra sted til sted, så kan vi slå fast at tiltak som hindrer overflateavrenning fra kulefang vil være effektive for å hindre spredning av bly fra kulefang til omgivelsene. Løsninger for begrensnings av inntrengning av regn og overflatevann kan dermed ha stor betydning for avrenningen fra kulefang. Tiltak for å avlede overflatevann (grøfting og drenering) kan ha betydelig effekt, mens bunntetting i kulefang trolig er av marginal betydning for å hindre spredning av bly fra kulefang i Norge. Av den grunn, og fordi rapporten fokuserer på tiltak som kan utføres uten at kulefang må gjennom en miljøsanering, er bunntetting av kulefang ikke diskutert nærmere. Tidligere forskning har vist at bly i all hovedsak transporteres bundet til partikler i overflatevann, og at det bare er i svært porøs sandjord at bly i noen grad transporteres med sigevann vertikalt ned mot grunnvannet. Under norske forhold kan vi derfor forutsette at det er transport av bly med overflatevann som forårsaker spredning av blyforurensning til omgivelsene.

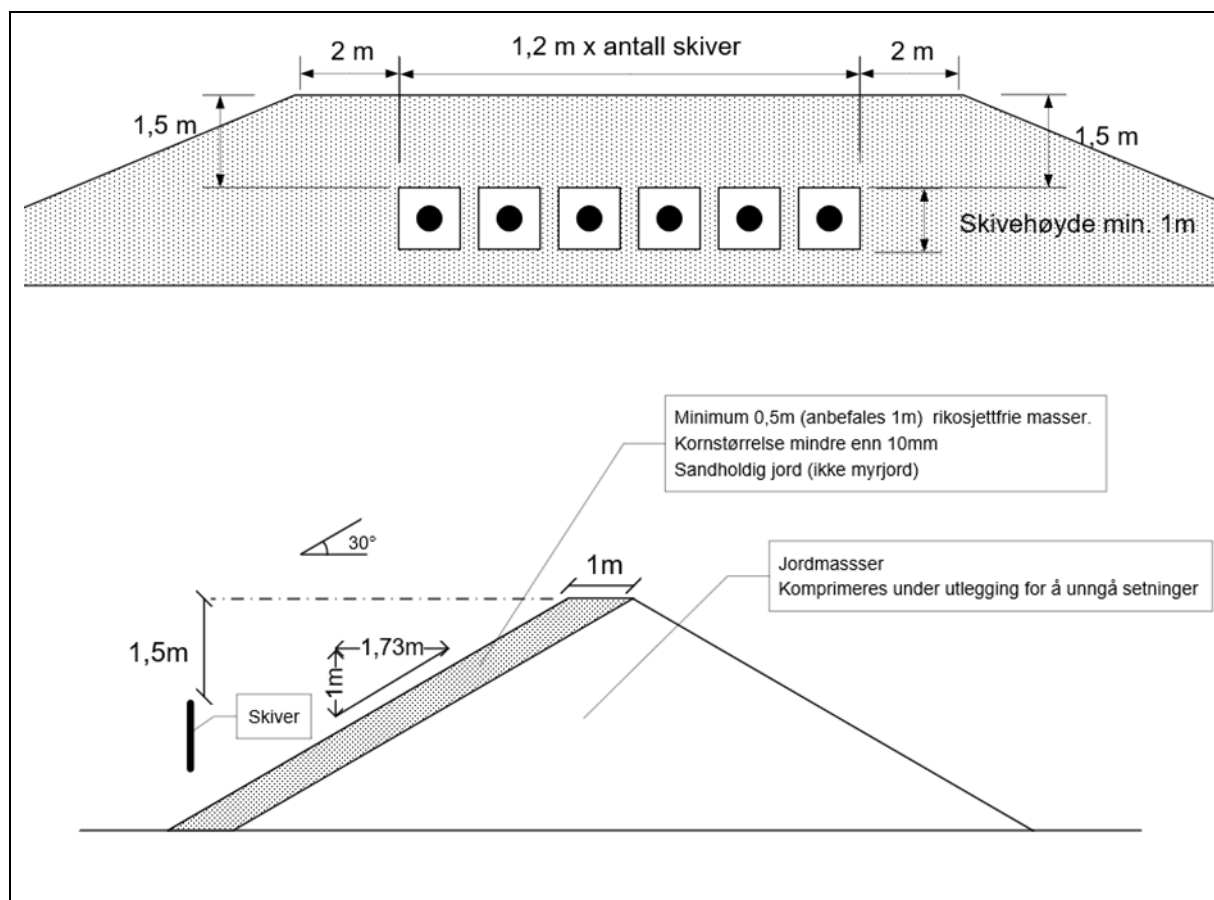
Denne rapporten baserer seg på tiltak som er testet på ulike skytebaner, der tester utført på Asker skytterlag sin bane og Rælingen skytterlag sin bane omtales i størst grad. Rapporten er bygget opp ved at de ulike tiltakene diskuteres hver for seg. Noen av resultatene er tidligere rapportert, men tas også med her for å få en samlet fremstilling.

Erfaringene fra tester utført gjennom kulefangprosjektet i 2022, 2024 og 2025 viser at testing er helt avgjørende. Noen resultater er som forventet, mens andre resultater avviker betydelig

fra det som var antatt på forhånd. I tillegg har det vist seg at tiltak ofte er vanskeligere å gjennomføre i praksis enn det som var antatt på forhånd.

### 1.3 Hvorfor kulefang?

Ved skyting på riflebaner er sikkerhet viktig, og det benyttes derfor kulefang bak skivene for å fange opp kulene. Det gjeldende sikkerhetsregelverket er uendret siden 1988, og beskriver kulefang av jord, torv, sand eller bark. Kulefang bestående av jord og sand er klart dominerende i bruk, siden torv og bark brytes raskere ned og derfor krever mer vedlikehold. Påtegningene i figuren nedenfor viser de gjeldende kravene til utformingen av kulefang.



Figur 1 Gjeldende krav til utforming av kulefang sett fra standplass og snitt.

Bildene nedenfor viser to typiske kulefangløsninger hvor det ene ligger inntil bakgrunnen, mens det andre er en frittliggende voll.



Figur 2 Kulefang av jord og sand som ligger inn mot bakgrunnen på 200 m-banen til Asker skytterlag (før tiltak)



Figur 3 Kulefang av jord og sand i form av frittliggende voll på Asker skytterlags bane

## 2 Metode

For å vurdere og identifisere tiltak som kan forbedre miljøsituasjonen for kulefang, er det gjennomført en treårig utprøving av ulike løsninger i regi av Miljøkulefangprosjektet til DFS. Målet har vært å undersøke tiltak som kan redusere utlekking og spredning av bly, samtidig som tiltakene skal være praktisk gjennomførbare og driftssikre. Prosjektet har fulgt en strukturert metodisk tilnærming der både eksisterende kunnskap og nye felldata inngår.

Arbeidet tok utgangspunkt i en gjennomgang av tilgjengelig kunnskap og erfaringer knyttet til miljøpåvirkning fra kulefang og mekanismer som påvirker transport og mobilisering av bly. På bakgrunn av denne gjennomgangen ble aktuelle tiltak identifisert og valgt ut for videre utprøving. Utvelgelsen bygget på både dokumentert effekt fra tidligere prosjekter og antatt potensial for forbedring, særlig med tanke på å redusere vanntransport gjennom kulefangmassene og hindre at bly lekker ut med avrenningsvann. Flere av tiltakene er deretter testet ut på eksisterende kulefang, der testoppsettet ble tilpasset faktiske lokale forhold. Målet var at tiltakene skulle testes under så realistiske forhold som mulig, både når det gjelder belastning, driftsrutiner og klimatiske variasjoner. Dette gir et mer troverdig sammenligningsgrunnlag og har gjort det mulig å observere tiltakene over tid og under skiftende forhold.

Gjennom hele prosjektperioden er tiltakene fulgt tett opp. Oppfølgingen har bestått av inspeksjoner, og justeringer som er gjort der det var nødvendig. Dette sikrer at tiltakene forblir funksjonelle gjennom hele testperioden, og at utfordringer er identifisert og håndtert for å sikre et relevant datagrunnlag.

Datainnsamlingen består av ulike målemetoder. For å forstå hvordan fuktforhold og vanntransport påvirker mobilisering av bly, ble det installert fuktsensorer i to kulefang. Sensorene registrerer endringer i fuktinnhold over tid og under varierende værforhold, noe som gir verdifull innsikt i hvordan tiltakene påvirker vannbevegelsen i massene.

I tillegg er det tatt vannprøver fra avrenningssystemet. Vannprøvene er analysert for innhold av bly. Dette gir en indikasjon på effekten av tiltakene.

Den endelige vurderingen av tiltakene bygger på en kombinasjon av kvantitative måledata, kvalitative vurderinger og driftserfaringer. Gjennom denne helhetlige tilnærmingen er både tiltakets effekt, stabilitet og praktiske gjennomførbarhet vurdert.

Rensing av avrenningsvann fra kulefang inngår som en del av vurderingen, da dette er en mulig mekanisme for å redusere utlekking av bly til omgivelsene. Tiltak rettet mot allerede forurenset grunn faller imidlertid utenfor prosjektets omfang og omtales derfor ikke nærmere i denne rapporten.

Metoden som er benyttet, sikrer et faglig grunnlag for vurderingen av tiltakene som presenteres. Resultatene bygger på teoretisk kunnskap, praktisk erfaring og målinger som dokumenterer endringer over tid.

### 3 Testede tiltak mot avrenning av bly fra kulefang

#### 3.1 Tildekking av kulefang med duk

Ved å dekke til kulefang med en duk kan en forhindre eller begrense inntrenging av vann fra nedbør, noe som igjen kan redusere muligheten for avrenning av bly fra kulefanget. Tiltaket forutsetter at det ikke kan komme vesentlige mengder med vann inn i kulefanget fra andre steder, for eksempel fra terreng som kulefanget ligger inntil.

Tildekking med duk er testet på flere baner, og ved skyting med ulike typer våpen og ammunisjon.

##### 3.1.1 100 m riflebane på Løvenskioldbanen

I 2022 ble det utført testing på 100 m-banen på Løvenskioldbanen, der det ble benyttet ulike duker som tildekking av kulefang av maskinsand. På denne banen skytes det med mange ulike typer ammunisjon, hovedsakelig kaliber .22 LR, 6,5 mm matchammunisjon med hulspiss og ulike typer jaktammunisjon. Spesielt skyting med jaktammunisjon har vist seg å lage store hull i duken. Mange jegere skyter med våpen som ikke er innskutt, og kombinert med generelt dårligere skyteferdigheter enn sportsskyttere, fører jegerskytingen også til langt større spredning av kulene i kulefanget. Dette førte på Løvenskioldbanen til at store deler av duken ble perforert, og etter et halvt år var det så mye hull i dukene at de ikke lenger hadde noen vannavvisende effekt. Det var ikke noen tydelig forskjell på perforeringen i de ulike dukene.



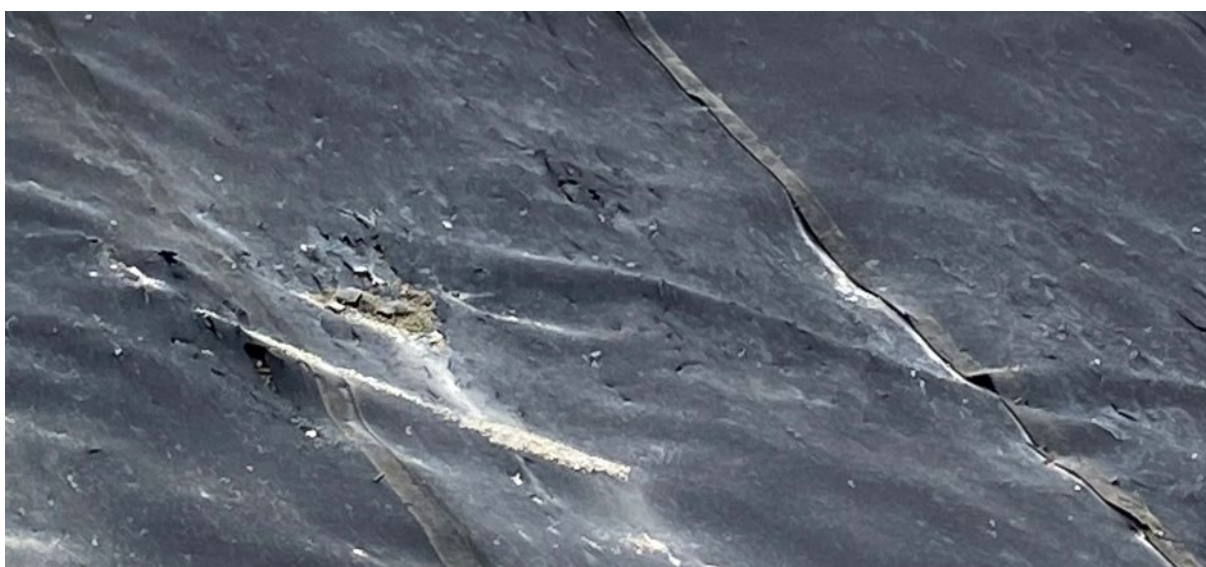
Figur 4 Bilde av testceller på Løvenskioldbanen. Foto: Cowi

### 3.1.2 Bane 13 på Sessvollmoen

På Sessvollmoen har Forsvarsbygg testet kulefang av sand og gummigranulat som er dekket med gummiduk. Sandkulefanget er etablert med en ramme oppå tidligere voll, der det er fylt sand inn i rammen. På den måten begrenses tilsig av overflatevann fra oversiden av kulefanget til en viss grad. Testene har vist at det blir mindre hull i en tynn gummiduk (1,6 mm) enn i en tykkere duk. På denne banen skytes det med en rekke ulike våpen. Det blir relativt raskt en betydelig mengde små hull i duken og etter en tid blir det større åpne hull. Spesielt ved skyting om vinteren ser en at lette prosjektiler blir ustabile etter treff i snø, og kulbuterer slik at de treffer duken sidelengs og lager store rifter i duken.



Figur 5 Bane 13-B på Sessvollmoen. Sandkulefang dekket med gummiduk.



Figur 6 Nærbilde av gummiduken i treffsonen

### 3.1.3 100 m bane Rælingen skytterlag

Rælingen skytterlag har en 100 m-bane der det skytes på papp-skiver, i tillegg til banen der det skytes på elektroniske skiver.



Figur 7 Rælingen skytterlags 100 m-bane med pappskivestativ før tiltak

På banen for papp-skiver er det testet tildekking med duk. Her er vanntilslig fra terrenget bak kulefanget løst med drenering i overkant. Det ble brukt en stor PVC-presenning (600 g/m<sup>2</sup>) til formålet. Innfesting av presenningen ble gjort til en stram stålwire som er festet med bolter i fjell og i en stor stein. Skivestativet ble demontert i forbindelse med utførelse av tiltakene, og det er ikke rukket å teste skyting på denne banen innenfor prosjektperioden.



Figur 8 Rælingen skytterlags bane – tildekking med PVC-presenning før nytt skivestativ var montert

### 3.1.4 200 m-bane Asker skytterlag

På Asker skytterlags bane ble det brukt PVC-presenning (600 g/m<sup>2</sup>) for tildekking av kulefanget på 200 m-banen i forbindelse med testene som ble utført i 2024. På denne banen er det i hovedsak voksne konkurranseskyttere som skyter. Det medfører at spredningen på kulene er liten. Det danner seg et hull med diameter på 10-15 cm hvor anslagsvis 98 % av kulene treffer. Dette gjør det enklere å finne løsning for tetting av hullene i duken. Det er testet en løsning der et bord av tre legges under duken før det legges på en lapp over hullet og skrus på et skråstilt bord over duken for å holde lappen på plass. Det skråstilte bordet leder regnvann ut til siden, og lappen hindrer regnvann i å finne veien inn i hullet. Lappen kan enkelt skiftes ved slitasje. Som følge av god samling av skudd på denne banen betyr det at det kan gå flere år før større deler av presenningen må skiftes ut eller repareres.



Figur 9 Asker skytterlag - konsentrerte hull på 200 m-banen



Figur 10 Asker skytterlag - Vann-avvisere og lapping av duk



Figur 11 Asker skytterlag - Lapp over hull i duken

### 3.1.5 Vurdering av tildekking med duk

Tildekking av kulefang med duk kan i betydelig grad hindre regnvann i å trenge inn i kulefanget. Et sentralt moment i forhold til hvor godt det fungerer, er hvor tett duken er over tid. Erfaringene tilsier at alle typer tildekkingsmaterialer slites, og at det etter hvert dannes hull i duken. På 200 m riflebaner tilknyttet DFS er samlingen av skudd generelt svært god, og det gjør at store deler av duken vil være uten perforeringer etter svært mange skudd. På 100 m-baner er derimot spredningen av skudd større som følge av jegerskyting, og bruk av jaktammunisjon lager i tillegg større hull i alle duker. Dette betyr at vedlikeholdsarbeidet blir langt mer omfattende på 100 m riflebaner enn på 200 m-baner.

Det kreves flere ulike egenskaper av en duk som ligger som tildekking på et kulefang. Blant annet må duken være UV-bestendig, bør få minst mulig hull av kulene og må være mulig å reparere på enkelt vis. Av de materialene som er testet i kulefangprosjektet ser det ut til at tynn sort naturgummi-duk og kraftig PVC-presenning totalt sett har de beste egenskapene. Begge typene har god UV-bestandighet. Gummiduken får noe mindre hull ved skyting med kaliber .22 LR og hulspiss-kuler, men begge dukene får store hull av kuler som benyttes til jakt. PVC-presenningen er overlegen på formstabilitet og er derfor langt enklere å reparere

med mekaniske tiltak enn gummiduken. Også reparasjon med lim ute i felt er enklere med PVC enn gummi.

Innfesting av tildekkingsduken kan være utfordrende. Det er avgjørende at duken kan festes godt i toppen. I Asker ble PVC-presenningen festet ved at presenningen ble lagt i en grøft som det ble fylt over med pukk. Dette har fungert godt i to sesonger, men dersom presenningen skulle løsne, må det benyttes gravemaskin for å få festet den på nytt. Løsningen Forsvarsbygg har brukt, der gummiduken er festet på toppen av en «kasse» av tre, gjør det lett å erstatte duken senere. Løsningen der presenningen festes til en stål-wire med solid innfesting synes også å kunne fungere godt over tid. Innfestingen må alle steder sees i sammenheng med tiltak som sikrer at vann ikke trenger inn fra oversiden. Hvilken løsning som velges vil derfor måtte variere med terrengets beskaffenhet.

I kulefang av jord og sand dannes det groper der kulene slår inn fordi massene brytes ned og komprimeres ved skyting. Filming med høyhastighetskamera har også vist at hvert skudd kaster noe jord/sand opp i lufta ved treff, og noe av massene vil derfor etter hvert legge seg nedenfor gropene i treffsonen. En duk som er lagt rett på kulefanget vil dermed synke innover i treffsonene. Overflatevann på duken vil derfor lett finne veien inn gjennom hullene i treffsonen, og på den måten reduseres virkningen av duken mye. Gjennom testene som er utført ser vi at dekk-klipp (oppklipte bildekk) er det materialet som i minst grad danner groper, selv etter flere tusen skudd. En mulighet kan derfor være å legge dekk-klipp oppå kulefanget i treffsonen før duken legges på. Med en kul på duken der kulene treffer vil vannet i all hovedsak renne til siden for de mest omfattende hullene som dannes i duken. Dette betinger imidlertid at man får plassert kulen med dekk-klipp svært nøyaktig, noe som har vist seg å kunne være vanskelig å måle ut helt presist når man etablerer løsningen.

Uansett valg av løsning ser det ut til at tildekking av kulefang av jord og sand vil kreve relativt hyppig vedlikehold for å fungere godt. Ved dårlig vedlikehold blir effekten av duken beskjeden.

## **3.2 Tildekking av kulefang med bentonittmembran**

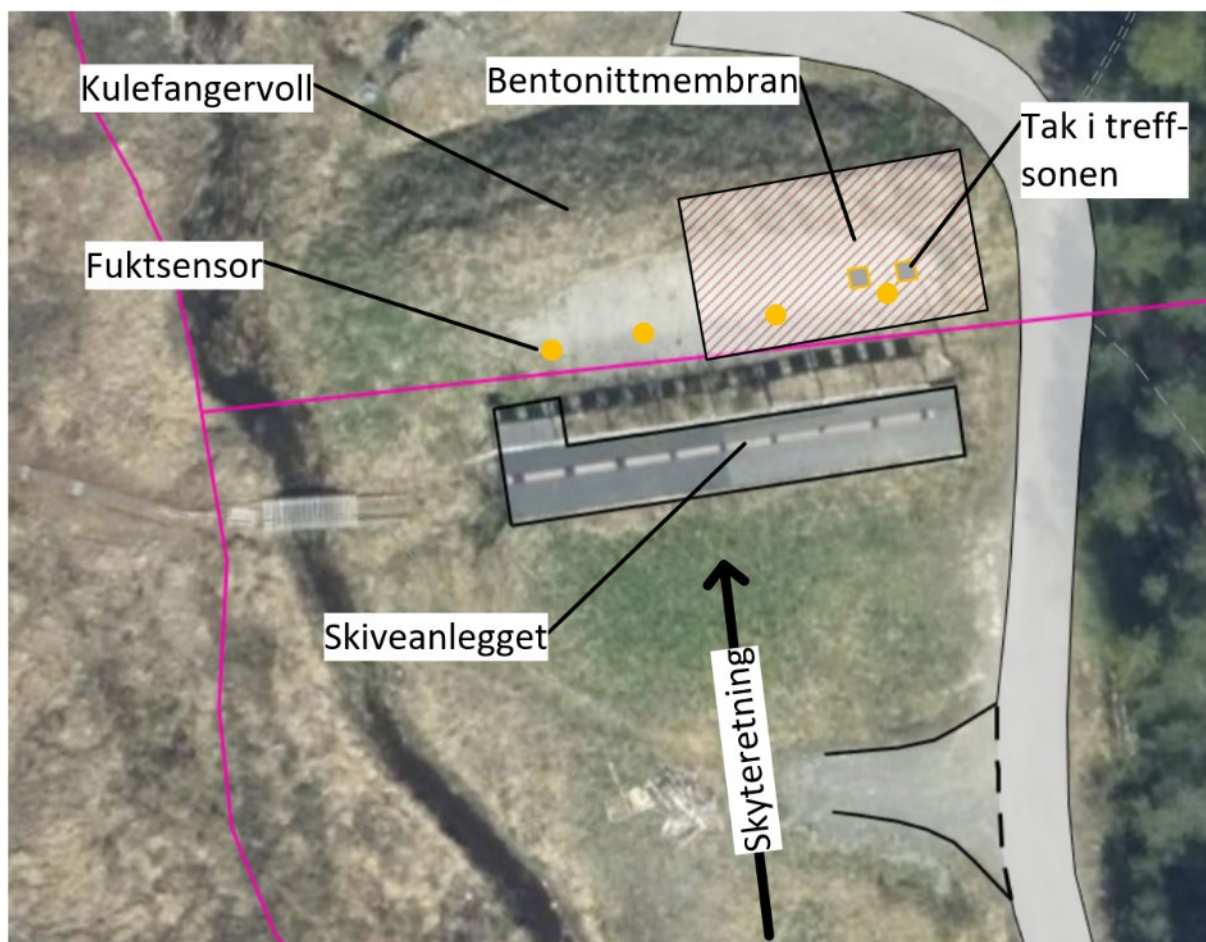
### **3.2.1 Testoppsett**

Det har i 2025 blitt testet tildekking av kulefang med bentonittmembran. Bentonittmembran består av et lag med bentonitt-leire som er vevet inn i to lag fiberduk. Når duken utsettes for fuktighet, sveller leiren og blir vannrett.

Testen er utført på 200 m-banen til Rælingen skytterlag i 2025 der halve kulefanget ble dekket til. Først ble kulefanget utbedret ved at gropene ble fylt med maskinsand og jevnet ut. Samtidig ble det lagt inn fire fuktsensorer i kulefanget like under treffsonen. To av fuktsensorene ble lagt i en del av kulefanget som ikke skulle tildekkes mens de to andre fuktsensorene ble lagt i delen som ble tildekket.

Etter at fuktsensorene var på plass ble bentonittmembranen lagt ut og ble holdt på plass av maskinsand som ble lagt på toppen av kulefangervollen. I overlappen mellom stripene med bentonittmembran ble det i henhold til produsentens beskrivelser strødd striper av pulver av tørr bentonittleire som skal skape en tett forbindelse. Til slutt ble det lagt på maskinsand i bunnen av kulefanget for å hindre at membranen kunne blåse opp ved kraftig vind.

Det var planlagt å teste små tak over treffsonen over den ene fuktsensoren der kulefanget er dekket til. Dette viste seg imidlertid å være vanskelig å få til fordi massen i kulefanget ikke var stabil nok. Figuren nedenfor viser hvordan tiltakene var tenkt utført.



Figur 12 Planlagt testing av tildekking med bentonittmembran

Til fuktmålingene er det brukt sensorer av typen Dragino SE01. Disse leveres med batteri som kan vare i 5 år eller mer ved gunstige betingelser. Registreringene overføres med LoRaWAN til en gateway som sender resultatene videre til en nettportal flere ganger i timen, og gir således løpende data. Vanskelige dekningsforhold for 4G mobildata gjorde at gateway-en måtte plasseres i 200 m standplass som ligger 200 m fra sensorene. Med så lang avstand mellom sensorene og gateway går noen av signalene tapt, men med 10-20 daglige registreringer har vi allikevel fått mer enn nok data.



Figur 13 Fuktsensor Dragino SE01

### 3.2.2 Bentonittmembranen

Etter en sommer med vekslende vær viste det seg at bentonittmembranen hadde krympet betydelig i bredden slik at det hadde oppstått store gliper mellom membran-banene.



Figur 14 Krympet bentonittmembran

I tillegg hadde mye av maskinsanden fra toppen og i glipene blitt vasket ut av regn og hadde dekket til sende-enhetene på fuktsensorene slik at mottakeren ikke lenger mottok signaler.



Figur 15 Krympet membran, utvasket grus og senderen til fuktsensoren gravet frem

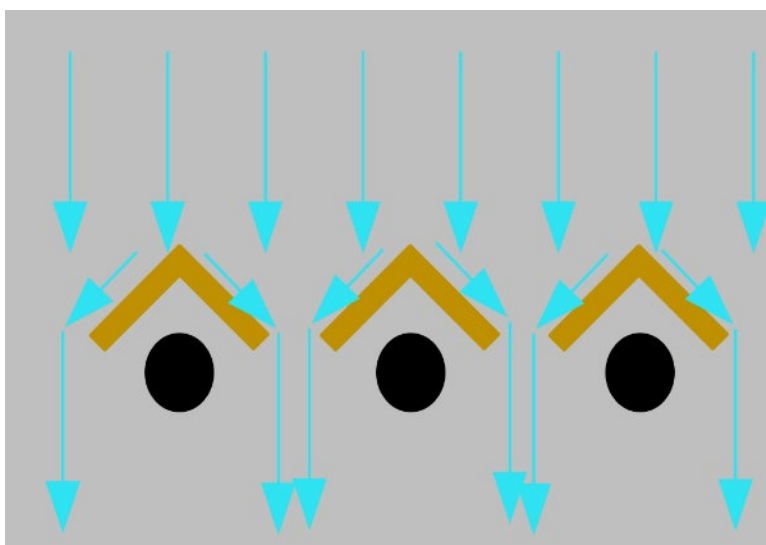
Fuktmålingene som hadde blitt mottatt viste lite troverdige resultater. Det ble antatt at dette skyldtes at sensorene er beregnet for jord og ikke gir like korrekte resultater når de ligger i maskinsand. I forbindelse med utbedringen av kulefanget ble derfor sensorene gravet frem og lagt i jord fra sekker som ble kjøpt på et hagesenter. Deretter ble et nytt lag med membran lagt ut slik at sprekkene mellom de første banene med membran ble godt dekket til.



Figur 16 Utbedret tildekking med ny bentonittmembran.

### 3.2.3 Vann-avvisere

Vi ser av Figur 1 at det etter en del skyting blir relativt store hull i membranen. Med tanke på vanskelighetene med å etablere et tak over treffsonen, ble det planlagt å lage en vann-avvisende anordning så snart skyting igjen hadde laget hull i membranen. En slik vann-avviser kan lages av treverk slik at regnvann som treffer kulefanget over hullene blir ledet til siden og mellom hullene. Eventuelt kan det benyttes PVC-duk over hullene på liknende måte som vist i Figur 10.



Figur 17 Mulig utforming av vann-avvisere av tre

Det ble ut over høsten skutt relativt lite, og det var ikke blitt store hull da vi i november planla å lage vann-avvisere. Det viste seg imidlertid at det øvre membran-laget nå hadde krympet, og samtidig hadde membranen blitt svært ujevn. Membranen er også svært myk og det vil være vanskelig å feste vann-avvisere i membranen på en god måte.



Figur 18 Bentonittmembran på 200 m kulefang i november 2025

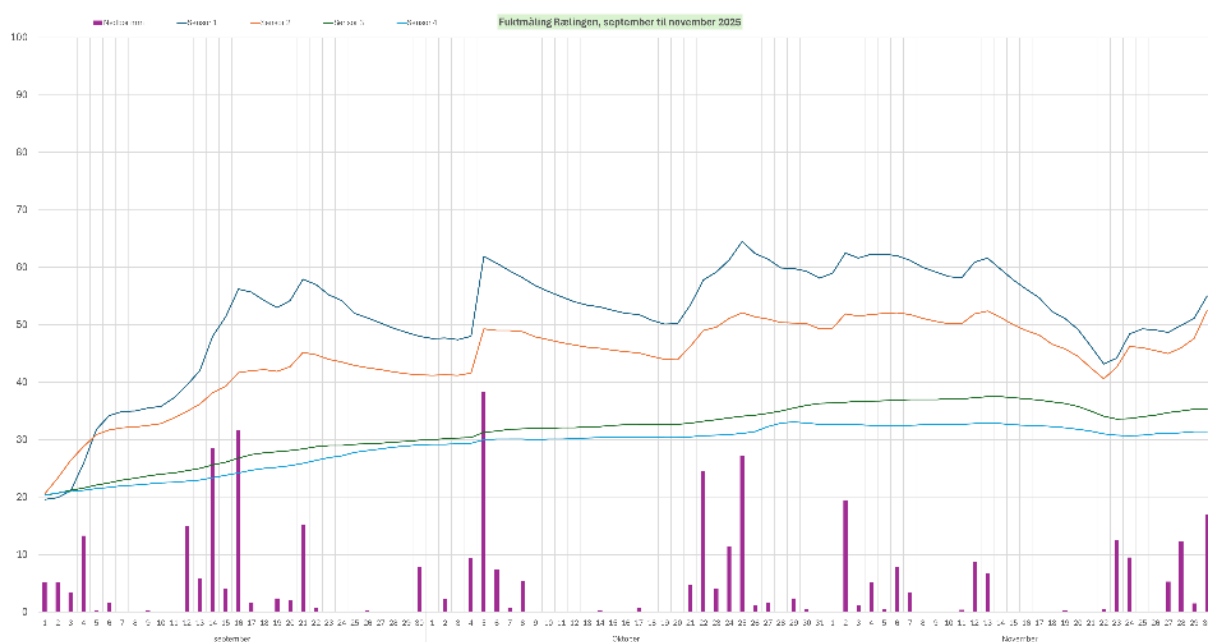


Figur 19 Nærbilde av buklete membran på kulefanget, tatt nedenfra

### 3.2.4 Fuktmåling

Målinger av fukt i kulefanget under bentonittmembranen, og i den delen som ikke er tildekket, er utført i perioden september til november. Perioden er noe kort, men vil allikevel gi en pekepinn på hvor stor reduksjon i fuktnivå som kan oppnås ved tildekking av kulefang med bentonittmembran.

Figuren nedenfor viser en sammenstilling av målingene av fuktighet i bakken gjennom perioden. Sonde 1 og 2 ligger i den delen av kulefanget som ikke er tildekket. Sonde 3 og 4 ligger i den tildekkede delen av kulefanget. Vi ser at sonde 1 ofte ligger høyere i verdi enn sonde 2. Dette kan ha sammenheng med hvor dypt sondene har havnet, og kan også ha sammenheng med massene rundt sondene. Fuktmålingene med sonde 3 og 4 følger hverandre tett.



Figur 20 Målinger av fukt i kulefanget i tildekket og ikke tildekket del. Lilla søyler viser nedbør pr. dag i millimeter

Ut fra fuktmålingene ser vi at bentonittmembranen begrenser fuktinntrengingen selv om den ikke er tett. Med såpass lav fuktighet som blir observert i den tildekkede delen, er det grunn til å tro at avrenning fra kulefanget er vesentlig redusert.

### 3.2.5 Vurdering av tildekking med bentonittmembran

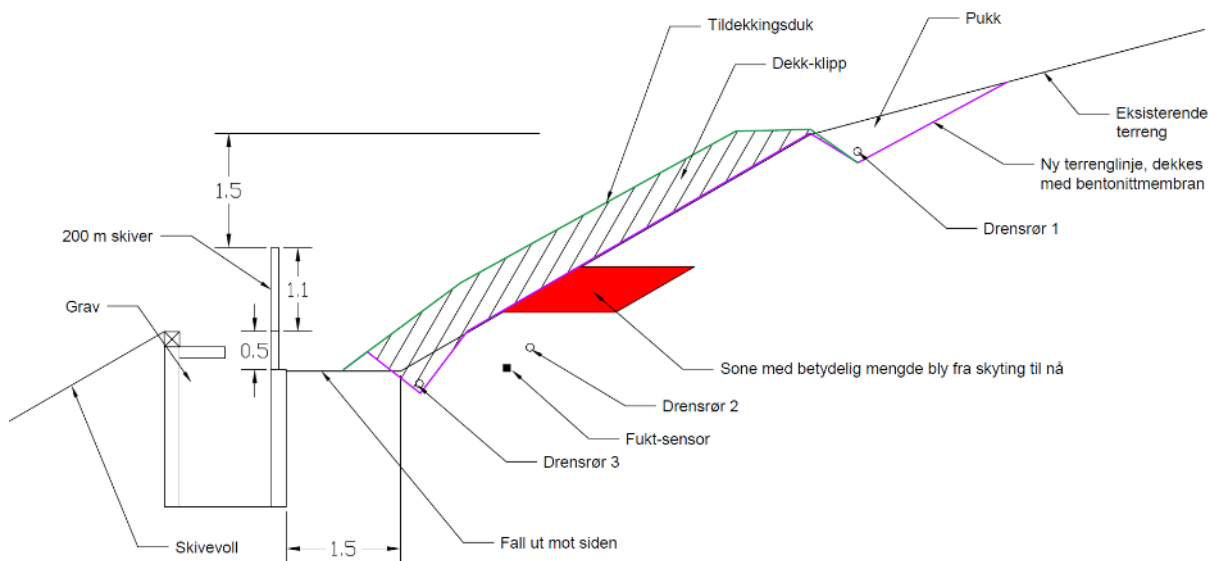
Selv om fuktmålingene tilsier at tildekking med Bentonittmembran kan begrense avrenning fra kulefanget i noen grad, så viser testene vi har utført at slik membran ikke egner seg spesielt godt til formålet. Bentonittleiren blir myk, og duken er elastisk. Membranen er dermed lite formstabil, og beveger seg mye under påvirkning av vekslende vær. Den myke leiren gjør også at det vil være vanskelig å få en vann-avviser til å fungere godt. Konklusjonen blir at løsningen med bentonittmembran over tid vil bli ekstremt vedlikeholdskrevende.

### 3.3 Tildekking med membran, dekk-klipp og duk

Et tiltak som isolerer de forurensede massene i et eksisterende kulefang, samtidig som det etableres et nytt kulefang oppå, ble etablert i 2024 på 200 m-banen til Asker skytterlag. For flere detaljer enn det som gjengis her vises det til egen rapport om tiltaket (Rieber, Prosjekt "Miljøriktige kulefang" - Tiltak på kulefang av jord og sand, 2025).

#### 3.3.1 Prinsippet

Løsningen som ble valgt for testing har som hensikt å både hindre avrenning av eksisterende forurensning i kulefanget, og å etablere en ny løsning oppå eksisterende kulefang som heller ikke slipper ut forurensning i nevneverdig grad. For å sammenlikne løsningen med utildekket kulefang, er løsningen benyttet på halve kulefanget på 200 m-banen til Asker skytterlag. Figuren nedenfor viser et snitt gjennom kulefanget på den delen som er tildekket.



Figur 21 Tiltak på kulefanget

Drensrør 2 ble lagt ned på begge deler av kulefanget. For hver del starter dreneringsrøret i overgangen mellom tildekket og ikke tildekket del, med endelokk der rørene møter hverandre, og fall ca. 2:100 ut til hver side. Disse rørene ble lagt ned for å kunne ta prøver av sigevann i kulefanget for å få et bilde av hvilke konsentrasjoner av bly som finnes i vann som strømmer gjennom kulefanget og trekker videre ned i bakken. Rørene stikker ut på hver sin side av kulefanget, en fra tildekket og en fra ikke tildekket del, og leder vannet ut i plastdunker for prøvetaking av vannet.

Like nedenfor dreneringsrøret ble det lagt inn fire fuktsensorer: Sensor 1 og 2 på tildekket del, og sensor 3 og 4 på delen som ikke er tildekket. Fuktsensorene ble lagt i hagejord fra hver sin 40 liters sekk kjøpt i butikk. Hensikten med å benytte kjøpt jord var å hindre at mulige variasjoner i jordtype i det eksisterende kulefanget skulle påvirke fuktmålingene mer enn høyst nødvendig. Jordtype, graden av komprimering og liknende kan påvirke både vanngjennomstrømningen og fuktmålerens registreringer, og det ble derfor ansett å være nyttig med to målere på hvert felt.

### 3.3.2 Gjennomføring av tildekkingen

På den tildekkede delen av kulefanget ble det først etablert en drengroft på oversiden av kulefanget, og en fordypning i bunnen av kulefanget der vann som trenger inn i dekk-klippet kunne fanges opp.

Videre ble det lagt ut en bentonittmembran i øvre drengroft og helt ned forbi fordypningen nederst og ut til bakkenivå ved graven ved skivene. Etter at bentonittmembranen var på plass, ble drengroft 3 lagt på plass med fall ca. 2:100 ut til siden av kulefanget.

Neste skritt bestod i å legge ut dekk-klipp i et lag på noe over 0,5 meters tykkelse oppå bentonittmembranen. Deretter ble tildekkingsduken i form av en 600 g/m<sup>2</sup> PVC-presenning lagt over dekk-klippet, og drengroft 1 ble lagt med fall ca. 2:100 ut til siden av kulefanget. Duken holdes i toppen på plass av pukken som ligger rundt drengroft 1.



Figur 22 Bilde tatt under utlegging av membran, dekk-klipp, presenning og drengroft



Figur 23 Steiner og trematerialer for å holde presenningen på plass



Figur 24 Ferdig tildekket kulefang sett fra standplass

### 3.3.3 Vedlikeholdsbehov

De to åpenbart mest hyppige vedlikeholdspunktene er lapping av duken ved kuleinnslaget, og utskifting av hele presenningen med noen års mellomrom. Det kan etter hvert også bli behov for noe påfylling av dekk-klipp i treffsonene for å hindre at dekk-klippet brytes så mye ned at kulene kommer helt inn til bentonittmembranen. Erfaringen så langt tilsier imidlertid at det tar flere år før slik etterfylling er nødvendig, og det naturlige blir da å utføre slik etterfylling samtidig som hele presenningen skiftes.

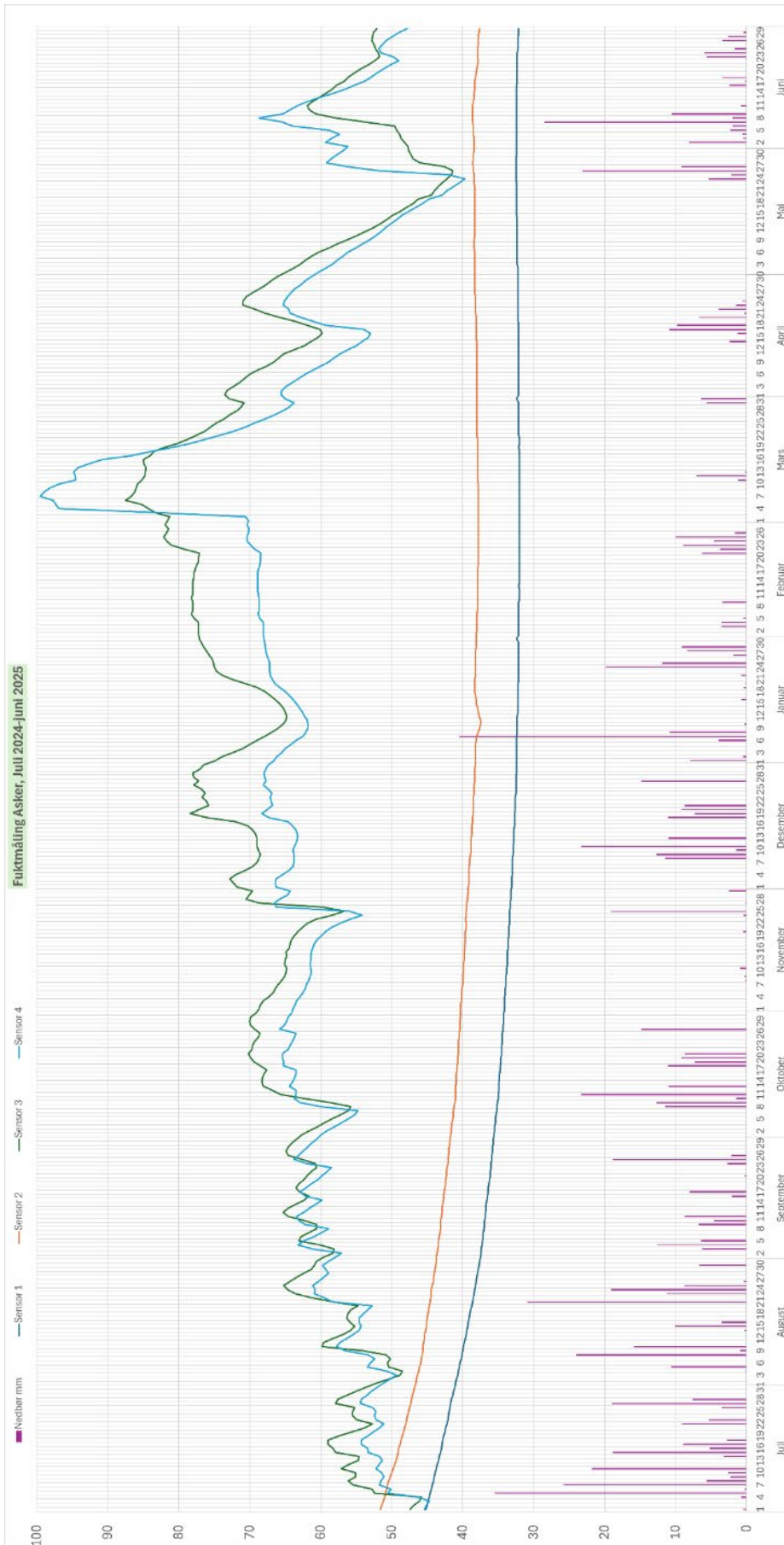
Høsten 2025 er det utført tiltak på hullene i PVC-presenningen som skyldes skyting på banen. Tiltaket med vannavviser og en bit av presenning er enkelt å utføre og sikrer godt mot vanninntrenging. Se Figur 9, Figur 10 og Figur 11.

### 3.3.4 Fuktmålinger

Figur 25 viser en sammenstilling av målingene av fuktighet i bakken gjennom det første året etter etablering av tildekkingen (juli 2024 – juni 2025). Sonde 1 og 2 ligger i jorden under den tildekkede delen av kulefanget og burde vist omtrent samme verdi, men komprimeringsgrad og liknende kan påvirke måleverdiene noe. Selv om de absolutte verdiene avviker, så viser registreringene fra sondene et helt sammenfallende forløp, og avviket i absolutte verdier er dermed ikke av så stor betydning. Fra installeringen i allerede svært tørr jord har fuktnivået for disse sondene fortsatt å synke gjennom hele måleperioden. Sonde 3 og 4 ligger i den ikke tildekkede delen av kulefanget. Vi ser at sonde 4 reagerer raskere på nedbørshendelser, mens sonde 3 ofte ligger høyere i verdi. Dette kan ha sammenheng med hvor dypt sondene har havnet, og kan også ha sammenheng med massene rundt sondene.

Målingene av fuktighet i jorden i det gamle kulefanget som nå er tildekket, viser at jorden har gått fra å være tørr til svært tørr. Uten tilgang til vann er det ingen mulighet for utlekking av bly fra det gamle kulefanget. Med så tørr kulefang vil trolig også korrosjonen opphøre. Dette innebærer at tiltakene med drenering i overkant, og tildekking av kulefanget med vanntett membran, er et godt tiltak for å sikre mot avrenning fra gamle kulefang av jord og sand.

På den delen av kulefanget som ikke er tildekket har vi observert at nedbør fukter opp jorden i kulefanget, men at store nedbørsmengder på kort tid medfører at vannet i stor grad renner av på overflaten og medfører erosjonsrenner. Fuktmålingene indikerer at avdamping av vann er betydelig i sommerhalvåret, mens fuktighetsnivået øker betydelig i kaldere perioder. Som ventet ser vi at fuktighetsnivået er størst i smelteperioden i mars, hvor den ene sensoren i den ikke tildekkede delen av kulefanget viser fuktnivå på nesten 100%. Dette kan skyldes at det fortsatt var frost i bakken under sensoren og at smeltevann dermed ble stående i kulefanget en tid. I en slik situasjon med tint overflate og frost nede i bakken vil vannet renne av på overflaten og vil kunne ta med seg forurensning videre til bekken og resipient nedstrøms. I alle andre situasjoner gjennom året ser det ut til at regnvannet infiltreres i bakken like nedenfor kulefanget og dermed i liten grad sprer blyforurensning.



Figur 25 Fuktmålinger og nedbørmengde over ett år: Juli 2024 – juni 2025

### 3.3.5 Avrenning og sigevann fra tildekket kulefang

#### Bly i overflatevannet

I den tildekkede delen av kulefanget er membranen under dekk-klippet tett. Alt vann som renner inn gjennom hullene i den øvre duken vil dermed bli fanget og ledet til bunnen av kulefanget og ut gjennom drenerørret til dunken som fanger vannet. Uten oppsamlingsdunken ville dette vannet rent ut på overflaten. Dunken har blitt tømt når den nærmet seg full, og det anslås at total vannmengde som har kommet i dunken i løpet av perioden frem til og med september 2025 er rundt 30 liter. Vannet er analysert og hadde et innhold av bly på 67 µg/l. I samme periode har det kommet over 1200 mm nedbør. Det betyr at bare de vannet som har truffet presenningen på det tildekkede kulefanget alene er nok til å fortynne de 30 literne med vann ned til en konsentrasjon som ligger på 1/35 av det som er grensen for god kjemisk tilstand i ferskvann (1,2 µg/l som årlig gjennomsnitt for ferskvann). Så sant det utføres godt vedlikehold på tildekkingsduken, og man dermed begrenser vannmengden som kan komme inn i dekk-klippet, så ser vi at avrenning av bly fra denne typen kulefang er svært beskjeden.

#### Bly i sigevannet

Den delen av kulefanget som er dekket til har, som fuktmålerne viser, svært lav fuktighet. Her kommer det naturlig nok ikke noe drenevann ut. I og med at det er helt tørt under bentonittmembranen er det ikke noe vann tilgjengelig for transport av blyforurenset vann ned til grunnvannet. Konklusjonen blir dermed at tildekking av kulefanget med tett membran, og drenering av overflatevann i overkant av kulefanget, er effektivt for å stoppe korrosjon og mulighet for avrenning fra eksisterende kulefang.

### 3.3.6 Avrenning og sigevann fra kulefanget uten tildekking

#### Bly i overflatevannet

Testene vi har utført sier ikke noe om hvor mye bly som renner av fra overflaten av kulefanget som ikke er dekket til. Her kan vi heller se hen til NIVA sine undersøkelser som fant at under 1% av årlig tilført bly renner av fra kulefang som dette (Rognerud, Avrenning av metaller fra tre geværskyttebaner, 2009).

#### Bly i sigevannet

På den delen av kulefanget som ikke er dekket til øker og synker fuktighetsnivået ut fra mengde regnmengde og temperatur (høy temperatur gir stor avdamping). Ved de fleste større nedbørshendelsene gjennom året ble det undersøkt om det var vann i dunken som fanger opp sigevann fra den utildekkede delen av kulefanget. Gjennom over ett år var det kun ved den omfattende nedbøren i perioden 12-16 september 2025 at det kom vann i dunken. Det har vært høyere fuktnivå i kulefanget ved andre tidspunkt i vinterhalvåret uten at det har kommet ut vann, men det kan være andre forhold, for eksempel frost i kulefanget, som gjør at det allikevel ikke kom vann ut av drenerørret i de situasjonene. Totalt kom det ut rundt 1 liter vann fra røret som ligger under kuleinnslagene for 8 skiver. Selv om drenerørret kun fanger vann som treffer akkurat der røret ligger, så indikerer de små vannmengdene at svært lite sigevann

transporteres vertikalt ned i grunnen fra kulefanget. Mye av årsaken kan være at kulefangets overflate har en stigning på vel 30 °, noe som gjør at vannet lett renner av på overflaten.

Det lille vannet som kom ut av drenerørret under den utildekkede delen av kulefanget er analysert for bly, og hadde et innhold på 400 µg/l. Vannprøven var tatt like under kuleinnslaget, hvor det ligger bly fra kulene som har blitt skutt inn over en periode på 30 år, som betyr at dette vannet ikke er filtrert gjennom jordmasser. Verdien ligger langt over terskelverdien for grunnvann, men innen vannet når grunnvannet så vil det være filtrert gjennom mange meter jord og i tillegg fortynnet i betydelig grad av vann som trenger ned i jorda på steder der det er flatere og dermed mindre avrenning på overflaten. Konsentrasjonen vil da reduseres til langt under vannforskriftens terskelverdi for bly i grunnvann på 10 µg/l.

Den lille mengden sigevann, og det moderate blynivået i sigevannet, støtter opp under tidligere vurderinger som har konkludert med at spredning av blyforurensning fra kulefang av jord og sand i all hovedsak skjer i form av overflateavrenning. Gjennom forskning og prøvetakinger er det tidligere påvist at blyforurensning til en viss grad også kan transporteres vertikalt gjennom porøs natursand med ensartet kornstørrelse, og at det dermed er en teoretisk mulighet for forurensning av grunnvann. I praksis har det imidlertid vist seg at forurensning av grunnvann fra kulefang er en marginal problemstilling ved jordtyper og grunnforhold for øvrig som er vanlige i Norge.

### **3.4 Takoverbygg på kulefang**

Gjennom prosjektet Miljøriktige kulefang er det ikke testet etablering av tak over eksisterende kulefang av jord og sand. Her kan vi imidlertid se hen til testene som er utført på skytebanene til Ringerike skytterlag og Ullensaker skytterlag selv om disse har henholdsvis granulatkulefang og stålkulefangere. På disse banene er det bygget lukket overbygg over skiver og kulefang, og spredningen av bly rundt bygningene er svært moderat. På Ullensaker skytterlags bane er det én kulefanger som kun har takoverbygg, og vi ser stor forskjell på forurensning rundt kulefangeren som kun har et lite tak over, og de kulefangerne som er bygget inn med vegger på alle kanter. Med værforholdene vi har i Norge, med slagregn og snø-inndriv, så er det derfor grunn til å tro at et enkelt tak over et kulefang av jord og sand ikke er nok til å hindre avrenning. Det må sannsynligvis være en mer lukket løsning dersom et overbygg skal kunne hindre forurensning i vesentlig grad. Dersom et kulefang ligger inntil bakgrunnen, slik som på 200 m-banen i Asker, må det også gjøres tiltak som hindrer overflatevann i å renne inn i kulefanget ovenfra.

Tak over kulefang antas å kunne være et tiltak for å redusere avrenning fra kulefang i noen tilfeller, men det vil også være mange tilfeller der dette er lite aktuelt. Takoverbygg på kulefang på baner som er godkjent med såkalt kunstig bakgrunn er også problematisk på grunn av faren for rikosjetter ved treff i takoverbygget.

### **3.5 Bortledning av overflatevann i overkant av kulefang**

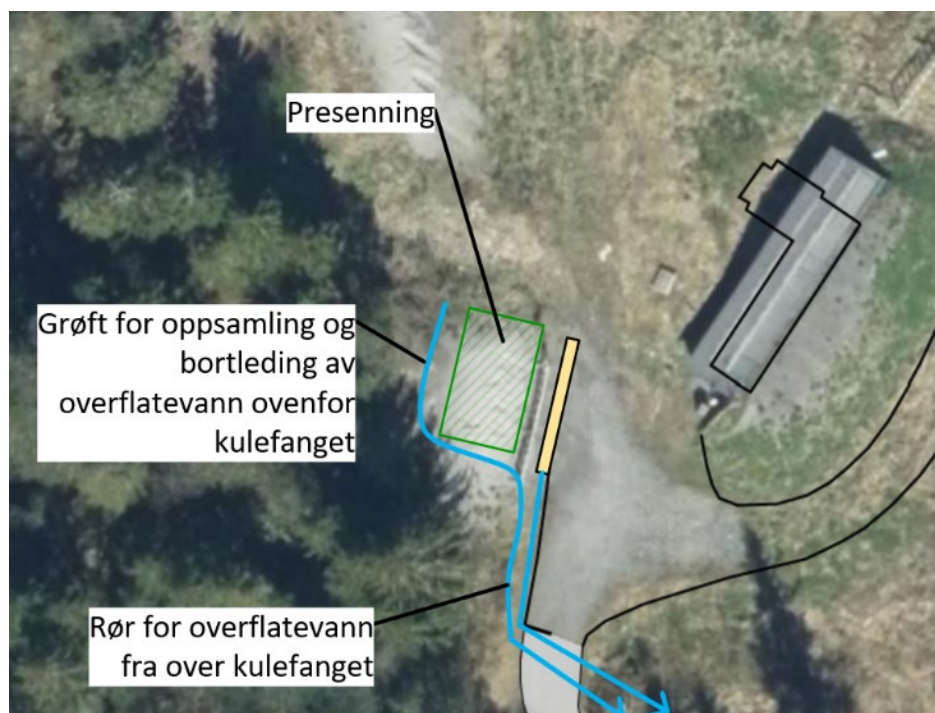
Ved kulefang som ligger inntil bakgrunnen kan det komme mye overflatevann fra terrenget som renner over og gjennom kulefanget. Slikt vann skal bidra til betydelig økt utvasking og spredning av bly fra kulefang. Figur 22 viser hvordan dette ble håndtert på 200 m-banen til

Asker skytterlag. Her var det sprøtt fjell i overkant av kulefanget, og etableringen av grøften med drenerør var ikke komplisert å få utført med gravemaskin. Vi ser imidlertid at grøften i Asker ikke er stor nok til å fange alt vannet når det styrtregner. Da renner vannet over kanten og ned over presenningen.

På banen til Rælingen skytterlag er det testet en liknende løsning som i Asker, men her var forholdene mer kompliserte, med hardt fjell delvis i dagen i overkant av kulefanget. Testen ble utført på 100 m-banen med stativ for pappskiver. Oppsamling og bortledning av overflatevannet var ett av flere tiltak som ble testet på denne banen. Figur 26 viser situasjonen før tiltakene ble påbegynt. Figur 27 viser prinsippskisse for tiltakene.



Figur 26 Skivestativ og kulefang før tiltak



Figur 27 Flyfoto med prinsippskisse for oppsamling og bortledning av vann

På grunn av fjellet bak kulefanget, var det komplisert å få lagt ned et drenerør som fanger vannet på en god måte. Fordi det var vanskelig å få en dyp grøft ble det i stedet besluttet å gjøre grøften bred, for på den måten å fange mest mulig av vannet. Det ble lagt drenerør som ble overfylt med finpukk.



Figur 28 Boring av hull for feste av wire til presenning. Finpukk i grøften over drenerøret i bakgrunnen

Etter noen kraftige regnskyll oppstod det utfordringer med drenerøret som er ledet ned forbi kulefanget på venstre side. Det kom så mye vann at det vasket ut deler av massene på venstre side av kulefanget, massene satt seg, og dro røret ut av koblingen. Denne delen av drenerøret er senere erstattet av et stift og tett rør. Figuren nedenfor viser hvordan det så ut etter at tiltak og utbedringer var ferdigstilt.



Figur 29 Ferdigstilt kulefang på 100 m-banen for skyting på pappskiver

Bortledning av overflatevann fra området over kulefang er særlig viktig når det kommer mye nedbør på en gang, fordi terrenget i overkant da ikke klarer å infiltrere vannet. Både fra Asker og Rælingen ser vi at det må store grøfter til for nettopp å fange vannet ved styrtregn. Med fuktighetsmålingene fra Asker ser vi at tiltaket kan fungere godt til å redusere vanngjennomstrømming i selve kulefanget, men det er en forutsetning at løsningene kan dimensjoneres slik at de takler styrtregn. Her har terrengforholdene mye å si.

### 3.6 Åpen rensegrøft nedenfor kulefang

Olivin er et mineral som har den egenskapen at det binder seg med bly i vann, og dermed kan rense vannet. Figur 30 viser utforming av en åpen grøft med olivin som rensemedium, som ble etablert på 100 m-banen for pappskiver hos Rælingen skytterlag. Se også Figur 29 der granulert av olivinen med lys grå farge synes i bunn av presenningen.



Figur 30 Åpen grøft med olivin som rensemedium

Det er registrert noen helt åpenbare utfordringer med en slik åpen grøft:

- Grøften fylles lett med finstoff fra kulefanget som vaskes ut ved kraftig regn. Det kan også komme løv og annet rusk som blander seg med olivinen. Etter hvert kan finstoff, løv og annet medføre at rensemediet tetter seg og at grøften da sliter med å fange og filtrere vannet.
- Man må ha stor grøft for å fange vann når det styrtregner og i snøsmeltingen
- På grunn av presenningen kan det komme svært mye vann i grøften ved styrtregn, og det kan medføre at olivinen vaskes ut
- Vann fryser til om vinteren og avrenning fra kulefanget vil i vårløsningen ikke bli fanget før filteret har tint. Det er gjerne i vårløsningen av avrenningen av bly fra kulefang er størst.
- Olivin er kostbart, og det behøves mye olivin i en stor grøft.

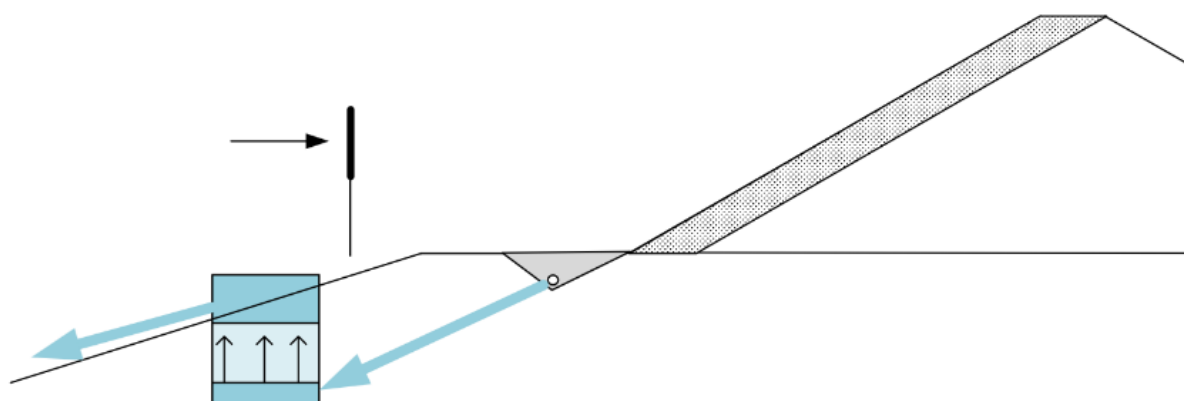


Figur 31 Grøften fryser til is etter noen dager med sludd.

Totalvurderingen av denne løsningen er at det er mange usikkerhetsmomenter knyttet til løsningens virkningsgrad og funksjon. Åpne rensegrøfter med olivin anses derfor totalt sett ikke å være spesielt godt egnet for å rense avrenningsvann fra kulefang.

### 3.7 Oppsamlingsgrøft og rensekum

En løsning der avrenningsvann samles opp og ledes til en rensekum før det slippes videre ut, kan være en kontrollert og god måte å begrense avrenningen på. Prinsippet er vist i figuren nedenfor.

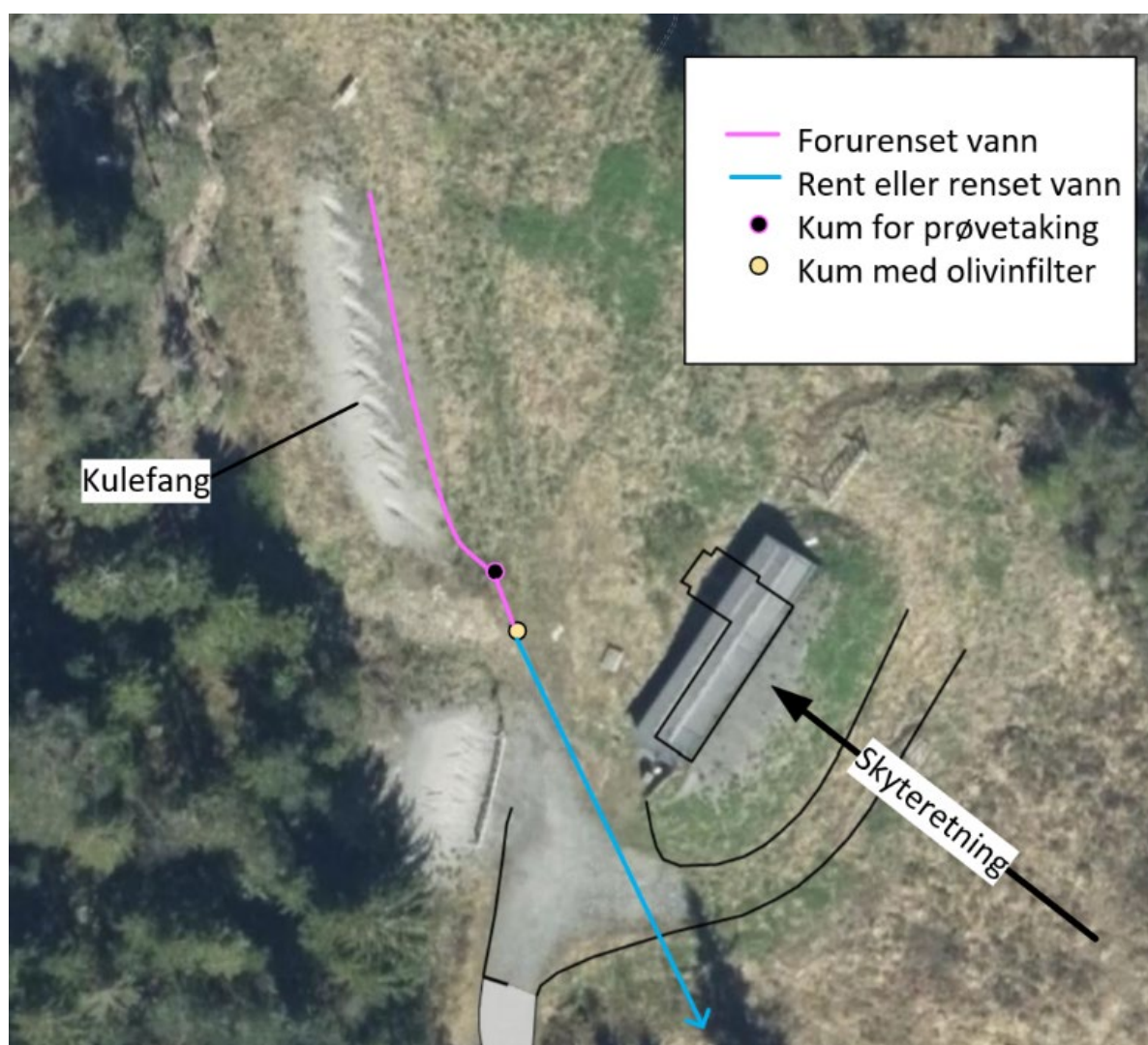


Figur 32 Prinsippskisse for kulefang med oppsamlingsgrøft og rensekum

Løsningen fungerer slik:

- Avrenningsvannet samles i en grøft like foran kulefanget
- Det legges tett duk i bunnen av grøften
- I bunnen av grøften legges et dreneringsrør og det fylles over med puk
- Vannet fra dreneringsrøret ledes til bunnen av en tett kum
- Vannet presses opp gjennom et lag olivin i kummen og renner ut av et rør i toppen av kummen. Ved å slippe vannet inn i bunnen, og ha avrenning i toppen, sikres jevn filtrering av vannet.

Løsningen er testet på 100 m-banen for elektroniske skiver på Rælingen skytterlags bane i 2025. Figuren nedenfor viser hvordan dette er utført.



Figur 33 Flyfoto med illustrasjoner av løsningen for oppsamlingsgrøft og rensekum

Kulefanget på denne banen ligger relativt skrått i forhold til skyteretningen, men dette har ingen praktisk betydning for testene. Det som har større betydning, er at det rett i nedkant av kulefanget er fjell. Det måtte derfor pigges bort en del fjell for å få til å lage en grøft. Grøften

ble noe grunnere en ønskelig, men skulle en gått dypere så måtte det blitt utført sprenging av fjellet, noe som ikke er uproblematisk inntil et eksisterende kulefang.

I bunnen av grøften ble det lagt en tett duk og et dreneringsrør som ble omfylt med puk. Røret fanger avrenningsvannet som ledes videre til en kum for prøvetaking og videre til rensekum. Over pukken i grøften ble det lagt en fiberduk for å hindre at finstoff som renner av fra kulefanget tetter puk-laget og drenerørret.



Figur 34 Grøft med bunntetting og drenerør



Figur 35 Pukk fylt rundt drenerørret

Rensekummen har innløp i bunnen. Kummen er fylt med olivin som renser vannet for blyforurensning. I toppen av kummen renner det rensede vannet ut i et rør som er ført til bekken som renner forbi.



Figur 36 Kulefanget ferdig, og fiberduken er lagt på pukken i grøften



Figur 37 Prøvetakingskummen i forgrunnen og drensgroften i bakgrunnen



Figur 38 Filterkummen med rør til bekk for rensset vann. Prøvetakingskummen og kulefanget i bakgrunnen

Løsningen med oppsamling og filtrering av vann ser ut til å fungere godt under vanlige forhold, men ved styrtregn kommer utfordringene. Vi ser av bildet nedenfor hvordan regnet har vasket ut maskinsanden i kulefanget slik at det dekker nesten hele fiberduken. Maskinsanden har mye finstoff som er lite drenerende, og dermed klarer ikke grøften å fange alt regnvannet. Det er også usikkert hvor god renseeffekten av filteret blir hvis det kommer veldig mye vann på en gang. Det ideelle her ville nok ha vært å ha et fordrøyningsbasseng i form av en dam. I dammen kunne mye av finstoffet bli sedimentert før vannet renner videre til rensekummen. Med en viss struping av røret til rensekummen kan en også sikre at det ikke kommer for mye vann på en gang. Selv om det ved banen i Rælingen er bedre plass og gunstigere høydeforhold enn på mange andre baner, så er det allikevel ikke plass til et fordrøyningsbasseng.



Figur 39 Maskinsanden vaskes ut ved kraftig regn, og dekker nesten fiberduken over grøften

Etter det voldsomme regnet ble maskinsanden spadd opp igjen i gropene etter kulene slik at grøften igjen kan fungere som forutsatt. Vi ser imidlertid fra vinterbildet nedenfor, med frost i bakken, at nye utfordringer oppstår. Nå renner en god del av avrenningsvannet over den delvis frosne drengroften og fanges ikke opp. Med en dypere grøft og et fordrøyningsbasseng kunne dette fungert bedre, men det var altså ikke mulig å få til på denne banen.

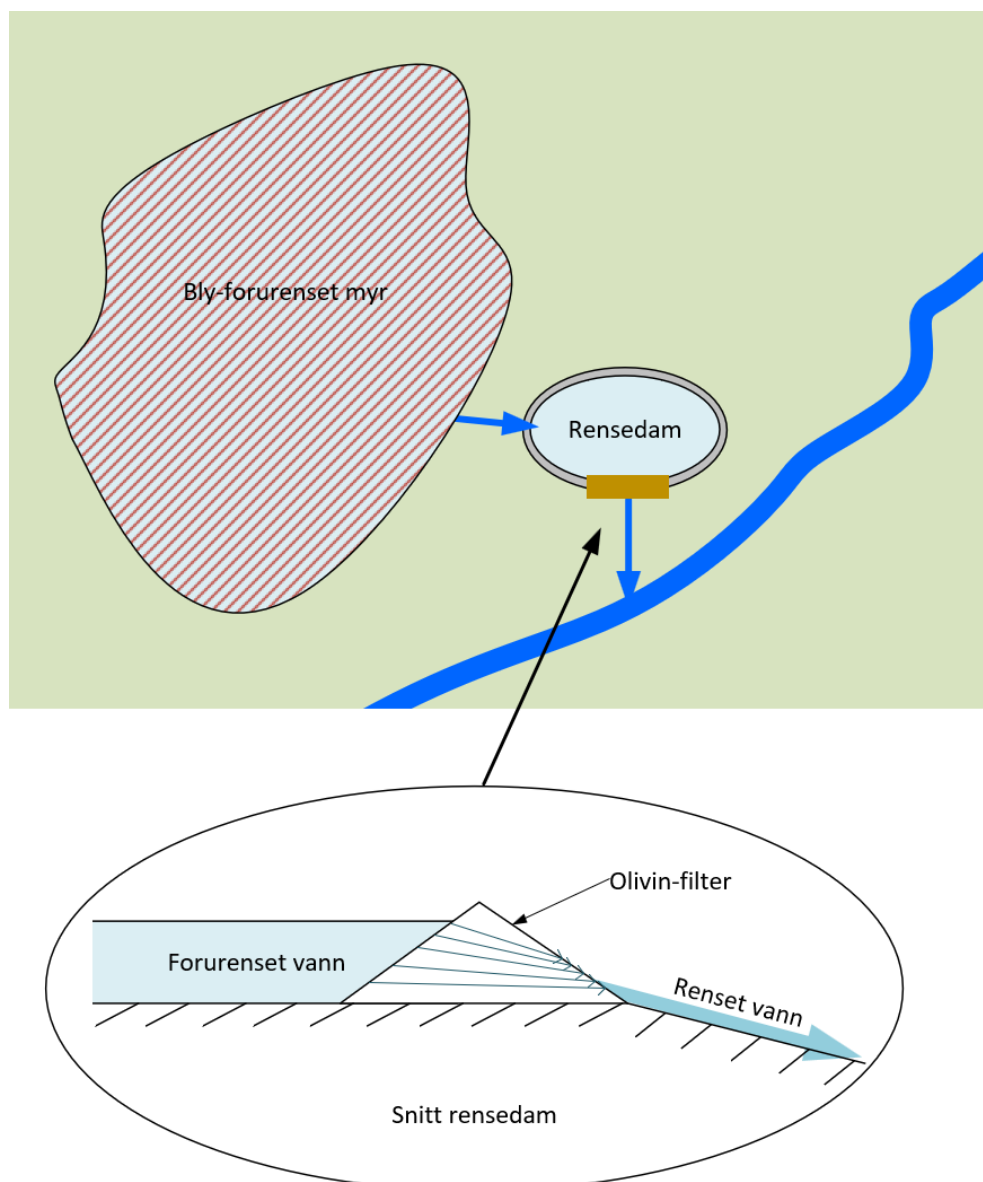


Figur 40 Vinterbilde med frost i kulefanget.

Det er tatt vannprøver før og etter rensekummen ved noen nedbørshendelser for å evaluere hvor mye av blyet som fanges opp i olivinfilteret. Analysene indikerer at rensegraden er på om lag 85%.

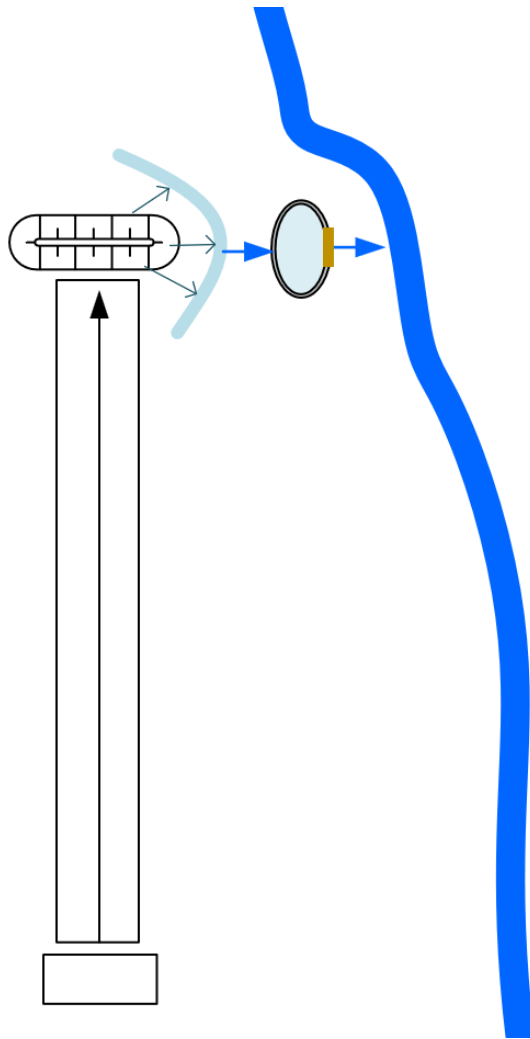
### **3.8 Rensedammer**

På Løvenskioldbanen i Bærum kommune er det en stor myr som er forurenset av bly fra skyting med blyhagl over mange år. Her har Norges Sportsskytterforbund og Asplan Viak planlagt og etablert en løsning med rensedammer med olivin-filter. Det er laget avskjæringsgrøfter som leder rent vann bort fra myra slik at det ikke blir mer vann enn det som kommer direkte fra nedbøren i myra. På to sider ledes vannet fra myra til rensedammer før vannet slippes videre ut i bekker. Vannprøver har vist at det oppnås en rensegrad på rundt 80% av blyforurensningen med disse rensedammene. Filtermassen må skiftes med et par års mellomrom.



Figur 41 Prinsippkisse for rensedam med olivin-filter for rensing av blyforurenset vann i myr

Løsningen med rensedam kan også benyttes for å rense avrenningsvann fra kulefang dersom man klarer å samle opp dette vannet og lede det kontrollert til en rensedam. Figur 42 viser prinsippkisse for hvordan dette kan gjøres. Løsningen forutsetter at kulefanget ligger med en viss høyde over der det rensede vannet skal renne ut. For kulefang som ligger i eller i kanten av en myr, rett ved en bekk eller liknende, er dermed en slik renseløsning ikke mulig.



Figur 42 Prinsippkisse for riflebane med oppsamlingsgrøft som leder vann til rensedam før det slippes ut i bekk

Bly som kan renne av fra kulefang er i vesentlig grad bundet til partikler, noe som er årsaken til at spredning av bly fra kulefang i all hovedsak skjer som overflateavrenning. Olivin-filter har gode egenskaper for rensing av bly fra slikt overflatevann, men også jord og sand kan fungere som filter når forholdene ligger til rette for det. Med en stor nok dam, tilstrekkelig høydeforskjell mellom kulefang og resipient, og jord/sand med de riktige egenskapene som vannet filtreres gjennom, kan en slik løsning også holde tilbake en vesentlig andel av blyet slik at konsentrasjonen på avrenningsvannet reduseres betydelig.

### 3.9 Masser i kulefang

Hvilke masser som finnes i kulefang, har betydning for flere forhold. Det handler om påvirkning på korrosjon av bly, stabilitet i kulefanget, evne til å holde på fuktighet, evne til å holde tilbake forurensning med mer.

### 3.9.1 Myrjord

Organisk materiale (humus) er viktig for korrosjon av bly. Myrjord er svært rik på humus, og det frarådes derfor å benytte myrjord i kulefang (Rognerud & Rustadbakken, Tungmetallavrenning fra sivile skytebaner, 2007).

### 3.9.2 Maskinsand

Maskinsand er mye brukt i kulefang fordi det fås kjøpt over hele landet og er lett å arbeide med. Maskinsand har stor andel finstoff som både holder på vann og lett vaskes ut ved styrtregn. Tester vi har utført med skyting på kulefangmasser av maskinsand, viser at hvert skudd medfører stor bevegelse og omrøring av grusen (Rieber, Miljøriktige kulefang - Kulefang som oppfyller ECHA sine krav, 2025). Når vi også har observert at blyet i kulene pulveriseres fullstendig i kulefanget, innebærer dette at blyet i stor grad ligger i de øverste lagene med sand og dermed kan vaskes ut med regnvann. Kulefang med maskinsand i overflaten får raskt store hull i treffsonen som medfører relativt hyppig behov for vedlikehold.

På 100 m-banen til Rælingen skytterlag ble det gjort forsøk med tilsetning av Dustex til maskinsanden i kulefanget. Dustex er et middel basert på lignin som benyttes som støvdempende middel på grusveier. Lignin er et naturlig bindemiddel som finnes i fibrene i trær, og er et miljøvennlig produkt. Det ble antatt at Dustex kunne binde maskinsanden noe bedre sammen slik at det ble mindre groper og mindre avrenning. Testene viste imidlertid ingen forskjell på områdene der det var blandet inn Dustex i maskinsanden.



Figur 43 Forsøk med Dustex støvbinding for skive 1 og 2.



Figur 44 Like store groper der det er brukt Dustex

Kulefangene i Rælingen ble utsatt for kraftig regn kort tid etter etablering. Kulefang med maskinsand vil ofte stabilisere seg etter en tid, og kan da bli noe mindre utsatt for utvasking. Med ved kraftig regn vil overflatevann fortsatt kunne lage erosjonsrenner i kulefanget slik det kan ses på bildet nedenfor.



Figur 45 Erosjonsrenner etter vann på overflaten av kulefanget på 200 m-banen til Asker skytterlag

### 3.9.3 Natursand og -grus

Noen typer natursand og -grus kan ligge mer stabilt enn maskinsand, og drenerer vesentlig bedre fordi det er tilnærmet fravær av finstoff. Ulempen er at slik sand og grus heller ikke holder tilbake partikler som blyet har bundet seg til, og dermed kan blyforurensningen renne av fra kulefanget i større grad.

### 3.9.4 Jord

Jordas fysiske og kjemiske egenskaper har mye å si for hvor egnet den er til bruk i kulefang. Kornstørrelsesfordeling, organisk innhold (TOC) og surhet (pH) benyttes gjerne til å karakterisere jorden, men selv med grundige analyser av disse forholdene så har man ikke full kontroll på jordkjemien og hvordan jorden påvirker mulig utlekking av bly.

Fordi jord til kulefang hentes lokalt, er det ofte begrenset hvilke muligheter man har til å velge jord med bestemt sammensetning, og en ender gjerne med å gjøre en skjønnsmessig vurdering ut fra den jorda som er tilgjengelig. Vurderingen bør baseres på at seig, mineralrik leirjord med lavt humusinnhold og stabil jordstruktur generelt er det som er mest gunstig å ha i kulefang. Seig jord er mindre utsatt for gropdannelser og utvasking enn for eksempel maskinsand, samtidig som humusinnholdet ikke medfører spesielt stor korrosjon av bly. Jorda bør være drenerende nok til å slippe vann gjennom, men tett nok til at bly bundet til organisk materiale holdes tilbake. Kulefang av jord kan såes til, noe som bidrar til å stabilisere massene. Gresset kan også bidra til å suge opp vann, og dermed holde kulefanget noe tørrere.

## 4 Anbefalinger om tiltak på kulefang av jord og sand

### 4.1 Problemstillingen

På riflebaner tilknyttet DFS er det i dag nesten utelukkende kulefang av jord og sand. Slike kulefang fungerer godt sikkerhetsmessig, er rimelige og er enkle å vedlikeholde for aktører med begrensede ressurser. De senere årene har det imidlertid vært økende fokus på problematikk rundt metallavrenning fra slike kulefang. Riflekuler som brukes til presisjonsskyting har en kjerne av bly, ofte legert med antimon, og en mantel av kobber eller en kobber-sink-legering. Alle disse metallene kan være toksiske ved tilstrekkelig høye konsentrasjoner, men det er særlig bly som er et tema i de konsentrasjonene som kan oppstå ved avrenning fra kulefang.

Spredning av bly fra kulefang av jord og sand skjer i all hovedsak ved hjelp av vann. Niva konkluderte etter undersøkelser i perioden 2005 – 2009 med at avrenning av bly fra kulefang på norske riflebaner var mindre enn 1% av årlig tilført bly. Ved skytebaner som ligger i nærheten av større bekker eller elver skjer det en betydelig fortykning slik at bly-mengden i vannet raskt kommer ned på helt ubetydelige nivåer. I andre situasjoner, med myr eller bekker med liten vannføring, kan imidlertid konsentrasjonen av bly i vannet komme i konflikt med miljømål for overflatevann gitt i Forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften). Det er i vannforskriften også gitt miljømål for grunnvann, men i Norge er forurensning av grunnvann fra kulefang på riflebaner ikke ansett for å være en like aktuell problemstilling.

Selv om blystøv til en viss grad kan spres med luft, så er det i all hovedsak vann som kan spre bly fra kulefang til omgivelsene. I prinsippet er det dermed så enkelt som at man ved å hindre vann inn i kulefanget også hindrer spredning av bly ut av kulefanget. I praksis er dette imidlertid komplisert fordi utendørs skytebaner er utsatt for vekslende klimatiske forhold med regn, vind, frost og tørke, samtidig som kulene som blir skutt mot kulefanget har en betydelig mekanisk påvirkning og medfører slitasje på kulefangene.

Basert på erfaringer tilegnet gjennom DFS sitt prosjekt «Miljøriktige kulefang», og andre relevante tester utført i Norge, gis det i det videre en anbefaling om tiltak som kan gjøres for å begrense avrenning av bly fra rifle-kulefang av jord og sand.

### 4.2 Tiltak på kulefang

De fleste skytebaner er i vesentlig grad tilpasset terrenget der de ligger, og kulefangenes plassering og utforming varierer derfor også i vesentlig grad. Dermed finnes det ikke noen tiltak som kan hindre avrenning av bly fra kulefang i alle situasjoner. I det videre angis det først grunnleggende tiltak, og deretter tiltak som kan benyttes i en del ulike situasjoner der det behøves forsterkede tiltak mot avrenning. Hvilke tiltak som vil være aktuelle, varierer sterkt ut fra situasjonen.

#### 4.2.1 Grunnleggende tiltak – Vedlikehold

De grunnleggende tiltakene på kulefang handler først og fremst om vedlikehold. Ved skyting graver kulene groper i kulefangene og massene i kulefanget siger. Med jevnlig vedlikehold av kulefangene, der massene som har seget ned blir løftet opp, og gropene blir fylt med ny jord,

oppretholdes kulefangets profil slik at sikkerheten ivaretas. Fordi avrenning av bly i all hovedsak skjer på overflaten, vil vedlikeholdet bidra til at bly-restene beholdes inne i kulefanget og til å begrense avrenningen. Vedlikeholdet bør utføres om høsten, når skytingen for sesongen er avsluttet, slik at kulefanget gir fra seg minst mulig bly når det regner om høsten og når snøen smelter om våren.

Hvilke masser som benyttes til utbedring av kulefang har betydning. Det er fordelaktig å benytte seig, mineralrik leirjord med lavt humusinnhold og stabil jordstruktur. I slik jord blir det langt mindre gropdannelser enn i løs jord, natursand eller maskinsand. Det skal ikke brukes myrjord, da den er sur og har stort humusinnhold, noe som kan bidra til å fremskynde korrosjon av bly.

#### **4.2.2 Grunnleggende tiltak – Hindre overflatevann inn i kulefang**

Kulefang som ligger inn mot bakgrunnen er særlig utsatt for gjennomstrømming av vann ved store nedbørsmengder når vannet fra bakgrunnen ikke trenger ned i bakken, men renner på overflaten. Et effektivt tiltak kan være å etablere en stor drengroft i overkant av kulefanget. Fordi grøften er spesielt viktig ved store nedbørshendelser og i snøsmeltingen, er det viktig at grøften er tilstrekkelig stor til å ta unna vann ved slike hendelser. Det må gjøres en konkret vurdering ut fra hvor store vannmengder som kan komme, men ofte behøves en grøft som er godt over 1 meter bred og 0,5 meter dyp for å kunne ta unna alt vannet. Grøften må ha en form for bunntetting, for eksempel leire, leirmembran eller tett duk, og det må være svært godt drenerende pukk i grøften. I tillegg er det viktig med en utforming som sikrer at ikke finstoff som føres med overflatevannet tetter pukken og drengroret. Tilsåing i overkant av grøften kan begrense slik transport av finstoff. Det må også være tilstrekkelig dimensjon og fall på drengroret, og drengsvannet må ledes tilstrekkelig langt bort fra kulefanget.

#### **4.2.3 Tilsåing**

For å hindre at det kan oppstå rikosjetter i kulefang er det krav om at kulefang skal ha en stigning på minimum 30°. Dette er nær grensen for hvor bratt de fleste typer jord kan ligge stabilt, og er så bratt at alle typer jord er utsatt for erosjon ved nedbør. Som et stabiliserende tiltak kan tilsåing av kulefang være effektivt. Gress og annen vegetasjon bidrar både til å stabilisere jordmassene og til å suge opp en del av fuktigheten i jorden i kulefanget. Dermed reduseres risikoen for erosjonsskader ved kraftig nedbør.

#### **4.2.4 Infiltrere avrenningsvann i grunnen**

Positivt ladet korrodert bly bindes sterkt til partikler av leire og humus fordi disse har stor spesifikk overflate og negativ ladning. Når avrenningsvann som inneholder bly bundet til slike partikler infiltreres i jord, vil blyet i vesentlig grad holdes tilbake i jorden. På steder der avrenningsvannet alltid infiltreres i grunnen rett ved kulefanget vil derfor avrenningen til omgivelsene være beskjeden.

Tiltak for å infiltrere avrenningsvannet rett ved kulefanget kan dreie seg om å legge opp en barriere av jord slik at det dannes en grøft rundt kulefanget. For at dette skal ha den ønskede

effekten må grøften være stor nok, og infiltrasjonsevnen til jorden tilstrekkelig for å sikre at alt vann infiltreres, selv ved store nedbørmengder.

#### 4.2.5 Avstand mellom kulefang og dammer, myr eller små bekker

Kort avstand fra kulefang til dammer, myr eller bekker med liten vannføring, er ugunstig fordi avrenningsvannet fortynnes i liten grad og det kan oppstå høye konsentrasjoner av bly. Dette kan først og fremst unngås i forbindelse med planlegging av nye skytebaner. I tilfeller der det ikke kan gjøres tiltak på kulefanget for å hindre avrenningsvann, kan det være aktuelt å gjøre tiltak i form av avskjæringsgrøfter og liknende. Slike tiltak må vurderes nøye opp mot ulempene med klimagassutslipp som følge av drenering av myr, og negative sider ved inngrep i vannveier.

#### 4.2.6 Tildekking av kulefang

Tildekking av kulefang kan hindre eller begrense vanninntrenging i kulefanget og dermed også begrense avrenning av vann med blyforurensning fra kulefanget. Flere ulike regimer for tildekking kan være aktuelle:

1. Tildekking med tett duk utenom sommersesongen. En slik tildekking vil hindre vanninntrenging fra mye regn om høsten, og fra snøsmelting om våren. Det betyr at de største vannmengdene forhindres i å vaske ut bly fra kulefanget.
2. Tildekking med tett duk når det ikke skytes. Dette alternativet fordrer at det etableres et rullesystem eller liknende for å kunne fjerne duken på rasjonelt vis når det skal skytes. Et slikt tiltak vil trolig være for komplisert og tidkrevende til å fungere på de fleste baner, men kan vurderes på baner med begrenset skyteaktivitet og spesielt sårbar resipient.
3. Permanent tildekking med tett duk. Testene som er utført har vist at slik tildekking krever hyppig utbedring av duken. På baner med mye skyting er det usikkert om tiltaket har noen videre god effekt fordi skytingen raskt perforerer duken i betydelig grad. Hensiktsmessig plasserte vann-avvisere kan fungere på baner der det kun foregår DFS-skyting, fordi spredningen av skudd er liten. På skytebaner med mye jegerskyting blir spredningen betydelig større, og vann-avvisere er vanskelig å få til å fungere. En betydelig utfordring knyttet til permanent tildekking av kulefang er at skytingen danner groper i kulefanget, og duken vil synke inn mot gropene. Dermed ledes regnvann inn mot den delen av tildekkingen der det er mest hull etter skytingen, og rett inn i gropene der forurensningen er størst.

## 4.2.7 Isolering av gammelt kulefang og etablering av nytt kulefang

Isolering av et gammelt kulefang med tett membran er en metode som kan hindre utlekking av bly fra tidligere års skyting. Tester har vist at slik isolering av forurensede masser kan fungere svært effektivt. Etter isolering av det gamle kulefanget kan et nytt kulefang med lite avrenning etableres, for eksempel:

- Innbygd granulater- eller stålkulefang
- Dekk-klippkulefang som testet i Asker, ref. pkt. 3.1.4
- Kasse med duk over som testet på Sessvollmoen, ref. pkt. 3.1.2
- Etc.

Isolering av masser i et gammelt kulefang, og etablering av nytt kulefang med minimal avrenning, er kostbart. Dette anses derfor kun å være aktuelt på steder der det er spesielt stort behov for å redusere avrenning av bly, og andre tiltak på kulefanget er vanskelig å gjennomføre. Dette er kun relevant dersom det nye kulefanget er konstruert slik at en får god kontroll på avrenningen. Den største kostnaden vil som regel ligge i etablering og drift av det nye kulefanget.

## 4.3 Håndtering av avrenningsvann

### 4.3.1 Fortynning

På skytebaner der kulefangene ligger i nærhet til større bekker eller elver vil som regel avrenningsvannet fortynnes så mye at konsentrasjonene av bly i vannveien blir ubetydelige. Prinsipielt er ikke fortynning regnet som et miljøtiltak, men i praksis kan fortynning medføre at god vannkvalitet kan opprettholdes selv om vannveien tilføres noe bly.

### 4.3.2 Naturlig filtrering

På steder der alt overflatevann som renner av fra kulefanget infiltreres i grunnen, er avrenning av bly til vannveier/resipienter minimal. Dersom grunnen ikke har evne til å infiltrere alt avrenningsvannet kan også en liten voll med filtrerende jord/sand i nedkant av kulefanget holde tilbake mye av blyet selv om vann som filtreres i vollen renner videre til vannvei/resipient. I slike tilfeller har filtreringsevnen til jordmassene stor betydning. Vannet må slippes gjennom tilstrekkelig raskt til at vannstanden ikke bygger seg opp, men massene må være tette nok til å holde tilbake partikler med bly bundet til seg.

### 4.3.3 Rensekum

Bruk av filterløsninger kan fjerne betydelige deler av blyinnhold i avrenningsvannet fra kulefang. Ved rensing med olivin-filer i rensekum har det blitt oppnådd en rensegrad på om lag 85 %.

I en rensekum tilføres det forurensede vannet i bunnen, strømmes opp gjennom et lag med olivin og renner ut i toppen av kummen. For at rensekummen skal fungere må alt avrenningsvannet fra et kulefang fanges opp samtidig som vanngjennomstrømningen i kummen ikke må være for stor. Størst utfordringer med avrenning har man ved styrtregn og snøsmelting, og en solid oppsamlingsløsning så nær kulefanget som mulig er ønskelig for å

begrense vannmengden som må gjennom filteret. Et fordrøyningsbasseng kan være nødvendig for at alt vann blir fanget og filtrert kontrollert slik at filtermediet ikke vaskes ut av filterkummen.

Grunnen ved kulefanget må være av en karakter som gjør det mulig å lage oppsamlingsgrøft og grave ned drenerør og kum. Totalt sett behøves en høydeforskjell på om lag to meter fra stedet der avrenningsvannet samles i oppsamlingsgrøften til der det rensede vannet slippes ut.

Frost kan være en utfordring. Særlig i perioder med snøsmelting kan det være frost i bakken og dermed også i filteret. Frostsikring av kummen kan være komplisert siden den naturlig nok blir liggende høyt i bakken hvor frosten slår ned.

Etablering av renseskummer med filtermedium er relativt kostbart, men anleggskostnadene varierer mye med grunnforholdene. Filtermediet må også skiftes med noen års mellomrom, noe som medfører at også vedlikeholdskostnadene kan bli betydelige.

#### 4.3.4 Rensedam

En rensedam fungerer ved at avrenningsvannet ledes til dammen hvor vannet renner gjennom en barriere av rensedium, for eksempel olivin. Det har blitt oppnådd rensesgrader på om lag 80% ved hjelp av rensedammer med filter av olivin.

En riktig dimensjonert rensedam kan fungere som fordrøyningsbasseng, og kan takle store nedbørsmengder uten å bli overbelastet. Dersom fordrøyningskapasiteten ikke er stor nok kan store nedbørsmengder medføre at hele filteret vaskes ut. Løsningen med rensedam krever et relativt stort areal like i nærheten av kulefanget, med en viss overhøyde til nærliggende vannvei eller resipient. Krav til overhøyde er ikke stor, og det kan være tilstrekkelig med så lite som en meters høydeforskjell.

Frost er et noe mindre problem med rensedammer enn med renseskummer i og med at filtermediet danner barrieren for avrenningsvannet og dermed blir liggende nokså tørt i toppen i perioder med lite vann.

På samme måte som en renseskum må filtermediet skiftes med noen års mellomrom. Fordi filtermediet legges opp som en barriere i oppsamlingsdammen betyr det at det behøves mer filtermedium i en rensedam enn i en renseskum, som igjen betyr en høyere kostnad.

## Referanser

- Rieber, D. (2025). *Miljøriktige kulefang - Kulefang som oppfyller ECHA sine krav*. Oslo.
- Rieber, D. (2025). *Prosjekt "Miljøriktige kulefang" - Tiltak på kulefang av jord og sand*. Oslo: Det Frivillige Skyttervesen.
- Rognerud, S. (2009). *Avrenning av metaller fra tre geværskytebaner*. Oslo: Norsk institutt for vannforskning.
- Rognerud, S., & Rustadbakken, A. (2007). *Tungmetallavrenning fra sivile skytebaner*. Oslo: Norsk institutt for vannforskning.