



Det frivillige Skyttervesen

RPR.no
Rieber Prosjekt AS

RAPPORT

Prosjekt "Miljøriktige kulefang" -
Tiltak på kulefang av jord og sand



Dag Rieber

Oslo, 21.01.2025

Sammendrag

Kulefang brukes som sikkerhetstiltak på skytebaner. Tradisjonelt består kulefang av jord og sand som er tilgjengelig på stedet, eventuelt supplert med tilkjørt jord og/eller sand. Utlekking av bly fra ammunisjon skutt inn i kulefang har vært en kilde til bekymring, men tidligere studier fra 2005–2009 viste at mindre enn 1 % av årlig tilført bly lekker ut. Som følge av rask fortynning i bekker og sig ble dette vurdert å ha marginale miljømessige konsekvenser.

Det europeiske kjemikaliebyrået (ECHA) har fått i oppgave å vurdere forbud mot bly i ammunisjon og fiskeutstyr, og har utarbeidet et restriksjonsforslag. Forslaget peker på to konkrete løsninger som vilkår for fortsatt bruk av blyholdig ammunisjon på skytebaner. Begge løsningene er svært tids- og kostnadskrevenende å innføre på eksisterende skytebaner.

Som et forsøk på å finne like gode løsninger til lavere kostnad, gjennomfører Det frivillige Skyttervesen (DFS) et prosjekt kalt «Miljøriktige kulefang». Gjennom prosjektet er det tidligere utført kunnskapsinnhenting om eksisterende løsninger, og blant annet er testet stålkulefang og tildekkingsmaterialer.

I et forsøk utført på Asker skytebane i 2024, er det testet tiltak på et eksisterende kulefang. Tiltaket består i drenering av sigevann, tildekking av eksisterende kulefang med bentonittmembran, dekk-klipp og duk. Det er utført målinger av fuktighet i jorden, forsøk på å ta vannprøver, og det er utført evaluering av løsningens miljøegenskaper. Den viktigste konklusjonen så langt er at tildekking og bortledning av sigevann er svært effektive tiltak for å hindre utlekking av bly fra eksisterende kulefang. Oppfølging av tiltaket vil fortsette frem til sommeren 2025.

Videre arbeid vil fokusere på å se på flere mulige løsninger for å minimere muligheten for utlekking av bly fra kulefang av jord og sand, et arbeid som planlegges å lede frem til veiledningsmateriell for slike tiltak.

Summary

Bullet traps are used as a safety measure on shooting ranges. Traditionally, bullet traps consist of soil and sand available on-site. The leaching of lead from ammunition fired into the bullet traps has been a source of concern, but previous studies from 2005–2009 showed that less than 1% of the lead deposited annually leaches out. Due to rapid dilution in streams and seepage, this was considered to have marginal environmental consequences.

The European Chemicals Agency (ECHA) has been tasked with evaluating a ban on lead in ammunition and fishing equipment and has drafted a restriction proposal. The proposal has a derogation that outlines two specific solutions possible for the continued use of lead-based ammunition on shooting ranges. Both solutions are highly time-consuming and costly to implement on existing ranges.

As an attempt to find equally effective solutions at lower costs, the Norwegian Civilian Marksmanship Association (DFS) is conducting a project called "Environmentally Friendly Bullet Traps". This project has previously gathered knowledge about existing solutions and tested steel bullet traps and covering materials. In an experiment conducted at the Asker shooting range in 2024, measures were tested on an existing soil and sand-based bullet trap. The initiative involved draining seepage water and covering the existing bullet trap with a bentonite membrane, shredded tires, and protective liners. Measurements of soil moisture, attempts to collect water samples, and evaluations of the environmental properties of the solution were conducted. The most important conclusion so far is that covering and diverting seepage water are highly effective measures for preventing lead leaching from existing bullet traps. Monitoring of the initiative will continue until the summer of 2025.

Further work will focus on exploring additional possible solutions to minimize lead leaching from soil and sand-based bullet traps. This effort is planned to result in guidance materials for such measures.

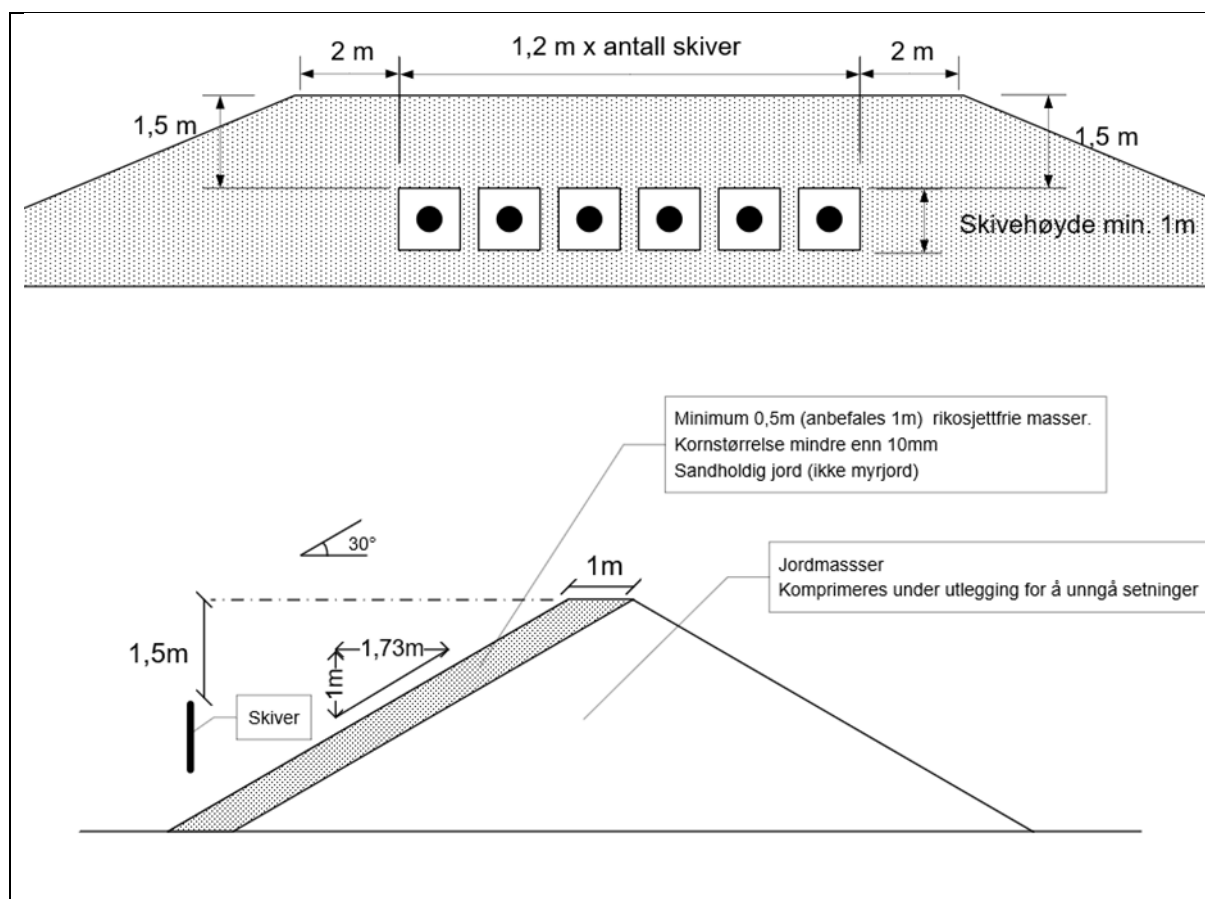
Innhold

Sammendrag	2
Summary	3
1 Bakgrunn	5
1.1 Hvorfor kulefang?	5
1.2 Bly og kulefang til og med 2009	6
1.3 EU prosess frem mot et blyforbud	6
1.4 Miljøriktige kulefang.....	7
2 Restriksjonsforslaget fra ECHA	8
3 Beskrivelse av test-oppsettet	10
3.1 Valg av testobjekt.....	10
3.2 Forundersøkelser	10
3.2.1 Dekk-klipp.....	10
3.2.2 Tildekkingsmaterialer.....	12
3.3 Valgt løsning og utførelse	13
3.3.1 Prinsippet.....	13
3.3.2 Tiltak på hele kulefanget	13
3.3.3 Tildekking av halve kulefanget	16
3.4 Økonomi.....	17
4 Testing og målinger	18
4.1 Skyting	18
4.2 Vannprøver.....	19
4.3 Fuktmålinger	19
4.3.1 Juni – Igangsetting.....	19
4.3.2 Juli	21
4.3.3 August	22
4.3.4 September.....	23
4.3.5 Oktober.....	24
4.3.6 November	25
4.3.7 Desember.....	26
4.3.8 Hele perioden juni – desember	27
5 Vurderinger og oppfølging.....	28
5.1 Mulige feilkilder og svakheter ved undersøkelsene	28
5.2 Vurderinger av løsningen	29
5.2.1 Forbedringspunkter.....	29
5.2.2 Vedlikeholdsbehov	29
5.2.3 Fremtidig sanering av dekk-klippkulefang	30
5.3 Miljømessige vurderinger	30
5.3.1 Mulighet for utlekking fra tildekket kulefang.....	30
5.3.2 Mulighet for utlekking fra ordinært kulefang	31
5.4 Videre arbeid.....	31
6 Referanser.....	32

1 Bakgrunn

1.1 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:



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



Figur 3 Kulefang av jord og sand i form av frittliggende voll

1.2 Bly og kulefang til og med 2009

Bly fra ammunisjon er en kilde til spredning av bly i naturen, og dette har ledet frem til ulike forbud mot bruk av blyhagl. Bruk av blyholdige kuler i rifler, pistol og revolver er i dag tillatt.

For å finne ut mer om mulighetene for spredning av bly fra kulefang på riflebaner, ble det gjennomført et prosjekt i samarbeid mellom Det frivillige Skyttervesen (DFS), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Statens forurensningstilsyn (SFT) (nå Miljødirektoratet) i tidsperioden 2005-2009. Det ble utarbeidet tre rapporter:

- 2005: Første rapport tok for seg konsentrasjoner av metaller i bekker og sig som avvanner sivile skytebaner (Rognerud, Konsentrasjoner av metaller i bekker og sig som avvanner sivile skytebaner, 2005)
- 2007: Andre rapport tok for seg tungmetallavrenning fra sivile skytebaner, og det ble blant annet beskrevet aktuelle tiltak for å begrense avrenning (Rognerud & Rustadbakken, Tungmetallavrenning fra sivile skytebaner, 2007)
- 2009: Tredje rapport tok for seg tre skytebaner og det ble målt avrenning av metaller (Rognerud, Avrenning av metaller fra tre geværskytebaner, 2009)

Siste rapport konkluderte med at mindre enn 1% av årlig tilført bly lekker ut fra kulefang. Dette utslippet ble vurdert å være så lite at det ikke var grunnlag for å iverksette tiltak for å redusere utslippet.

1.3 EU prosess frem mot et blyforbud

I 2019 fikk det europeiske kjemikaliebyrået (ECHA) i oppdrag fra Europakommisjonen å vurdere risikoen ved bruk av bly i ammunisjon og fiskeutstyr, samt å foreslå eventuelle restriksjoner. ECHA samlet inn informasjon i 2019, der DFS bidro med viktig informasjon. All innkommet informasjon er behandlet av ECHA, som har utført beregninger og skrevet forslag til restriksjon (forbud med unntak). ECHA gjennomførte en offentlig høring av forslaget i 2022 der DFS igjen bidro med omfattende dokumentasjon spesielt knyttet til kulefang på norske riflebaner. ECHAs komité for risikovurdering (RAC) og den sosioøkonomiske komiteen (SEAC) har vurdert restriksjonsforslaget. Komiteene konkluderer med at bruk av bly i ammunisjon og fiskeutstyr forårsaker betydelig lokal blyforurensning og utgjør en risiko for menneskers helse og for miljøet. Det mest hensiktsmessige tiltaket i

EU/EØS-området for å regulere risikoen er dermed vurdert å være en restriksjon/forbud. Forslaget ble sendt til Europakommisjonen for videre behandling i mars 2023.

Det er påvist betydelige feil i vurderingene som ligger til grunn for det foreliggende restriksjonsforslaget. I tillegg oppleves det som en svakhet at restriksjonsforslaget kun peker på to konkrete og svært kostbare løsninger for baner der det fortsatt skal skytes med blyholdig ammunisjon. Sammen med en svært kort overgangsperiode vil dette i praksis medføre at mange skytebaner ikke lenger kan brukes når en slik overgangsperiode er ute.

1.4 Miljøriktige kulefang

Gjennom DFS-prosjektet «Miljøriktige kulefang», har det fremkommet informasjon som tilsier at løsningene som ECHA beskriver ikke nødvendigvis vil være de beste for miljøet totalt sett. Hensikten med testene som nå er utført, er å se om det kan være mulig å finne løsninger som både er vesentlig rimeligere og samtidig ivaretar eksisterende forurensing på en god måte. Om slike tiltak viser seg å fungere, kan den faktiske spredningen av bly til omgivelsene reduseres, samtidig som man hindrer at mange baner må legges ned som følge av krav om svært kostbare tiltak.

Denne rapporten omhandler et forsøk med tildekkningstiltak og bruk av dekk-klipp som energidempende materiale, utført i 2024. Forsøkene er gjennomført på Asker skytterlags 200 m riflebane, der det eksisterende kulefanget ligger inntil bakgrunnen. På kartutsnittet i figuren nedenfor viser de tette høydekurvene hvordan terrenget stiger bak kulefanget.



Figur 4 Kart over skytebanen med markering av 200 m-banen og kulefanget

2 Restriksjonsforslaget fra ECHA

Pr. desember 2024 finnes siste utgave av forslaget til blyforbud i *Committee for Risk Assessment (RAC)* og *Committee for Socio-economic Analysis (SEAC)* sitt dokument «*Opinion on an Annex XV dossier proposing restrictions on Lead and its compounds*», datert 2. desember 2022

Den delen av restriksjonsforslaget som får konsekvenser for skytebaner lyder som følger:

Lead and its compounds

2. Shall not be used, in a concentration equal or greater than 1 % w/w:
 - f. in any other projectiles not defined as a gunshot for sports shooting (by way of derogation shall not be used in a concentration equal to or greater than 3 % w/w in copper or copper alloys – this derogation shall be subject to a review prior to entry into force to determine if a concentration less than 1 % can be achieved)
4. By way of derogation:
 - d. Paragraph 2f shall not apply if:
 - o The use takes place inside a building
 - o The use takes place at a notified (to the Member State) outdoor location for sports shooting; AND no agricultural activities take place at that location; AND
 - o From EiF + [5] years the following measures are in place:
 - lead projectile containment and recovery via trap chamber or a 'best practice' sand trap comprising a sand trap with:
 - a water impermeable barrier between the base of the sand trap and the underlying soil;
 - an overhanging roof or a permanent cover;
 - containment, monitoring and, where necessary, treatment of drainage water from projectile impact areas (including surface water run-off) to ensure compliance with the environmental quality standard (EQS) for lead specified under the Water Framework Directive).
 - Records of compliance with these conditions shall be maintained by notified locations and shall be made available to enforcement authorities on request.
9. *For the purposes of this restriction:*
 - 'sand trap' means a mass of sand, or similar material, contained within a concrete or other structure which is open towards the firing point intended to capture and retain fired projectiles.
 - 'trap chamber' means a fully enclosed structure that is isolated from the underlying ground, with the exception of an opening towards the firing point, that is used to capture and retain fired projectiles. Trap chambers can be constructed of various materials but are typically made of metal.

I ECHAs «BACKGROUND DOCUMENT – Lead in outdoor shooting and fishing» finnes følgende beskrivelse av sandkulefang, og dette ligger til grunn for kravet som er stilt til utforming av slike kulefang:

Sand traps

According to the Association of European Manufacturers of Sporting Ammunition (AFEMS, 2002) sand traps comprise a mass of sand, or similar material, contained within a concrete or other structure which is open towards the firing point. Sand is used to absorb the energy of the bullets and help the separation of spent bullets and fragments during recovery and disposal operations. An overhanging baffle/roof should be fitted to prevent rainwater or snowmelt leaching down through the sand and dissolving lead bullet fragments. The base of the sand should be isolated from the underlying soil to prevent any lead contamination (see Figure 1-14). Salt and peat can be mixed with the sand to stop it freezing which would increase bullet fragmentation and ricochet. Regular removal of accumulated bullets is required to avoid ricochets.

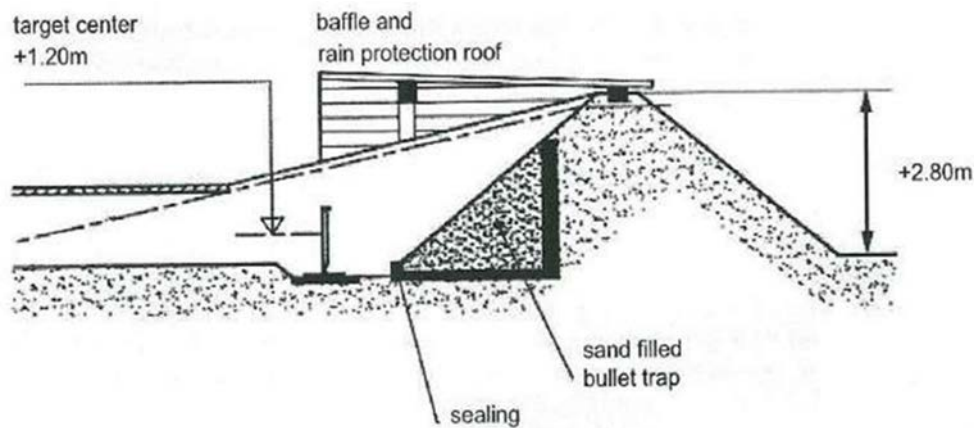


Figure 1-14: Diagram of a sand trap (AFEMS, 2002) as referred to in the CSR

Using a berm made with sand (instead of soil) could slow down lead weathering, but it may increase lead leachability in the long term (Environmental Protection Authority Victoria (EPA), 2019).

In the Finnish BAT (Kajander and Parri, 2014), it is highlighted that in order to function, the sand trap must be a watertight structure where the spreading of lead deeper into the underlying soil and the groundwater is prevented by liners/barriers. It is recommended that in connection with the sand trap structure, infiltration water must be collected from the top of the lining via underground drains and treated if necessary. If the structural solution of the shooting range causes pollutant content in water, the polluted water can be collected depending on the water permeability and structure of the soil either with ditches or with lining and underground drains. Water with pollutant content can be cleaned in a treatment well by filtration or in basins or ditch systems by sedimentation.

3 Beskrivelse av test-oppsettet

3.1 Valg av testobjekt

De viktigste kriteriene for valg av sted for testingen som var planlagt, var som følger:

Kulefanget

Testing av tildekking og drenering forutsetter at det ble valgt ut et kulefang som ligger inntil bakgrunnen der det kan komme overflatevann ned til kulefanget ved styrtregn, og vannsig gjennom jorda ned til kulefanget.

For å få til en god sammenlikning mellom kulefang der det er gjort tiltak og kulefang uten tiltak, var det ønskelig å finne et kulefanget var homogent fra side til side slik at vi kunne dekke til den ene delen og la den andre delen være utildekket.

Beliggenhet

Kort avstand fra Oslo ble ansett som viktig for å kunne følge opp tiltaket løpende uten at det medfører stor tidsbruk som følge av lang kjøreavstand.

200 m-banen til Asker skytterlag viste seg å tilfredsstille de aktuelle kriteriene, og skytterlaget ble kontaktet. Skytterlaget stilte velvillig skytebanen til disposisjon for testingen under forutsetning om at skytterlaget ikke får noen økonomisk belastning knyttet til eventuell fremtidig fjerning av tiltakene utført i forbindelse med testen.

3.2 Forundersøkelser

3.2.1 Dekk-klipp

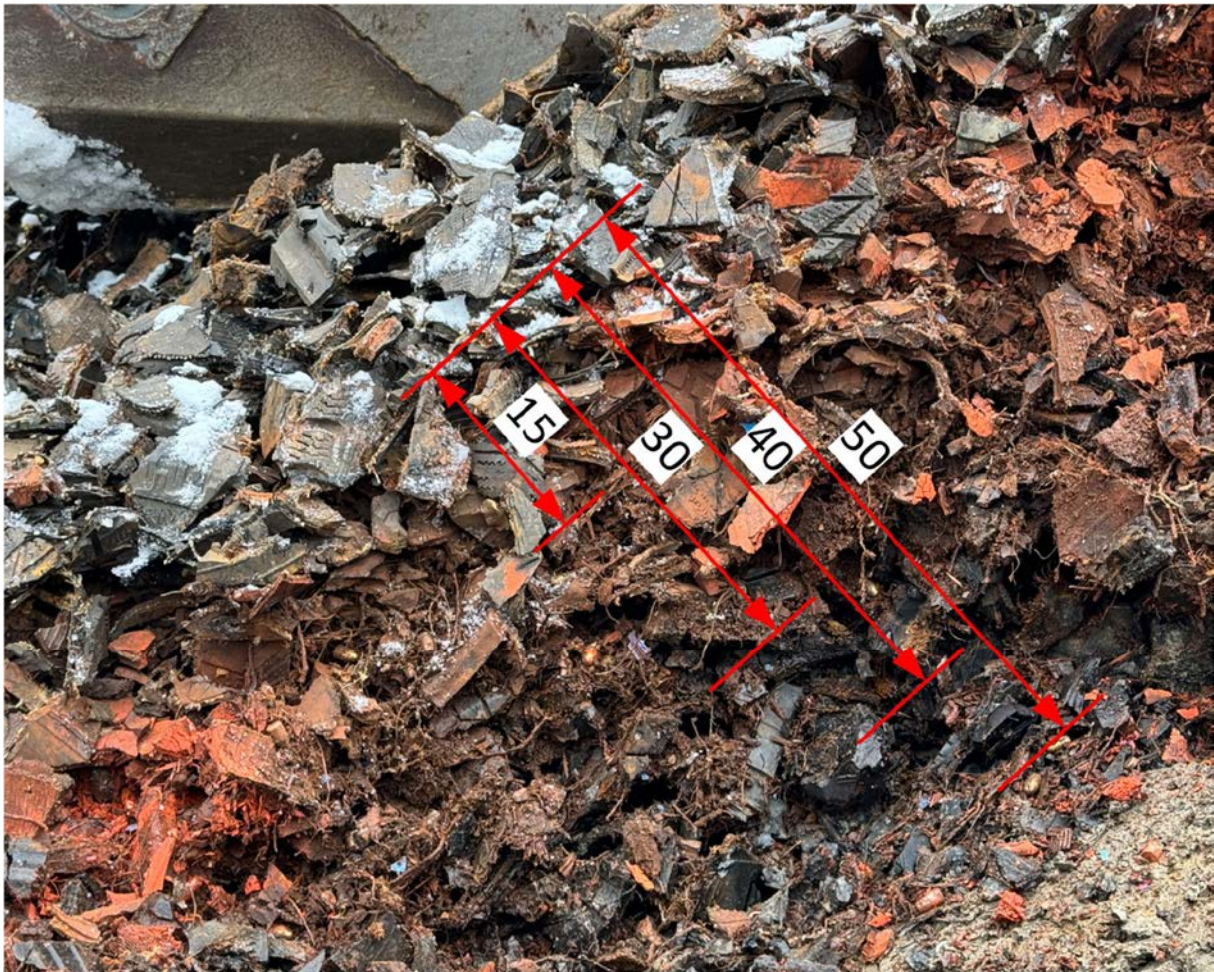
Forsvaret har testet kulefang med dekk-klipp som energidempende materiale, og dette er også benyttet på Politiets Nasjonale Beredskapssenter (PNB) på Taraldrud like sør for Oslo. Høsten 2023 ble det gjort undersøkelser av kulefanget på 50 m-banen på PNB etter tre års drift. Banen benyttes mest til skyting med pistol kaliber 9 mm, men også noe med karabin kaliber 5.56. PNB har også 100 m og 200 m riflebaner, men disse er brukt vesentlig mindre, og egnet seg således ikke like godt til å vurdere slitastjen på dekk-klippet.

Undersøkelsene ble utført ved å skave av 10-15 cm tykke lag av kulefanget med gravemaskin og undersøke hva som ble funnet i de ulike lagene. Kort oppsummert forteller notatet fra undersøkelsene (Rieber, PNB - Undersøkelse av utendørs kulefang med dekk-klipp, 2023) følgende:

- På overflaten ser dekk-klippet nesten ut som nytt.
- 10-15 cm inn i dekk-klippet finner man en del tilnærmet uskadede 9 mm kuler og kord («ståltråd-armering») fra dekkene som har løsnet fra gummien.
- 15-30 cm inn i dekk-klippet gjenfinnes store mengder tilnærmet uskadede 9 mm kuler og en god del 5.56-kuler. Sistnevnte er i stor grad deformert og delt i to eller flere biter som følge av langt større anslagsenergi enn hva 9 mm-kulene har. I dette laget ble det funnet mye finstoff. Finstoffet kommer fra kord og små gummi-biter fra dekk-klippet, men også i stor grad fra pulveriserte «frangible»-kuler i tillegg til noe messing og bly fra mantel og kjerne i vanlige kuler.
- 30-40 cm inn i dekk-klippet avtar mengden 9 mm kuler betydelig samtidig som mengden 5.56-kuler øker. Mengden finstoff er mindre her.

- 40-50 cm inn i dekk-klippet gjenfinnes kun noen få 9 mm kuler som trolig har beveget seg nedover som følge av at kulefanget beveger seg noe hver gang nye kuler slår inn. Mengden finstoff i dette laget var liten, noe som tyder på at det er forholdsvis lite transport av finstoff nedover i dekk-klippet selv om dette kulefanget ikke har noen form for tildekking.
- Under laget på 50 cm ligger det leir-aktig jord uten spor av kuler og minimalt med finstoff.

Bildet nedenfor viser hvordan dekk-klippet fremstår i de ulike lagene:



Figur 5 Snitt gjennom kulefanget på 50 m-banen på PNB

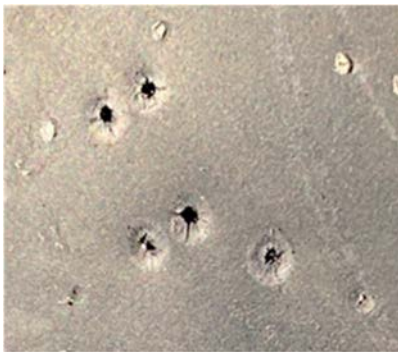
På PNB gjennomføres det et miljøoppfølgingsprogram som innebærer at det tas prøver av avrenningsvann. Etter tre års drift måles fortsatt svært lave nivåer av metall i avrenningsvannet fra skytebanene (Ulland, 2023). Kulefangene på PNB har ikke noen form for tildekking over kulefanget, men avrenningsvannet beveger seg gjennom et lag olivin som virker som et filter som fanger opp bly, kobber og andre metaller.

3.2.2 Tildekkingsmaterialer

I flere sammenhenger, blant annet i forbindelse med testing av stålkulefang som ble utført i 2022 i regi av DFS (Rieber, Miljøriktige kulefang - Testing av stålkulefang, 2023), er det også testet hvordan ulike tildekkingsmaterialer fungerer ved skyting med forskjellige typer ammunisjon. Det er gjort forsøk med naturgummiduker på 1,6 og 3,2 mm tykkelse, plater av HDPE, plater av PE, PVC-presenning og Regupolplater (rikosjettsikringsplater for skytebaner, av gummigranulat). Testene viste at ingen materialer er godt egnet ved skyting med alle typer ammunisjon. Spesielt kan følgende bemerkes:

- Kaliber .22 har problemer med å trenge gjennom tykke eller harde plater, og kan hope seg opp i platene
- Ulike typer jaktammunisjon sliter voldsomt på mange materialer ved at de stanser ut store hull

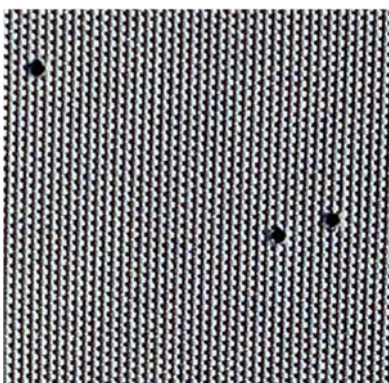
Nedenfor vises noen eksempler på hull ved skyting med ulik type ammunisjon.



Figur 6 Kaliber .22s kutt på plater av PE (polyetylen)



Figur 7 Kaliber .22 skutt på 1,6 mm gummiduk



Figur 8 6,5 mm matchammunisjon skutt mot 1,6 mm gummiduk



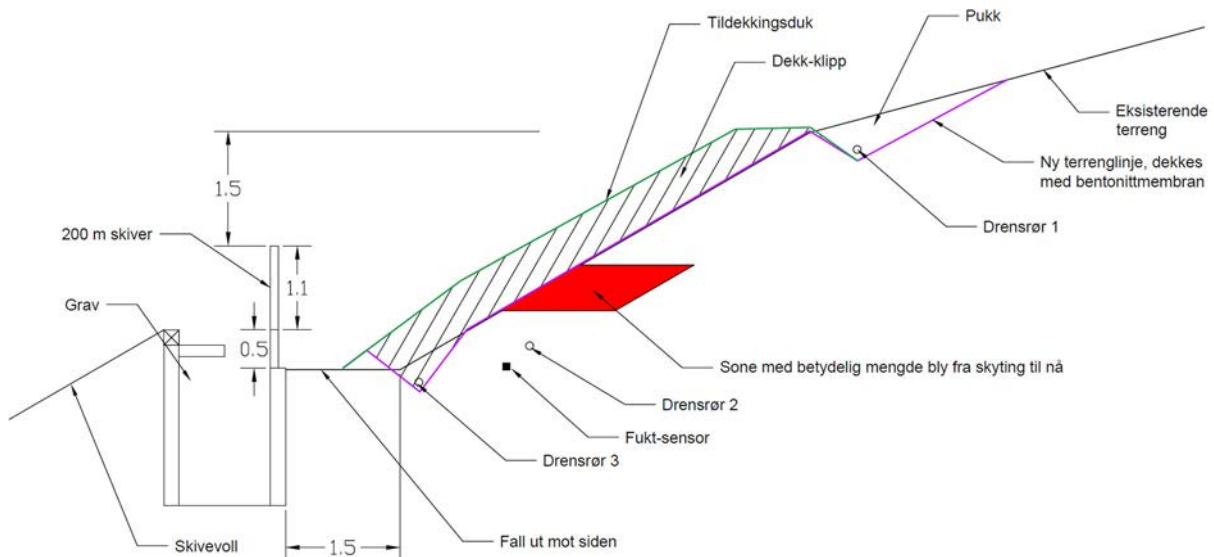
Figur 9 9,3 mm ekspanderende jaktammunisjon skutt på 3,2 mm gummiduk

Langtidstester viser at alle materialer «spises opp» ved tilstrekkelig mye skyting. Således vil ikke noe materiale være tett over tid. Valg av tildekkingsmateriale må dermed i tillegg til pris vurderes ut fra brukshyppighet, kostnad ved reparasjon, tilgang til dugnadsinnsats og liknende.

3.3 Valgt løsning og utførelse

3.3.1 Prinsippet

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



Figur 10 Tiltak på kulefanget

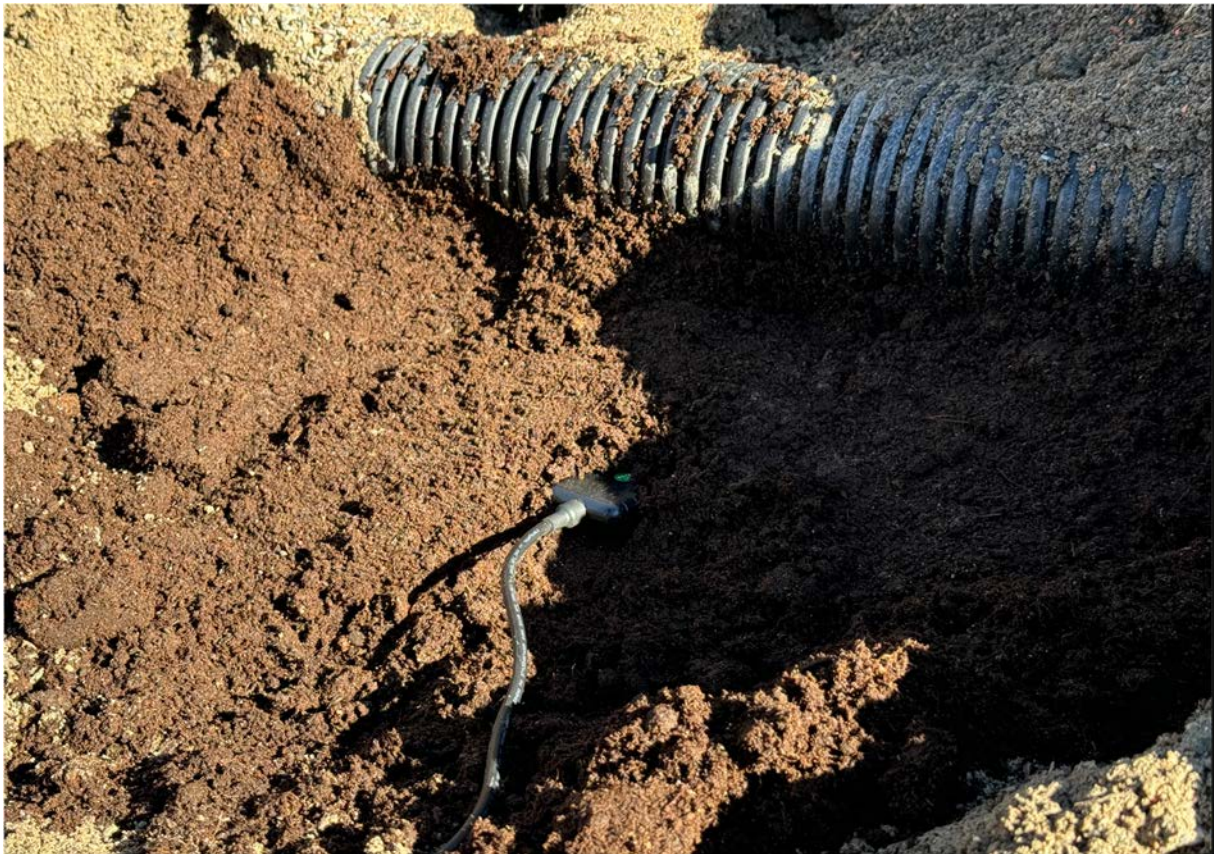
3.3.2 Tiltak på hele kulefanget

Drensrør 2 ble lagt ned på begge deler av kulefanget. For hver del starter drensrøret i overgangen mellom tildekket og ikke tildekket del, med endelokk der rørene møter hverandre, og fall ca. 2:100 ut til hver side. Dette røret ble lagt ned for å kunne ta prøver av vann som renner gjennom 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. Drensrør 2 stikker ut på hver sin side av kulefanget, en fra tildekket og en fra ikke tildekket del. Der røret kommer ut, ble hullene på drensrøret tapet over for å hindre regnvann i å komme inn, noe som ville fortynnet forurensninger i vannet og gitt feil resultat. I enden ble røret ledet over i en plastdunk, også der med tildekking for å hindre regnvann i å komme inn i dunken.

Like nedenfor drensrøret 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.



Figur 11 Enden av drensrør 2 ført inn i plastdunk



Figur 12 Drensrør 2 og fuktmålersonde 3 på ikke tildekket del, før kulefangets jord ble lagt tilbake

Til fuktmålingene ble 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 30-50 daglige registreringer har vi allikevel fått mer enn nok data.



Figur 13 Fuktsensor Dragino SE01

3.3.3 Tildekking av halve kulefanget

På den tildekkede delen av kulefanget ble det først etablert en drengroft på oversiden av kulefanget, og en fordypning i bunnen 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 skyttergraven. Bentonittmembran kommer på ruller som legges ut med noe overlapp. Membranen er laget ved at bentonittleiren blir blandet med vann for å skape en jevn masse som deretter påføres mellom to lag av geotekstil. Når vann kommer i kontakt med bentonittmembranen sveller den og danner en effektiv vann-tetting.

Etter at bentonittmembranen var på plass, ble drengrør 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/m² pvc-presenning lagt over dekk-klippet, og drengrør 1 ble lagt med fall ca. 2:100 ut til siden av kulefanget. Duken holdes i toppen på plass av pukken som ligger rundt drengrør 1.



Figur 14 Bilde tatt under utlegging av membran, dekk-klipp, presenning og drengrør

Etter at tildekkingen var ferdig, viste det seg raskt at det svært porøse laget med dekk-klipp lar vinden blåse gjennom, og løftet opp presenningen selv om den er relativt tung. Det var derfor nødvendig å legge steiner på duken i bunnen, og noen tunge trematerialer vi hadde for hånden ble skrudd fast i enden. I skjøten mellom de to presenningene som ble brukt ble det

skrudd på lekter på hver side slik at presenningene holde sammen og ikke slipper regnvann mellom disse.



Figur 15 Steiner og trematerialer for å holde presenningen på plass



Figur 16 Ferdig tildekket kulefang sett fra standplass

3.4 Økonomi

Materialene og gravemaskin-arbeidene har kostet rundt regnet kr. 200 000,- inkl. mva. Det anslås at det ville ha kostet ytterligere om lag kr. 50 000,- inkl. mva. å få utført dette tiltaket for resten av skivene samtidig. Prosjektering, planlegging og administrasjon er ikke inkludert i disse prisene.

4 Testing og målinger

4.1 Skyting

Etter at tiltakene på kulefanget var utført i slutten av juni 2024 er det skutt noen hundre skudd på hver skive der kulefanget er tildekket. Som tidligere erfart, blir det tydelige hull i duken der kulene har truffet. Det er ikke tegn til gropdannelse i dekk-klippet der kulene treffer. Dette samsvarer godt med erfaringer fra PNB hvor overflaten av kulefanget ser uberørt ut selv etter lang tids bruk.



Figur 17 Hull i presenningen etter noe tids skyting like ved skjøten mellom to presenninger

Fra testskyting på dekk-klipp med hulspiss match-ammunisjon ved en annen anledning i år, er følgende prosjektilrester gjenfunnet:



Figur 18 Kulerester etter skyting på dekk-klipp

Det er noe antydning til bly som fortsatt henger igjen i den ødelagte mantelen, men det aller meste av blyet er pulverisert selv om kulene trenger rundt 40 cm inn i dekk-klippet og dermed ikke bråstopper. Dette står i klar kontrast til 9 mm pistolkuler og 5.56-ammunisjon som benyttes på PNB, som i langt mindre grad blir ødelagt ved treff i dekk-klipp.

4.2 Vannprøver

Hensikten med vann-dunkene som er plassert i enden av dreneringsrør 2 og 3 er å ta vannprøver som kan analyseres for tungmetaller. Dette kan gi informasjon om vanntransport gjennom kulefangene og hvor mye tungmetaller dette vannet kan transportere. Ved hver større nedbørshendelse har dunkene blitt inspisert. I løpet av det halve året siden tiltakene ble utført, har det ikke kommet vann i dunkene. At det ikke kommer noe vann i dreneringsrør 2 og 3 på den delen av kulefanget som er tildekket er ikke overraskende, men det er interessant at det heller ikke har kommet noe vann ut av dreneringsrøret på den utildekkede delen. Det indikerer at det er minimal vanngjennomstrømming gjennom selve kulefanget, selv ved mye nedbør. Som følge av fravær av vann har det ikke vært mulig å ta vannprøver.

Etter en av de store nedbørshendelsene i slutten av august ble det observert tydelige erosjonsrenner i overflaten av kulefanget etter vann som har gravd ut grusen og dratt denne med til bunnen av kulefanget. Ved kraftig regn renner altså vannet av på overflaten av grusen uten at vannet siger gjennom massene i nevneverdig grad.



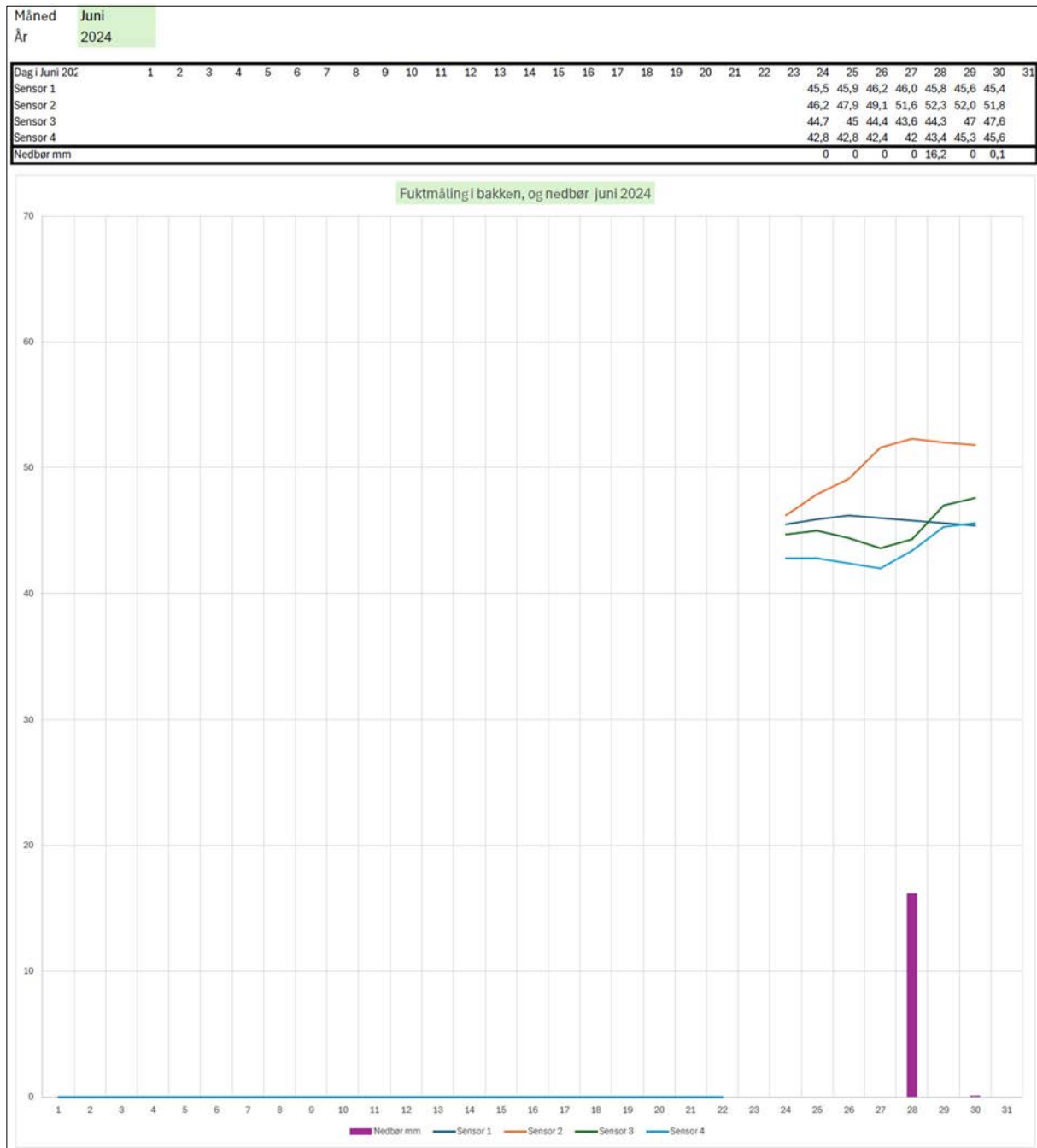
Figur 19 Erosjonsrenner etter vann på overflaten av kulefanget

4.3 Fuktmålinger

4.3.1 Juni – Igangsetting

Fuktmålerne ble satt i drift 24. juni 2024. Sondene ble lagt i jord fra 40 liters sekker med hagejord, og det ser ut til at disse hadde relativt lik fuktighet ved installering av målerne.

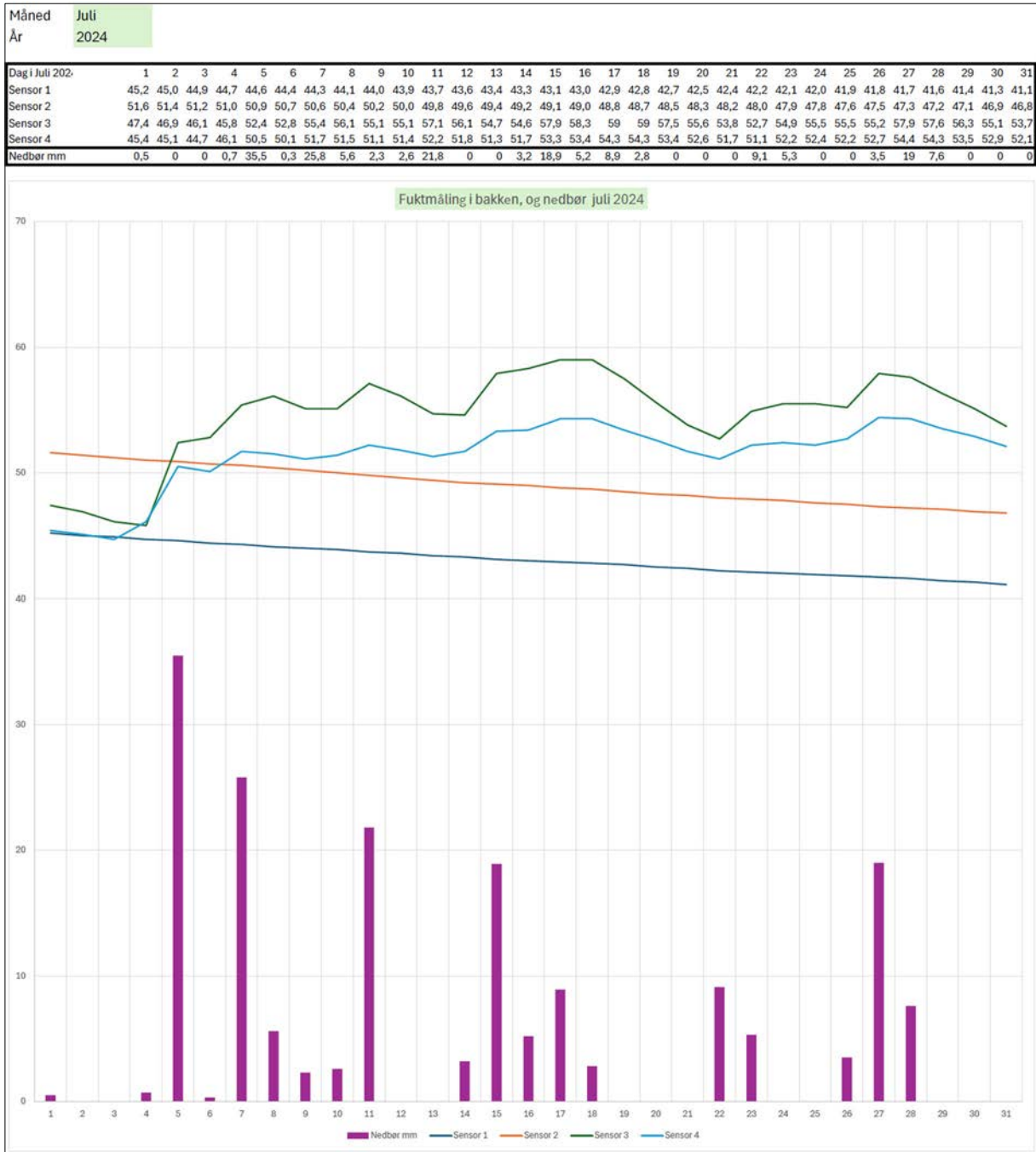
Sensor 2 viser en markant stigning i registrert fuktighetsnivå de tre første dagene uten at det hadde vært noe nedbør. Denne sonden ligger dessuten tildekket, og en reell stigning i fuktighet virker usannsynlig da det hadde vært tørt vær en lang periode i forkant. Fuktmålerne er FDR-sensorer (Frequency Domain Reflectometry) som måler jordfuktighet ved å analysere hvordan en høyfrekvent elektromagnetisk bølge påvirkes av jordas dielektriske konstant. En FDR-sensor sender et høyfrekvent signal gjennom sonden. Endringer i signalets frekvensavvik måles, og disse endringene korreleres med fuktighetsnivået. Både graden av komprimering av jorden og/eller innblanding av grus/jord fra kulefanget, i jorden ved sonden, kan forklare stigningen de tre første dagene.



Figur 20 Fuktmålinger og nedbørsmenge juni 2024

4.3.2 Juli

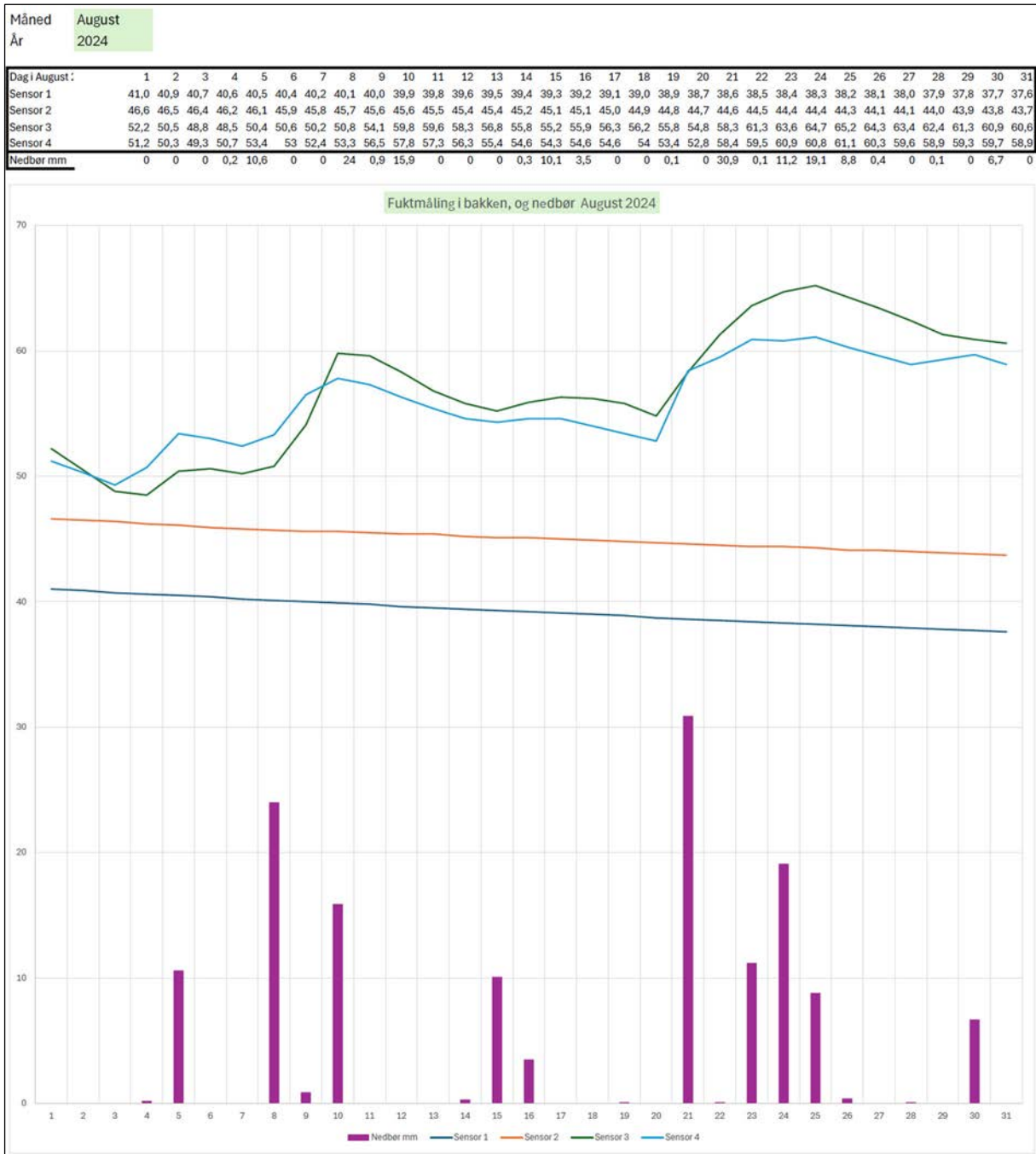
I juli kom det mye nedbør. Av grafene for sensor 3 og 4 fremgår det at jordfuktigheten i delen som ikke er tildekket stiger markant ved hver nedbørshendelse (de lilla søylene), men synker igjen dager uten nedbør. Sensor 1 og 2, som ligger i den delen av kulefanget som er tildekket, viser jevnt avtagende fuktighet.



Figur 21 Fuktmålinger og nedbørsmenge juli 2024

4.3.3 August

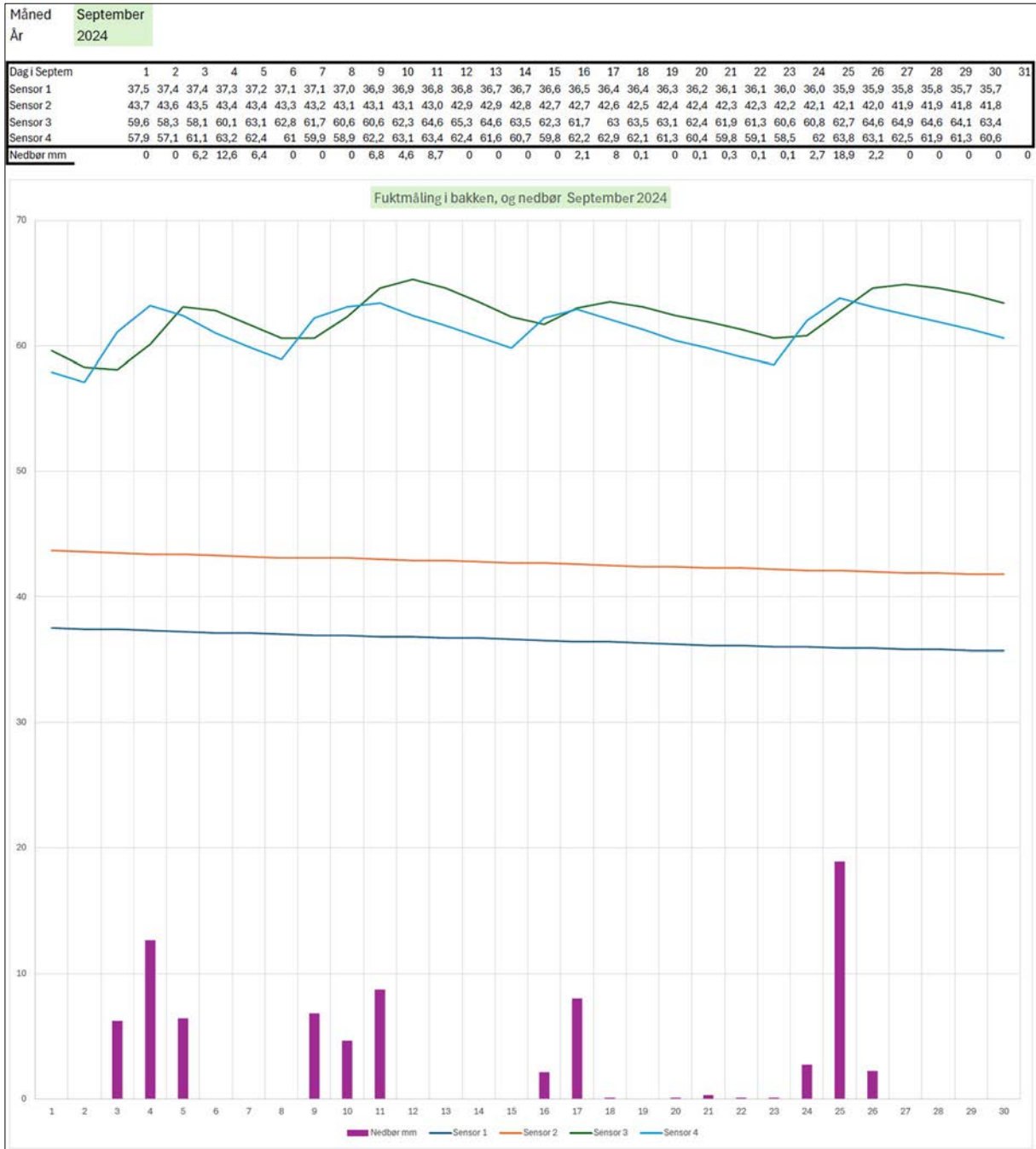
I august fremgår det tydelig at jordfuktigheten, i delen som ikke er tildekket, stiger markant ved hver nedbørshendelse, men synker igjen dager uten nedbør.



Figur 22 Fuktmålinger og nedbørmengde august 2024

4.3.4 September

I september var det moderate mengder nedbør, men vi ser nå en tendens til markert svakere uttørking mellom nedbørshendelsene, sannsynligvis som følge av lavere temperatur og mindre avdampning.



Figur 23 Fuktmålinger og nedbørmengde september 2024

4.3.5 Oktober

I slutten av september og starten av oktober var det 11 dager uten regn, og vi ser en tydelig opptørking på den utildekkede delen av kulefanget. Deretter kommer flere dager med regn, og opptørkingen er liten i de regnfrie periodene etter dette.

Måned **Oktober**
 År **2024**

Dag i Oktober	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Sensor 1	35,6	35,5	35,5	35,4	35,4	35,3	35,2	35,2	35,1	35,0	35,0	34,9	34,9	34,9	34,8	34,8	34,7	34,7	34,6	34,6	34,5	34,5	34,5	34,4	34,4	34,4	34,3	34,3	34,2	34,2	34,2
Sensor 2	41,7	41,6	41,6	41,5	41,4	41,3	41,3	41,2	41,1	41,0	41,0	41,0	40,9	40,9	40,9	40,8	40,8	40,7	40,7	40,6	40,6	40,6	40,6	40,5	40,5	40,4	40,4	40,4	40,3	40,3	40,3
Sensor 3	62,7	61,7	60,5	59,5	58,4	57,2	56,1	55,8	58,7	62,4	65,7	66,8	68,1	68,3	68,2	68	67,6	68,5	69,4	69,9	70,2	69,7	69,6	69,3	68,8	68,6	69,3	69,9	70	69,9	69,1
Sensor 4	60	59,2	58,1	57,1	56,1	55,2	54,8	60	62,9	63,7	63,5	63,5	64,4	64	63,7	63,5	63,5	65,2	65,2	65,4	65,4	64,6	64,3	64	63,7	63,5	65,8	65,1	64,8	64,6	64,1
Nedbør mm	0	0	0	0	0	0	0	0	11,5	12,7	1,5	23,3	0	11	0	0	0	0,1	11,1	7,3	9,2	8,7	0	0	0	0	0	14,8	0	0	0



Figur 24 Fuktmålinger og nedbørsmenge oktober 2024

4.3.6 November

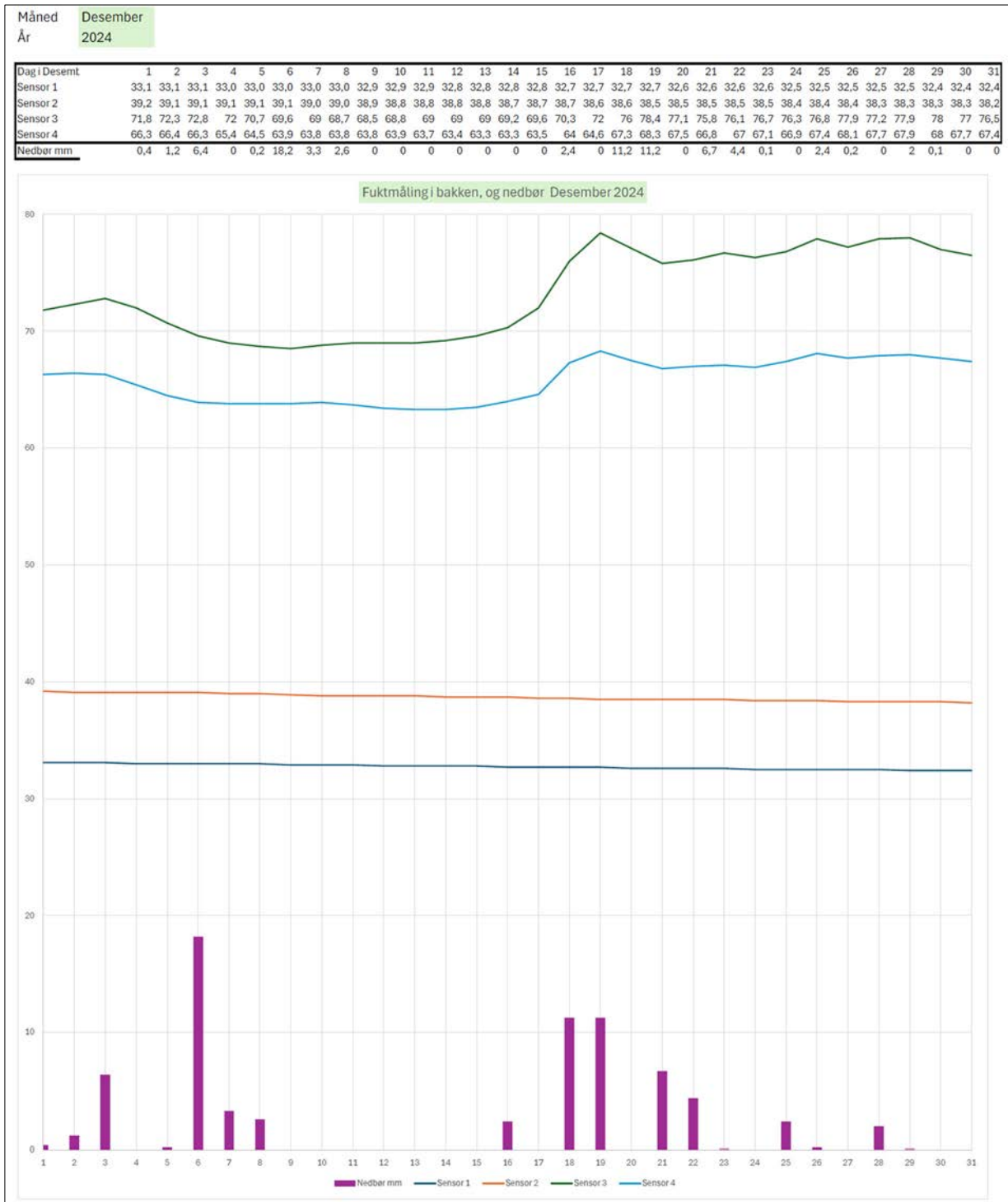
I løpet av en lang tørr periode i november synker fuktnivået i den utildekkede delen, men vesentlig langsommere enn ved varmt vær.



Figur 25 Fuktmålinger og nedbørmengde november 2024

4.3.7 Desember

I desember har temperaturen ligget rundt 0 °C. 6. desember kom det snø og fukten i bakken ligger stabilt etter nedbøren. Nedbøren som kom 16. og 18 desember kom som regn, og fuktnivået i bakken stiger markant. Deretter ligger temperaturen rundt null, og fuktnivået er stabilt. Fuktnivået i den tildekkede delen av kulefanget fortsetter å synke gjennom hele desember.



Figur 26 Fuktmålinger og nedbørsmengde desember 2024

4.3.8 Hele perioden juni – desember

Figuren nedenfor viser en sammenstilling av målingene av fuktighet i bakken gjennom hele andre halvår.



Figur 27 Fuktmålinger og nedbørsmengde andre halvår 2024

Da arbeidet på kulefanget ble utført, hadde det vært minimalt med nedbør i en hel måned, og jorden opplevdes å være svært tørr. Fuktsondene ble lagt i jord fra 40 liters sekker med hagejord med formål å eliminere at forskjeller i jordfuktighet skulle påvirke målingene. De første fukt-registreringene hadde svært like nivåer, men fuktverdiene for sensor 2 steg raskt de første dagene. Denne stigningen vurderes å måtte skyldes en feilkilde. Innblanding av jord fra kulefanget i den kjøpte jorden, ulik komprimering av jorden eller en påvirkning på selve sonden kan være mulige forklaringer.

Sonde 1 og 2 ligger i jorden under den tildekkede delen av kulefanget og burde vist omtrent samme verdi. 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 sunket jevnt med 12-14 prosentpoeng gjennom det halve året etter installeringen.

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.

5 Vurderinger og oppfølging

5.1 Mulige feilkilder og svakheter ved undersøkelsene

Feilkilder og svakheter ved undersøkelser som foretas, kan påvirke vurderingene som gjøres, og slike mulige forhold bør alltid belyses. Følgende forhold kan tenkes å påvirke målingene og vurderingene:

Unøyaktige målinger

Unøyaktige målinger kan forekomme som følge av feil eller unøyaktigheter knyttet til utstyret som benyttes. For å ta høyde for skader og andre feil ble det valgt å installere to fuktsensorer på tildekket del og to på utildekket del. På den tildekkede delen ser vi at noe skjedde rett etter at sensorene var installert. Første dag viste alle sensorene omtrent samme fuktnivå, men sensor 2 fikk en stigning i løpet av noen få dager som ikke var forventet. Denne stigningen er nokså åpenbart en feil. Det er pekt på mulige årsaker, men er ikke avdekket sikkert hva som er årsaken til feilen. Selv om verdiene denne sensoren måler trolig er noe for høye, viser utviklingen i fuktnivå svært godt samsvar med sensor 1. Dette gir god trygghet for at utvikling i fuktnivå fra tørt til svært tørt under tildekkingen er korrekt, selv om sensorene viser om lag fem prosentpoeng ulikt nivå.

Drensrørene for vannprøver

Det har ikke kommet noe vann ut av drensrørene der det kunne tas vannprøver. At det ikke har kommet noe vann ut av drensrøret under tildekkingen og drensrøret i bunnen av dekkklippet er ikke overraskende, men det var forventet at det skulle komme vann ut av drensrør 2 i den delen av kulefanget som ikke er tildekket. Drensrøret ble lagt med et fall på minst 2:100 hele veien mot utløpet, og hellingen ble kontrollert av to personer under utleggingen. Teoretisk sett kan det ha blitt mindre setninger under veis som kan gi noen mindre svanker der det kan hope seg opp noe vann. Dette virker imidlertid lite sannsynlig med tanke på hvor nøyaktig røret ble lagt.

Værforhold

Høsten 2024 har vært relativt normal værmessig, uten ekstreme værhendelser. Det er dermed mulighet for at spesielt ekstreme nedbørsmengder kunne medført mer vanngjennomstrømning i kulefanget. Så lenge slike ekstreme værhendelser ikke ødelegger kulefanget fullstendig, er vurderingen allikevel at en slik ekstrem hendelse i det lange løp vil bety lite for løsnings funksjon.

Jordtype

Kulefang av jord og sand kan ha svært ulik sammensetning fra skytebane til skytebane. Dette kan selvfølgelig påvirke fuktighetsforholdene i kulefanget. Særlig vil ren sand slippe gjennom mye vann. Ren sand er imidlertid omtrent ikke brukt i kulefang fordi det ligger svært ustabil og krever mye vedlikehold. De fleste steder er det heller et større innslag av jord enn sand og grus. Selv om jordsammensetningen representerer en usikkerhet, så vurderes hovedlinjene i resultatene for fuktighet i jorda å vise relevante data.

Undergrunnens beskaffenhet

Det er kun i det øverste laget i kulefanget at det med sikkerhet er jord. I området er det også mye fjell, og overdekningen med løsmasser over fjellet kan variere mye. Tett fjell vil kunne påvirke hvordan vann i grunnen beveger seg. Her er imidlertid fjellet porøst, og det antas derfor at eventuelt fritt vann i grunnen til en viss grad vil trenge ned i fjellet. Ulikhetene mellom fuktregistreringene fra sensor 3 og 4 kan muligens skyldes med varierende

løsmassetykkelse over fjell, selv om løsmasse-overdekningen over sensorene trolig også spiller en viktig rolle.

Tidsaspektet

Testskyting, fuktmålinger og forsøk på å ta vannprøver har kun foregått et halvt år. Ideelt skulle testingen foregått over minst et par hele sesonger for å få et sikrere resultat.

5.2 Vurderinger av løsningen

5.2.1 Forbedringspunkter

Tiltakene som er utført på kulefanget har kun ligget der i et halvt år. Dette er for kort tid til å være sikker på hva som fungerer og hva som ikke fungerer. Inntrykket er imidlertid at dreneringsløsningen i toppen av kulefanget fungerer godt. Bentonittmembranen og dekkklippet ser også ut til å ligge stabilt. Med bakgrunn fra kulefanget på PNB antas det at dekkklipp og membran vil fungere i mange år.

Den største usikkerheten knyttet til løsningen handler om presenningen som ligger over dekkklippet. Som forventet medførte skyting hull i presenningen, men selv om det var noen hull her har det ikke kommet noe vann i dreneringsrøret som ligger i bunnen av dekkklippet. På noe sikt vil det være nødvendig med en løsning for enkel utbedring av tildekkingen i de sonene der det blir mest hull. En ramme av tre rundt treffsonen for hver skive, der det kan festes en naturgummi-duk vil kunne gjøre de enkelt å utbedre denne sonen. En liknende løsning er etablert på granulatkulefanget til Randsfjord skytterlag, og anses å fungere godt.

Etter noen års bruk vil det være nødvendig å skifte presenningen i sin helhet. Presenningen er nå holdt fast i toppen av pukken i dreneringsgrøften. Dette er en løsning som neppe er holdbar nok i mange år. I toppen vil det på sikt være behov for å finne en løsning for enkelt å hekte på en ny presenning.

For å hindre at vann renner inn gjennom hullene i presenningen/duken over dekkklippet, så burde kulefanget hatt en forhøyning på dekkklippet der hoveddelen av kulene slår inn. En slik forhøyning ville ledet overflatevannet rundt hullene ved kuleinnslaget. Eventuelt kan en gunstig utformet tre-ramme under duken, rundt innslagspunktene, også ha samme funksjon.

5.2.2 Vedlikeholdsbehov

De to åpenbart mest hyppige vedlikeholdspunktene er som nevnt lapping av duken ved kuleinnslaget, og utskifting av hele presenningen med anslagsvis 2-3 års mellomrom. Det kan etter hvert også bli behov for noe påfylling av dekkklipp i treffsonene for å hindre at dekkklippet brytes så mye ned at kulene kommer helt inn til bentonittmembranen. Ved påfylling oppnås også at det blir en forhøyning i treffsonene som bidrar til å hindre vanninntrengning.

Vedlikehold i form av lapping i treffsonen, og bytting av presenning, innebærer ikke store kostnader, men vil medføre en del arbeid. Materialkostnadene anslås til rundt kr. 10 000,- inkl mva. årlig i gjennomsnitt, forutsatt at forbedringspunktene i forrige avsnitt er utført.

5.2.3 Fremtidig sanering av dekk-klippkulefang

Et kulefang med dekk-klipp som energidempende materiale kan ha svært lang levetid. Det kan fylles på nytt dekk-klipp i mange omganger til et stadig tykkere lag. Mens jord og sand ikke er stabilt over 30-35 graders helning, kan dekk-klippet stå stabilt med en helning på opp mot 60 grader. Dette bidrar også til at det er mulig å fylle på et tykt lag uten at foten på kulefanget kommer nærmere skivene.

Selv om levetiden til et dekk-klippkulefang er lang, så vil det på ett eller annet tidspunkt bli aktuelt å sanere kulefanget. Hvordan dekk-klipp med innhold av kule-rester skal behandles i fremtiden er vanskelig å forutse, da det har vært og er stadig utvikling i krav til håndtering av materialer som inneholder tungmetaller. I dag benyttes dekk-klipp i stor grad til fyring i forbindelse med produksjon av sement. Levert fra Ragn-Sells i Bamble er dekk-klipp et produkt, men dekk-klipp som har vært i et kulefang kan bli vurdert som avfall, selv de delene av dekk-klippet som ikke inneholder nevneverdige mengder bly. Sannsynligvis vil det kunne aksepteres å sortere ut de mest forurensede delene av dekk-klippet og levere dette til deponi, mens de reneste delene av dekk-klippet kan leveres til forbrenning. Hvordan dette vil bli noen år frem i tid representerer kanskje den største usikkerheten knyttet til totaløkonomien ved bruk av dekk-klipp i kulefang.

5.3 Miljømessige vurderinger

5.3.1 Mulighet for utlekking fra tildekket kulefang

I forbindelse med etablering av «ECHA-godkjent» kulefang på Ringerike skytterlag sin bane sommeren 2024, ble det utført testskyting på dekk-klipp. Dette dekk-klippet var plassert i en kasse med glass på siden og skudd ble filmet med høyhastighetskamera. Undersøkelsene viste at kulene kan gå så mye som 50-60 cm horisontalt inn i dekk-klippet. Ett skudd som traff høyt oppe i kassen gikk tvers gjennom tre-boksen (18 mm kryssfiner) etter å ha gått gjennom ca. 20 cm dekk-klipp. En kule stoppet i kryssfineren (nesten gjennom) etter å ha gått gjennom ca. 45 cm dekk-klipp. Når kulene treffer i dekk-klippet separeres mantel og bly. Det gjenfinnes i hovedsak mantel-deler, men også noen blyklumper. Det blir mye synlig blystøv på dekk-klippdelene når man graver seg innover i massene. Filmingen med høyhastighetskamera viste at blystøvet i hovedsak blir værende 20-40 cm inne i dekk-klippet (Rieber, Miljøriktige kulefang - Kulefang som oppfyller ECHA sine krav, 2025). Så snart blystøvet utsettes for noen grad av fuktighet i lufta, korroderer blystøvet og binder seg til en relativt fast masse. Dette kan være mye av årsaken til at det er helt ubetydelige mengder bly i avrenningsvannet fra skytebanene på PNB. Med tildekking av dekk-klippet i tillegg, og jevnlig vedlikehold av denne tildekkingen, anses risikoen for avrenning av bly fra kulefanget som svært liten.

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, og trenden er fortsatt uttørking. Uten tilgang til vann er det ingen mulighet for utlekking av bly fra det gamle kulefanget. Med så tørt kulefang, vil også korroderingen opphøre. Dette innebærer at tiltakene med drenering i overkant, og tildekking av kulefanget med vanntett membran, er et svært godt tiltak for å sikre mot avrenning fra gamle kulefang av jord og sand.

Konklusjonen fra testene blir at tildekking og drenering av sigevann er ekstremt effektivt for å stoppe korrosjon og mulighet for avrenning fra eksisterende kulefang, samtidig som den testede oppbygningen oppå er godt egnet som nytt kulefang så lenge løsningen vedlikeholdes systematisk.

5.3.2 Mulighet for utlekking fra ordinært kulefang

NIVA konkluderte i 2009 med at mindre enn 1% av årlig tilført bly i tradisjonelle kulefang av jord og sand lekker ut til omgivelsene, og at fortynningen i bekker skjer svært raskt til ubetydelige konsentrasjoner (Rognerud, Avrenning av metaller fra tre geværskyttebaner, 2009).

Observasjonene vi har gjort i Asker dette halvåret er at nedbør fukter opp jorden i kulefanget og 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. Total mangel på dreinsvann gjennom hele halvåret indikerer at vanngjennomstrømningen i et kulefang som dette, med stigning på minimum 30 grader, er relativt liten. På bakgrunn av den markante oppfuktingen gjennom høsten, forventes det at vanngjennomstrømningen vil bli størst i smelteperioden til våren, og at det er i den perioden det eventuelt kan forekomme dreinsvann.

Tidligere forskning har vist at bly i all hovedsak transporteres bundet til partikler i overflatevann, og at det stort sett bare er i porøs sandjord at bly transporteres vertikalt mot grunnvannet i noen grad. Under norske forhold kan vi derfor forutsette at det er transport av bly med overflatevann som i noen grad kan representere spredning av blyforurensning til omgivelsene.

Tester vi har utført med skyting på kulefangmasser av maskingrus, indikerer 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 grus. Kulefang med grus i overflaten får raskt store hull i treffsonen, mens kulefang med seig jord får slike hull i noe mindre grad. Det forventes derfor at en vil finne de høyeste konsentrasjonene av bly litt lenger inn i kulefang av jord. Dermed anses det som sannsynlig at det kan være større avrenning av bly fra kulefang av grus og sand enn av kulefang med seigere jord.

Selv om mange forhold varierer vesentlig fra sted til sted, så kan vi med relativt stor sikkerhet slå fast at tiltak som hindrer overflateavrenning fra kulefang vil være effektive for å hindre spredning av bly fra kulefang til omgivelsene. Løsninger for begrenset inntrengning av regn og sigevann kan dermed ha stor betydning for avrenningen fra kulefang. Tiltak for å avlede overflatevann og sigevann (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.

5.4 Videre arbeid

Aktivitetene som er gjennomført i 2024 planlegges fulgt opp gjennom vinteren og frem til sommeren 2025. Oppfølgingen kan gi viktige svar på om løsningene er robuste nok i norske vintere, og hvilke forbedringer som er nødvendige.

Med bakgrunn i erfaringer og resultater fra kulefangprosjektet i 2022, og forsøk som er gjennomført i 2024, er det ønskelig å prøve ut flere konkrete tiltak på eksisterende kulefang. Gjennom utprøvinger og målinger skal effekten av ulike tiltak evalueres. Hovedfokus vil være på bly. Det legges opp til å teste 2-3 alternative løsninger for utbedring av eksisterende kulefang. Det er ønskelig å teste 1-2 løsninger med utgraving av kulefang, etablering av bunntetting og reetablering av kulefang med overdekning i tråd med de foreslåtte kravene fra ECHA. Testingen vil kreve at det gjøres unntak fra de generelle bestemmelsene om graving i forurensede masser. Det må derfor tidlig innledes dialog med Miljødirektoratet og Statsforvalteren om gjennomføring av slike forsøk med tiltak på eksisterende kulefang.

Videre er det aktuelt å utvikle enkle tak/tildekkings-løsninger for å hindre vann-inntrenging i kulefang. Løsninger for avrenningskontroll, testing av dremsvann og evaluering av oppfølgingsregimer er også aktuelt.

I prosjektets siste fase, planlegges det utarbeidelse av veiledningsmaterieil om miljøriktig utforming av kulefang, basert på undersøkelser og erfaringer som er gjort tidligere i prosjektet. Veiledningsmateriellet vil bli «levende» dokumenter som vil ha behov for oppdateringer løpende i årene som kommer, etter hvert som man får mer og mer erfaring med nye løsninger.

6 Referanser

- Rieber, D. (2023). *Miljøriktige kulefang - Testing av stålkulefang*. Oslo: Det frivillige Skyttervesen.
- Rieber, D. (2023). *PNB - Undersøkelse av utendørs kulefang med dekk-klipp*. Oslo: Rieber Prosjekt AS.
- Rieber, D. (2025). *Miljøriktige kulefang - Kulefang som oppfyller ECHA sine krav*. Oslo.
- Rognerud, S. (2005). *Konsentrasjoner av metaller i bekker og sig som avvanner sivile skytebaner*. Oslo: Norsk institutt for vannforskning.
- 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.
- Ulland, V. (2023). *Datarapport - Miljøovervåking*. Oslo: Cowi AS.