

2020 12
FREDRIKSTAD KOMMUNE

HUNNEBUNN SEDIMENTANALYSER OG RISIKOVURDERING AV BOBLEANLEGG



2020 11
FREDRIKSTAD KOMMUNE

HUNNEBUNN SEDIMENTANALYSER OG RISIKOVURDERING

FORSIDEBILDE AV VARVIGE SEDIMENTER I HUNNEBUNN, SAMLET I AUGUST 2020.

OPDRAGSNR.	DOKUMENTNR.				
A202406					
VERSJON	UTGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET	KONTROLLERT	GODKJENT
00	06.11.2020		Aud Helland og Wolfgang Uhl Tom Tellefsen	Carsten Jürgensen (COWI) Solveig Kolberg (Fredrikstad commune)	
01	14.11.2020		Aud Helland og Wolfgang Uhl Tom Tellefsen		
02	18.12.2020		Aud Helland og Wolfgang Uhl Tom Tellefsen	Tom Tellefsen	Stein Broch Olsen

INNHOOLD

1	Bakgrunn og målsetting	6
2	Områdebeskrivelse	7
2.1	Geografi	7
2.2	Tilførsler av næringsalter	7
3	Materiale og metode	11
3.1	Sedimenter	11
3.2	Analyser	12
3.3	Risikovurdering	14
4	Resultater	15
4.1	Beskrivelse av sedimentene	15
4.2	Resultat fra sekvensiell analyse og diskusjon	18
4.3	Risikovurdering trinn 1: klassifisering av miljøkvalitet	21
4.4	Risikovurdering trinn 2.	25
5	Diskusjon	34
6	Vurdering av mulige tiltak og anbefalinger	38
7	Oppsummering og konklusjoner	40
8	Referanser	41
9	Vedlegg	43

1 Bakgrunn og målsetting

Hunnebunn (Vann-nett kode: 0101010403-C) er et viktig rekreasjonsområde for Fredrikstads og Sarpsborgs innbyggere, med blant annet Vispen badeplass og flere småbåtanlegg. Området preges tidvis av store vannmiljøutfordringer. Fredrikstad kommune har vedtatt en **handlingsplan** for Hunnebunn (2019-2022) som omfatter både brukermål og miljømål. Brukermålet er å opprettholde god badevannskvalitet (retningslinjer gitt av Folkehelseinstituttet). Mens miljømålet er å overholde Norges forpliktelser i Vanndirektivet om at alle naturlige vannforekomster skal oppnå god eller svært god økologisk tilstand og minst god kjemiske tilstand, eller tilbake til naturtilstand, innen 2021. Naturtilstanden til Hunnebunn er ikke kjent, men det er sannsynlig at anoksisk sone lå dypere i tidligere tider.

Ved å oppfylle miljømålet vil rekreasjonsverdiene i og langs Hunnebunn, herunder fiske, estetikk og lukt ivaretas.

Som ledd i å nå målene for Hunnebunn har Fredrikstad kommune engasjert COWI til å gjøre følgende utredninger, i henhold til tilbud av 20.04.2020:

- > Kartlegge miljøtilstanden i Hunnebunn
- > Risikovurdering av miljøgifter påvist i sedimentene
- > Endringer i risikobildet ved endringer i oksygenforholdene i vannmassene
- > Beregning av spredning av miljøgifter og næringsstoffer fra sedimentene før og etter oksygenering
- > Vurdere om bobleanlegg bør utprøves i vannmassene.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Geografi

Hunnebunn ligger nord for Tosekilen og forbindes med denne gjennom en nesten 2 km langt sund. Sundet er ikke mer enn drøye 20 m bred på det smaleste i Talbergsundet. Kanalen har en smal sentral renne med vanddyp på ca 1 til 1,5 m, noe som gjør det mulig for småbåter å ferdes inn og ut av Hunnebunn. Talbergsundet blir stadig grunnere og har derfor vært mudret ved flere anledninger. De to siste mudringene var en gang på 1950-tallet og igjen i 1977. Båttrafikken gjennom sundet virvler stadig opp sedimentene i sundet.

Største vanddyp i Hunnebunn er 11 m. Dypere enn 6 m er vannmassene uten oksygen, og derved uten bunnfauna. Siden Hunnebunn er et svært lukket og grunt fjordsystem, er det spesielt utsatt for algeoppblomstringer og tilgroing.

2.2 Tilførsler av næringsalter

Den naturlige eutrofieringsprosessen har akselerert de senere år grunnet tilførsler av næringsstoffer fra avløp og omkringliggende landbruk både rundt Hunnebunn og i Talbergsundet. Åpenbare tilførselspunkt er de to bekkene Hunnbekken i nord og Brandstorpbecken i øst (Figur 1). Ved store nedbørmengder har pumpestasjonen ved Hunnbekken til tider vært overbelastet, noen som har ført til at urensset kloakk til tider gikk i overløp ut i bekken (NIVA 2020). Ifølge Fredrikstad kommune har utbedring av ledningsnett gitt god effekt. Brandstorpbecken har tilsig/utslipp fra omkringliggende gårdsdrift. Ved en undersøkelse i 2019 ble det påvist fekal forurensning av *E. coli* i alle ferskvannsprøver fra bekker med tilsig til Hunnebunn, samt i de fleste salt-/brakkvannsprøvene fra Hunnebunn og Talbergsundet (Paruch & Paruch, 2019). Noen enkeltprøver viste høye verdier av *E. coli*, men generelt viste prøvene svært god til god badevannskvalitet i henhold til EUs badevannsdirektiv. I tillegg er det flere tilsig og rør som fører overvann ut i Hunnebunn (Figur 1). Ved Hestabonn (rett nord for Hestadypet) sørøst i pollen forelå det på 50-70-tallet et mekanisk utblandingsanlegg for kloakk med overløp rett ut i Hunnebunn. Dette resulterte i helt død sjøbunn den gang. Anlegget eksisterer ikke lenger.

Det høye innholdet av næringsstoffer i vannet fører til voldsom algevekst både i de frie vannmassene og på bunnen langs strendene. Den påfølgende nedbrytning av organisk materiale i bunnen av pollen, vil over tid tappe bunnvannet for oksygen, og det produseres hydrogensulfid (H_2S) som frigjøres til vannmassene. Vinddrevet sirkulasjon av vannsøylen vil kunne transportere svovelholdig vann fra bunnen til toppen av pollen. Dette fenomenet har gitt flere episoder med sterk, ubehagelig lukt ("råtne egg") i området rundt Hunnebunn med påfølgende klager fra beboere i området. Lukten er en indikator for at hydrogensulfid kommer til overflaten ved sirkulasjon av vannmassene i Hunnebunn. Ifølge nettsiden for Hunnebunn er det rapportert om episoder med

svært sterk H₂S-lukt, noe som tyder på en større utskifting av de anoksiske vannmassene.

Foruten tidvise tilførsler av næringsrikt bunnvann til de oksiske vannmassene skjer det sannsynligvis også en tilførsel fra de grunne områdene ved oppvirvling av sjøbunnen ved lavvann, kombinert med vind og bølger (Figur 2).

I tillegg foregår det avrenning fra dyrket mark til Talbergsundet (Figur 3) som forsyner Hunnebunn med suspendert stoff og næringssalter ved flo sjø.

Hunnebunn er et yndet beiteområde for fugl, som bidrar med avføring og derved næringsstoffer til vannmassene. Det er talt så mange som 250 knoppsvaner på det meste, og mer enn 100 skarv. Svanene lever godt av bunnlevende vegetasjon langs strandsonen, mens skarven beiter på fisk i de øvre oksiske vannmassene. Hunnebunn har tidvis store forekomster av sjøørret, og Hunnbekken er ørretførende. Hunnebunn ved utløpet av Hunnbekken er et av mange områder i Østfold som er totalfredet for fiske etter anadrom fisk (laks og sjøørrett) (Forskrift av 2017). I år med stor nedbør går sjøørreten også opp i Brandstorbekken. Det gjøres nå tiltak for å bedre bekkens gyteforhold, med blant annet utbedring av vegetasjonssonen.

I følge Staalstrøm og Yakushev (2020) utgjør de anoksiske vannmassene fra ca 6 m til 11 m vandyp et stort lager av næringsstoffer, det er registrert høye konsentrasjoner av ammonium (NH₄) og fosfat (PO₄). Ved ca 4 m dyp, mellom de anoksiske vannmassene på 6 m og sprangsjiktet i saltholdighet ved ca 2 m, er det påvist svært høy oksygenkonsentrasjon i vannmassene. Dette tyder på en høy primærproduksjon som følge av algeoppblomstring. Staalstrøm og Yakushev (2020) angir reservoaret av næringssalter i bunnvannet som en mulig næringskilde for planktonalgene.



Figur 1. Flyfoto av Hunnebunn 2019 (1881 Historiske kart). Blå stjerner viser utløpet av Hunnebekken i nord og Brandstorpbecken i sør. De gule stjernene viser utløp av mindre bekker/sig og eller sannsynlige rørledninger. Sistnevnte antagelse er fra gjennomgang av historiske bilder, fra 1947 til 2019.



Figur 2. Flyfoto av Hunnebunn 2007 (1881 Historiske kart). Da dette flyfotoet ble tatt var det stor vannføring i Brandstorpbecken (materialetransporten ut i Hunnebunn kan tydelig sees), vannstanden var lav og vind og bølger fører til oppvirvling av sjøbunnen i de grunne områdene (sees tydelig helt sør i Hunnebunn). Den gule ringen markerer Hestedypet, et lokalt lite basseng sør for Hestabonn, hvor vanddyppet er 9 m.

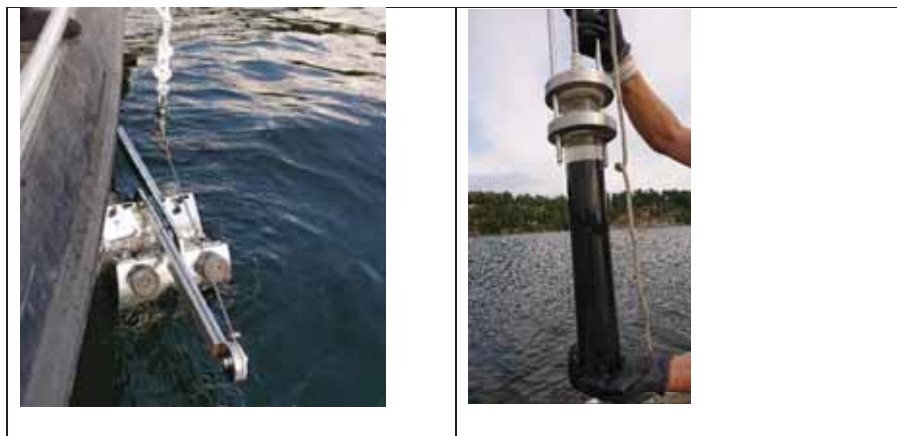


Figur 3. Flyfoto fra Talbergsundet 2007 (1881 Historiske kart), som tydelig viser tilførsler til sundet fra bekken gjennom jordbruksområdene.

3 Materiale og metode

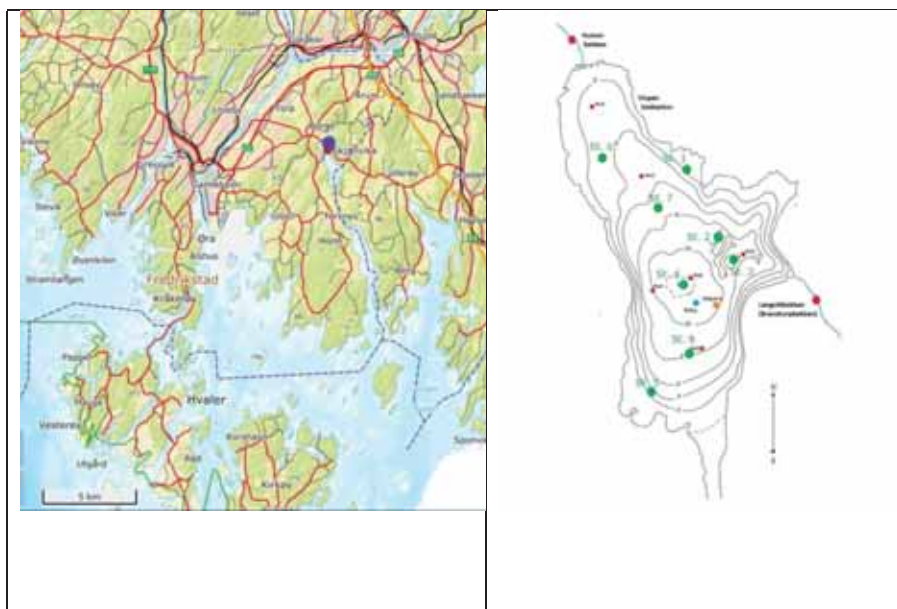
3.1 Sedimenter

Innsamling av bunnsedimenter ble utført 20 august 2020. Det ble benyttet en liten van Veen KC grabb (250 cm²) og en HTH kjerneprøvetaker operert fra lettbbåt (Figur 4).



Figur 4. Utstyr benyttet for sedimentprøvetaking i Hunnebunn 20.08.2020, KC grabb til venstre, HTH kjerneprøvetaker til høyre.

Det ble samlet inn sedimentprøver fra totalt 7 stasjoner (Figur 5). I avtale med Fredrikstad kommune ble stasjon 2 sløffet i programmet, da denne lå relativt nær stasjon 3.



Figur 5. Kartet til venstre viser geografisk plassering av Hunnebunn (blått symbol). Høyre figur viser stasjoner for prøvetaking av bunnsedimenter (grønne

symboler) i Hunnebunn 20.08.2020. Alle stasjoner ble prøvetatt med unntak av st. 2.

I henhold til Miljødirektoratets veileder M-409/2015 *Risikovurdering av forurensede sediment* ble det samlet prøver fra fire parallelle grabbhugg eller kjerner fra hver stasjon.

Det ble benyttet grabb på de grunneste stasjonene, stasjon 1 ved Skjærviken marina, stasjon 6 SØ for Vispen badeplass og stasjon 7 SØ for Skjærviken. Ved økende vanddyb og økende anoksi ble sedimentene stadig bløtere, vanninnholdet økte. Fra 6 m vanddyb ble derfor HTH-kjerneprøvetaker benyttet. Det var nødvendig å utføre kjerneprøvetakingen med minst mulig vekt på prøvetakeren. Dette ga svært gode kjerner med klar vannfase over sedimentene og minimalt med forstyrrelser av topplaget.

De øvre 10 cm av sedimentene ble tatt av fra hver sedimentkjerne /grabb og blandet til en prøve for kjemiske analyser.

3.2 Analyser

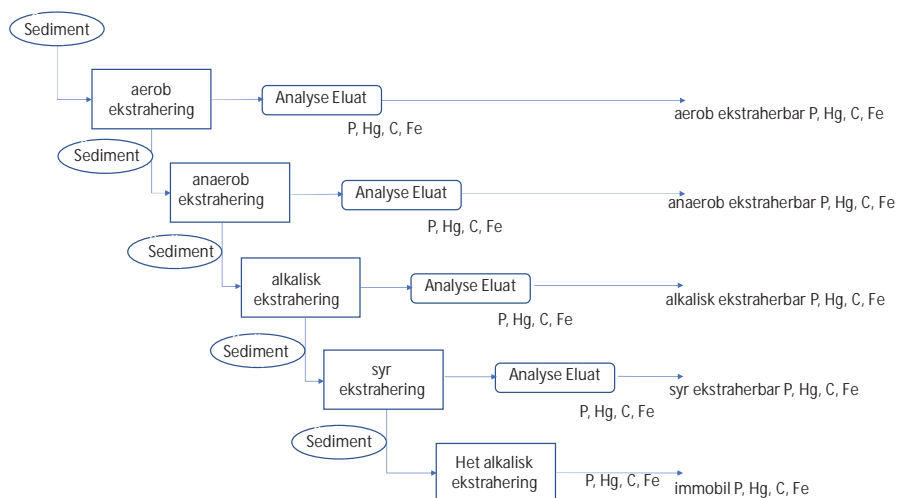
3.2.1 Direkte sedimentanalyser

Prøvene ble holdt kjølig i bagger under feltarbeid og i kjøleskap natten over før de ble levert til Eurofins Agro Testing Norway AS laboratorium på Kambo i Moss. Her ble prøvene analysert for arsen (As) og tungmetallene kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn) samt organiske miljøgifter: 7 PCB-kongener (polyklorerte bifenyler), 16 PAH-forbindelser (polyaromatiske hydrokarboner) og TBT (tributyltinn). I tillegg ble prøvene analysert for TOC (total organisk karbon), kornstørrelser >2µm og >63µm, samt tørrstoffinnhold.

3.2.2 Sekvensielle analyser

For å få en forståelse av i hvilken grad nærings- og giftige stoffer, og da først og fremst fosfor, og kvikksølv, kan bli mobilisert om det igangsettes en vertikal blanding av vannmasse ved hjelp av et bobleanlegg, benyttes en sekvensiell analysemetode. Metoden ble utviklet av Psenner (1984) for sekvensering av fosfor og er skissert i Figur 6: Flytskjema for sekvensiell analyse Figur 6.

I foreliggende undersøkelse er sedimentprøver fra stasjon 4 (Figur 5) benyttet. Prøvematerialet tilgjengelig for analysen utgjorde en blandprøve av sedimentet fra 4 parallelle kjerner fra stasjonen (jfr kap. 3.1). Blandprøven ble splittet i to, hvorav den ene delprøven ble sekvensert for fosfor og den andre delprøven ble sekvensert for kvikksølv, jern og organisk karbon (TOC).



Figur 6: Flytskjema for sekvensiell analyse

Resultat fra fraksjoneringen angis i masse stoff (fosfor, kvikksølv, jern, TOC) per g sediment og man får følgende fraksjoner vist i Tabell 1.

Tabell 1. Trinnene i en sekvensiell analyse av fosfor og kvikksølv utført på sedimenter fra Hunnebunn samlet inn august 2020.

Fraksjon	Trinn	Sekvensiell frigjøring av fosfor, kvikksølv, jern, og TOC.
1	Aerob ekstrahering	Mobil mengde i porevann
2	Anaerob ekstrahering	Mengden som kan bli mobilisert når sedimentet blir (enda mer) anaerob, dvs. andelen av stoffene adsorbent til jern- og manganhydroksider
3	Alkalisk ekstrahering	Mengden adsorbent til aluminium og i komplekser med humusstoffer frigjøres i dette trinnet fordi humusstoffer blir løst. Stoffene kan bli frigjort i miljøet hvis pH skulle øke ved luftbobling
4	Syre ekstrahering	Mengden som blir frigjort hvis pH synker ved luftbobling
5	Varm alkalisk ekstrahering	Mengden som er helt immobil

3.3 Risikovurdering

En risikovurdering trinn 1 og 2 er gjennomført i henhold til Miljødirektoratets veileder M-409/2015.

Trinn 1 består i å sammenholde konsentrasjonene av metaller og organiske miljøgifter med grenseverdier gitt i Miljødirektoratets veileder M-608/2016, for på den måten å klassifisere sedimentene i fem mulige kategorier (tilstandsklasse 1 til 5) (Tabell 2). Grenseverdiene er basert på økologiske effekter av stoffene, ikke effekter på human helse.

Tabell 2. *Klassifiseringssystem for vann og sediment i hht. Miljødirektoratets veileder M-608/2016. 1) AF: sikkerhetsfaktor*

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved kort-tidseksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC _{akutt}	Øvre grense: PNEC _{akutt} * AF ¹⁾	

Dersom grenseverdien for tilstandsklasse 2 overskrides må man gå videre til trinn 2 risikovurdering. Trinn 2 har som mål å bedømme om risikoen for miljø- og helsemessig skade fra sedimentet er akseptabel eller ikke. I trinn 2 bedømmes den risikoen sedimentene utgjør i forhold til miljømål og tilhørende akseptkriterier for området.

4 Resultater

4.1 Beskrivelse av sedimentene

På de grunne stasjonene (3 m vanddyb) ble det registrert liv på bunnen, levende blåskjell voksende på ålegras (Figur 7), samt rør av børstemark som stakk opp til sedimentoverflaten. Funnet av ålegras er i overensstemmelse med registreringer i naturbase: indre del av Hunnebunn har en svært viktig ålegraslokaltet (ID: BM00057232). Lokalteten er bestemt ut fra modellering (2008).



Figur 7. Blåskjell voksende på sjøgress, kom opp med grabben ved prøvetaking på stasjon 6 ved Vispen badeplass i Hunnebunn august 2020.

Ekkolodd med "Fish finder" viste stimer av fisk ned til ca 6 m vanddyb. Under dette dypet ble det ikke registrert fisk. Dette stemmer med NIVAs modellering (Staalstrøm og Yakushev, 2020), at anoksiske vannmasser forekommer fra ca 6 m dyp og videre nedover. Dette ble også bekreftet under sedimentprøvetakingen. Ved 6 m vanddyb og dypere var sedimentene svarte, luktet H_2S og var uten liv.

Sedimentene ned til ca 4 m vanddyb hadde noen få millimeter (ca 3 mm) brunt oksisk sediment i overflaten etterfulgt av svart anoksiske sediment (lukt av H_2S). Fra 6 m vanddyb og nedover besto sedimentene av et øvre ca 5 mm "fluffy" organisk lag, etterfulgt av svart organisk slam med høyt vanninnhold ned til ca 8 cm. Sedimentene ble noe fastere fra ca 8 – 10 cm. Fargen gikk fra svart til gradvis grå fra ca 10 cm ned til 30 cm. Ved ca 40 cm var sedimentene grå.

Det ble registrert "varvige" sedimenter på alle stasjoner fra 6 m og dypere (Figur 8). Varvige sedimenter viser at sedimentene ikke er forstyrret av biologi (gravende organismer). Varvene viser sykluser i avsetning, sannsynligvis årssykluser. I prinsippet kan man telle årssykluser (som årringer i trær) og derved bestemme alderen.



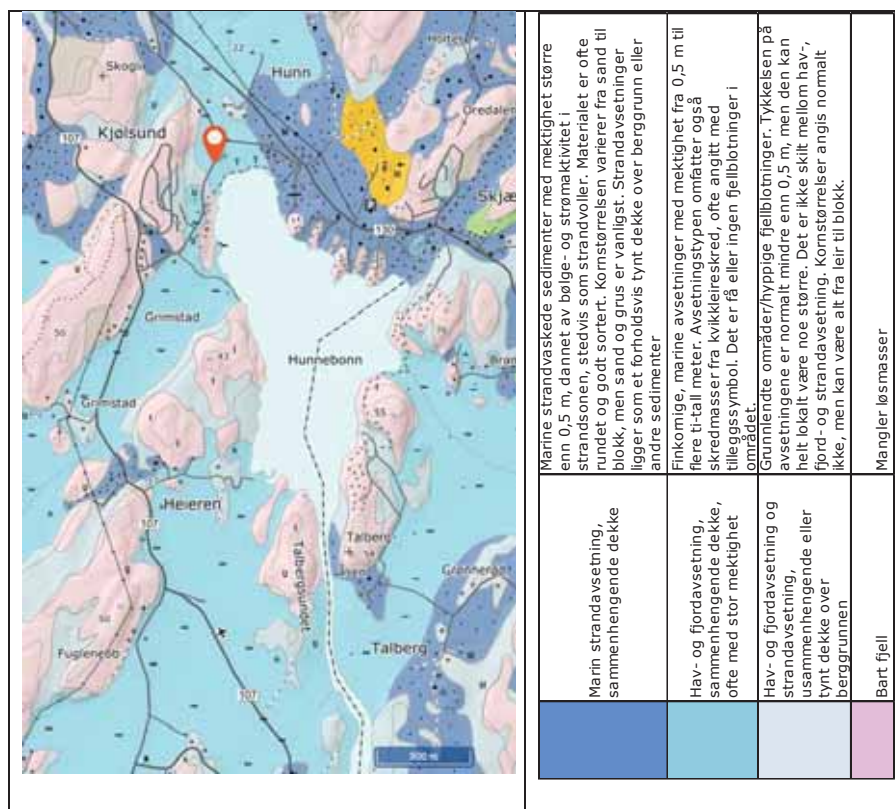
Figur 8. Varvige sedimenter i Hunnebunn i anoksisk sone, dypere enn 6 m. Fra innsamling av prøver 20.08.2020.

En beskrivelse av sedimentene hentet fra de 7 stasjonene er gitt i Tabell 3.

Tabell 3. Beskrivelse av sedimenter hentet fra 7 stasjoner i Hunnebunn 20.08.2020.

Stasjon:	Lengde av sediment profil:	Grabb/ lengde på kjerne	Vannndyp:	Beskrivelse av sedimentprofil:
St.1 Skærviken marina	0-10 cm	Grabb	2 m	2-3 mm løst svart organisk lag i toppen, deretter finkornet marin leire . Farge endres til lysere grå ved 10 cm. Kraftig hydrogensulfid lukt. Grabb nr 2-4 er lik første grabb. Skjellrester av blåskjell.
St.3 Hestedypet	0-10 cm	0-40 cm	9 m	kjerne 1 - 1 cm løst svart organisk lag, 1-30 cm svart varvig anoksisisk sediment og 30-40 cm glir sedimentets profil gradvis over i grå marin leire. Det ble tatt ut 4 like kjerner. Varvige sedimenter.
St.4 Hunnebunn	0-10 cm 0-2 cm	0-42 cm	11,2m	0-0,5 cm nyavsatt løst svart organisk materiale, 0,5-7 cm svart anoksisisk sediment, 7-20 cm gradvis lysere grått sediment med økende dyp i profilen. 20->40 cm lys grå marin leire. De neste 5 kjernene er helt like. Grunnet høyt vanninnhold ble det samlet 6 kjerner for kjemiske analyse. 4 kjerner for analyser av metyl-Hg og Fosfor. Varvige sedimenter.
St.5 Heleren brygge	0-10 cm	0-12 cm	2,8 m	Kjerne 1 - 0-2 cm organisk rikt svart sediment med børstemark. 2-11 cm lys grå siltig leire. Kjerne 2 hadde i tillegg litt marint palnteliv i toppen, men eller lik kj.1, 3-4.
St.6 SØ for Vispen badeplass	0-10 cm	Grabb	2,5 m	De øvre 2 mm utgjøres av svart organisk rikt sediment. Deretter gråsvart siltig leire helt ned i det anoksiske sedimentet. Noen rør fra børstemark sees. Grabb 2 og 3 er helt lik, mens grabb 4 kommer opp med vegetasjon og nedslag av årets blåskjell.
St. 7 SØ for Skjærviken marina	0-10 cm	Grabb	6,5 m	Veldig bløtt sediment med et 2-3 mm tykt topplag med svart organisk rikt sediment. Under topplaget er sedimentet svært bløtt anoksisisk grå marin leire. De 3 påfølgende grabbskuddene er identisk med første grabb.
St. 8 i renna mot Talbergsun- det	0-10 cm	0-30	7,8 m	0-1 cm løst svart organisk rikt lag, deretter 1-30 cm med svarte varvige anoksiske sedimenter. De neste 4 kjerne-skuddene er helt like. Varvige sedimenter

Kornfordelingsanalysene viste at de innsamlede sedimentene var svært finkornet, 88% til 97% var mindre enn 63µm, og karakteriseres derfor som silt og leire. Andelen leire (<2µm) ble ikke analysert. Ofte er det en sammenheng mellom vannndyp og kornstørrelse, ved at sedimenter på dypt vann er mer finkornet enn sedimenter på grunt vann. Dette ble ikke registrert i Hunnebunn, noe som viser at Hunnebunn er et skjermet område hvor tilførselen av partikler i hovedsak kommer fra omkringliggende jordbruksområder. Jordbruksområdene består av marine avsetninger av varierende mektighet (Figur 9). Hunnbekken og Brandstorpbecken renner gjennom områdene som har de mest finkornede avsetningene med størst mektighet (lys blå farge i Figur 9).



Figur 9. Løsmassekart over området rundt Hunneboonn. (NGUs Nasjonale løsmassedatabase).

4.2 Resultat fra sekvensiell analyse og diskusjon

Resultatene for fosfor, kvikksølv, jern og organisk stoff (total organic carbon – TOC) er sammenstilt i Tabell 4.

Total konsentrasjon av ekstraherbart fosfor på 877µg/g i sedimentet ansees som høy (jfr. Tabell 4). Med et tørrstoffinnhold (TS) på 17,2% tilsvarer dette omtrent 146mg fosfor/L. Den største andelen (80% = sum fraksjon 1-4)) kan vurderes som mobil, dvs. den kan frigjøres hvis de kjemiske forholdene ved bunnen endrer seg.

Ekstraherbart fosfor i porevannet og fraksjonen som eventuelt bli mobilisert, hvis situasjonen endres til enda mer anoksisk (fraksjon 1 og 2), er de to minste med bare 34 og 80µg/g. Fraksjonene som er mobiliserbar ved høy pH, dvs. er assosiert med humus og med aluminium oksider (fraksjon 3) er den største. En del av denne kan løses ut hvis pH øker. Fosforfraksjonen bundet til jern og mangan utgjør 248 µg/g er også relativ stor, og en del av den kan bli mobilisert hvis pH går ned. Dette betyr at ved en eventuell luftbobling må det sikres at forholdene endrer seg slik at frigjort fosfor blir immobilisert. Dette kan man oppnå ved å tilfører 2-verdig jern(II), som under oksiske forhold blir oksidert til 3-verdig jern(III) og danner jernhydroxider. Disse adsorberer fosfor som derved blir immobilisert.

Analyser av prøveekstraktene viste at konsentrasjonen av kvikksølv ligger under deteksjonsgrensen på 0,001µg ekstraherbar Hg per sediment i tre av fire fraksjoner, og ved deteksjonsgrensen i den immobile fraksjonen. Bare i fraksjonen bundet til komplekser med humus (fraksjon 3) ble det målt kvikksølv over deteksjonsgrensen, med en konsentrasjon på 0,007µg/g. Dette er i overensstemmelse med kjennskap til at kvikksølv blir godt bundet til humin- og fulvinstoffer (Lambertsson & Nilsson, 2006). Når man oppsummerer all ekstraherbar (og eventuell mobiliserbar) kvikksølv er summen <0,01µg/g, hvilket er mindre enn totalkonsentrasjonen på 0,067µg/g (målt ved samme prøvestasjon (st. 4), jfr. Tabell 6). De påviste konsentrasjonene av kvikksølv er langt under PNEC (Predicted No Effect Concentration) – se kapittel 4.3.2. Samtidig viser den sekvensielle ekstraksjonen at man kan immobilisere kvikksølv hvis pH i sedimentet senkes litt.

Tabell 4: Sekvensielle ekstraherbare fraksjoner per g tørt sediment (TS). Sedimentet analysert hadde en TS på 17,2 %

Fraksjon	Type ekstrakt	Fosfor [µg/g]	Kvikksølv [µg/g]	Jern [µg/g]	TOC [mg/g]
1	i porevann	34	< 0,001	44	0,35
2	P Mobil ved anaerobe forhold	80	< 0,001	700	5,20
3	P Bundet kompleks med humus og aluminium; eventuelt mobil når pH øker	345	0,007	435	5,20
4	P Bundet med jern og mangan; evt mobil når pH senkes	248	< 0,001	1.273	0,70
5	P immobil (Het alkalisk ekstrahering)	170	0,001	202	3,82
Sum 1-5	Sum total ekstraherbart	877	< 0,011	2.654	15,26
Sum 1-4	Sum eventuell mobil (fraksjoner 1-4)	707	< 0,010	2.452	11,44

Den høyeste konsentrasjonen av ekstraherbart jern ble funnet i fraksjon 4, fordi jernhydroxid løses opp når pH senkes ekstremt. Samtidig er konsentrasjonen i fraksjonen som kan bli mobilisert ved anaerobe forhold (fraksjon 2) relativ stor. Denne fraksjon blir muligens underestimert fordi metoden brukt er optimert for fosforekstraksjon, ikke jern. Vi kan derfor ikke utelukke at en del av jern målt i fraksjonene 3 og 4 ville være i fraksjon 2 ved en metode optimert for jern, men

det var ikke hensiktsmessig her. Det viktigste for jern er at man først og fremst ser på totalkonsentrasjonen i sedimentet, og ser denne i forhold til fosforkonsentrasjonen. I sedimentene fra stasjon 4 får man da et Fe/P-forhold på 3,0 (2.654/877). Jensen et al (1992) konkluderte at man under aerobe forhold kan kontrollere fosfor i vannfasen når Fe/P-forholdet er større en 15 i sedimentet. Fe/P forholdet på 3 i sedimentene fra stasjon 4 i Hunnebuun er langt under det anbefalte forholdstallet på 15. Dette viser at luftbobling eller tilførsel av oksidert vann ikke ville løse problemet, men kan forverre situasjonen, fordi man fører næringsrikt vann fra bunnen opp i den aerobe delen av vannsøylen. Så langt har det bare blitt analysert én sedimentprøve med sekvensering og man må være noe forsiktig i tolkningene. Differansen fra 3 til 15 er imidlertid så stor at det er svært sannsynlig at luftbobling eller tilførsel av oksidert vann ikke ville løse problemet, og gir derved god støtte til konklusjonen om at man ikke bør bruke et vanlig bobleanlegg. Man må fjerne fosfor fra bunnvannet, fordi det ikke er tilstrekkelig jern til stede i bunnen som kan binde fosfor. Man må derfor vurdere å tilføre jern til bunnen, for på den måten å binde fosfor i sedimentet. To typer anlegg som kan sørge for dette er vist i Figur 10. Siden tilførsel av jern ville senke pH litt, forventes det at dette også vil bidra til økt immobilisering av kvikksølv.



Figur 10: Anlegg for fosforfjerning fra bunnvannet (venstre), drives med solpaneler. Hypolimnisk luftbobling (høyre) kan også kobles med fosforfjerning. Det kan tilføres jern til bunnen i begge typer anlegg.

Ved analyse av ekstraherbart organisk karbon (TOC) ble det funnet en total konsentrasjon på 11,44mg/g sediment. Dette tilsvarer en konsentrasjon på 1,83mg TOC/L sediment og er en moderat konsentrasjon. At fraksjon 3 (Tabell 4), som utgjør hovedandelen av humusfraksjonen, inneholder omtrent halvparten av mobiliserbart karbon er i overensstemmelse med at vi også finner de største andelene av fosfor og kvikksølv i denne fraksjonen.

4.3 Risikovurdering trinn 1: klassifisering av miljøkvalitet

4.3.1 Generell vurdering trinn 1

Sedimentenes innhold av totalorganisk karbon (TOC) varierte mellom 2,5% og 4% (25 – 40 mg/g). Korrigert for innhold av finstoff ble konsentrasjonen noe høyere. I henhold til Veileder 02:2018 tilsvarende konsentrasjonene da fra god til dårlig miljøtilstand (Tabell 5). Stasjonene på relativt grunt vann samtidig som de ligger nær land (Stasjon 1, 5 og 6) hadde høyest TOC-innhold og dårligst miljøkvalitet. Høyere konsentrasjoner i disse områdene skyldes muligens høyere produksjon i dette området, i tillegg til at alger produsert i overflatevannet driver inn mot strendene og sedimenterer her.

Tabell 5. *Klassifisering av miljøkvalitet i sedimenter fra Hunnebunn (20.08.20) basert på innholdet av total organisk karbon (TOC). Konsentrasjonen av TOC i sedimentene er korrigert for innholdet av finstoff (andel <63m) i henhold til Veileder 02:2018 (SFT veileder 97:03).*

Parameter	Tilstandsklasser						
	IV	III	III	IV	IV	II	III
	Dårlig	Moderat	Moderat	Dårlig	Dårlig	God	Moderat
TOC63 (Organisk karbon (mg/g) korrigert for innhold av finstoff)	41	31	32	40	41	26	30
Stasjon	St 1	St 3	St 4	St 5	St 6	St 7	St 8

Den kjemiske tilstanden i sedimentene er god når man ser på metaller (tilstandsklasse I og II). Sink og til dels nikkel forekommer imidlertid i noen høyere konsentrasjoner opp i tilstandsklasse III, moderat miljøkvalitet. Stasjon 1 og 5 hadde de høyeste konsentrasjonene av nikkel og sink. Disse to stasjonene hadde også de høyeste konsentrasjonene av kobber og kvikksølv, selv om disse to forbindelsene kun forekom i konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse II (god miljøkvalitet). Særlig kobber og sink finnes i bunnstoff og maling. Det samme var tilfelle for kvikksølv for en del år tilbake. Stasjon 1 og 5 er de to stasjonene som ligger nærmest bryggeanlegg for båter, henholdsvis Skjærviken marina og Heleren brygge. Det er derfor sannsynlig at båtaktiviteten her kan forklare de noe høyere konsentrasjonene av metaller i sedimentene på disse stasjonene. Det samme gjaldt sumPAH16 og til dels sum PCB7. De ulike PAH-forbindelsene forekom i lave konsentrasjoner (tilstandsklasse I og II). Sum PCB7 forekom i tilstandsklasse III og II på henholdsvis stasjon 1 og 7. Ellers lå øvrige analyserte PCB-kongener under deteksjonsgrensen. Svært mange av PAH-forbindelsene var også under deteksjonsnivå. Svært mange av PAH-komponentene var også under deteksjonsnivå. I Tabell 6 er halv deteksjonsgrense benyttet for analyserte forbindelser som ligger under deteksjonsnivå (full analyseoversikt finnes i vedlegg 1). Selv om deteksjonsgrensen var benyttet ville resultatet og klassetilhørigheten blitt den samme. Det gjaldt også for PAH-forbindelsen Antracen, som står oppført i tilstandsklasse III i Tabell 6. Det skal bemerkes at deteksjonsgrensen for Antracen varierte mellom <0,010 mg/kg og <0,017 mg/kg. Øvre grense for tilstandsklasse II er 4,6µg/kg (0,046mg/kg), hvilket betyr at selv med halv deteksjonsgrense (som er benyttet i Tabell 6), kan vi ikke utelukke (men heller ikke være sikre på) at Antracen havner i tilstandsklasse III.

Stasjon 7 ligger på noe dypere vann sørvest for stasjon 1 Skjærviken båtforening. Stasjon 7 hadde også den absolutt høyeste konsentrasjonen av TBT, tilsvarende tilstandsklasse IV (dårlig miljøkvalitet). Som nevnt over ser det derfor ut til at Skjærviken båtforening er en kilde til forurensning av sedimentene i Hunnebunn.

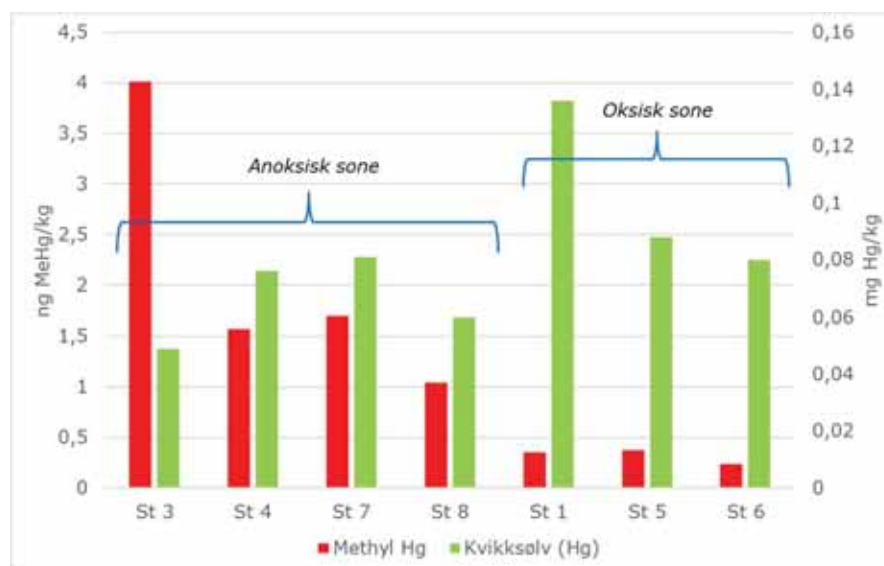
Siden flere parametere overskrider PNEC (Predicted No Effect Concentration) er det behov for en risikovurdering trinn 2.

Tabell 6. Klassifisering av miljøkvalitet i sedimenter fra Hunnebunn samlet inn august 2020. Klassifiseringen er basert på Veileder 02:2018. Flere analyser var under deteksjonnivå. For disse er halve deteksjonsgrensene lagt inn i tabellen. Hvis deteksjonsgrensene benyttes, endrer det ikke resultatet av klassifiseringen. Fullstendig analyseoversikt er gitt i vedlegg 1. Klassegrensene for TBT (Tributyltinn) er forvaltningsbasert (ikke toksikologisk basert).

	Klasse V Nedre grense	Klasse IV Øvre grense	Klasse III Øvre grense	Klasse II Øvre grense	Klasse I Øvre grense	St 1	St 3	St 4	St 5	St 6	St 7	St 8
Arsen, As	>560	560	71	18	15	14	6,4	2,8	15	10	12	8,1
Bly, Pb	>2000	2000	1480	150	25	37	21	28	32	29	32	2,7
Kadmium, Cd	>157	157	16	2,5	0,2	0,4	0,2	0,3	0,45	0,35	0,36	0,34
Kobber, Cu	>147	147	84	20,1	20	59	28	38	53	40	39	39
Krom, Cr	>15500	15500	6000	660	60	61	44	55	62	50	58	53
Kvikksølv, Hg	>1,45	1,45	0,75	0,52	0,05	0,136	0,049	0,076	0,088	0,08	0,081	0,06
Nikkel, Ni	>533	533	271	42	30	46	30	39	44	36	42	37
Snik, Zn	>6690	6690	750	139	90	230	130	170	210	180	180	170
Naftalen	>8769	8769	1754	27	2	5	8,5	8	5	5	5	7
Acenafylen	>8500	8500	85	33	1,6	5	8,5	8	5	5	5	7
Acenafaten	>19500	19500	195	96	2,4	5	8,5	8	5	5	5	7
Fluoren	>34700	34700	694	150	6,8	5	8,5	8	5	5	5	7
Fenantren	>25000	25000	780	6,8	6,8	5	8,5	8	5	5	5	7
Antracen	>295	295	30	4,6	1,2	5	8,5	8	5	5	5	7
Fluoranten	>2000	2000	400	8,1	8	79	24	39	120	33	41	35
Pyren	>8400	8400	84	5,2	5,2	52	17	25	60	23	31	21
Benzo(a)antracen	>50100	50100	501	60	3,6	24	8,5	8	11	12	13	7
Krysen	>2800	2800	280	4,5	4,4	13	8,5	8	5	5	10	7
Benso(b)fluoranten	>10600	10600	140	90,1	90	80	27	40	46	52	69	37
Benzo(k)fluoranten	>7400	7400	135	90,1	90	23	8,5	8	12	14	18	7
Benzo(a)pyren	>13100	13100	230	183	6	29	8,5	8	13	16	20	7
Indeno(1,2,3,cd)pyren	>2300	2300	63	20,1	20	45	8,5	23	21	27	39	18
Dibenzo(a,h)antracen	>2730	2730	273	27	12	5	8,5	8	5	5	5	7
Benzo(g,h)perylene	>1400	1400	84	18,1	18	41	19	28	27	28	37	24
Sum PAH(16)	>20000	20000	6000	2000	299	390	87	160	310	210	280	140
Sum PCB_7	>430	430	43	4,1	4,1	5,3					0,53	
Tributyltinn	>100	100	20	5	<1	13	13	14	8	4,2	57	6

4.3.2 Kvikksølv og metylkvikksølv

Som Tabell 6 og Figur 11 viser var konsentrasjonene av total- kvikksølv (Hg) lave (tilstandsklasse I og II), og på mg/kg nivå (0,1 til 0,09 mg/kg), i sedimentene fra alle stasjonene. Konsentrasjonen av metylkvikksølv (MeHg) var vesentlig lavere, på ng/kg nivå, enn total- kvikksølv.



Figur 11. Konsentrasjonen av kvikksølv (Hg) og metylkvikksølv (Hg/MeHg) i sedimenter fra Hunnebunn samlet inn 20.08.20. Merk! forskjellig skala på de to forskjellige kvikksølv forbindelsene.

Det er en tendens til at sedimentprøvene med lavest konsentrasjon av kvikksølv har den høyeste konsentrasjonen av metylkvikksølv (Figur 11), sammenhengen er imidlertid ikke signifikant ($p=0,1213$). De høyeste konsentrasjonene av metylkvikksølv ble registrert i anoksisk sone. Dette er i samsvar med studier av Sunderland et al., (2006), som viste at sedimenter i anoksisk miljø fremmer dannelsen av metylkvikksølv, og da i sedimenter med moderate konsentrasjoner av TOC. Stasjon 3, som er lokalisert i det avgrensede bassenget "Hestebonn" har markert høyere konsentrasjon av metylkvikksølv enn øvrige stasjoner. Etter hva vi har forstått mottok Hestebonn urensset kloakk i tidligere tider. Den organiske sammensetningen kan derfor være noe annerledes enn i øvrige deler av Hunnebunn. Anoksisk sone påtreffes ved 6 m og når helt til bunns. Stasjon 3 og 4 representerer det største vanddypet og har derved det høyeste H_2S innholdet i sedimentene. Dette bekreftes av at sedimentene fra disse to stasjonene hadde det høyeste vanninnholdet (88%) av stasjonene i anoksisk sone.

Kvikksølv har en tendens til å assosieres med organisk karbon (Sunderland et al., 2006, Lambertsson og Nilsson, 2006), og det var en tendens til positiv korrelasjon mellom kvikksølv og TOC i sedimentene fra Hunnebunn, sammenhengen var imidlertid ikke signifikant ($p=0,1386$). I motsetning til i arbeidene til Sunderland et al., (2006) var det en tendens til negativ korrelasjon mellom metylkvikksølv og TOC i sedimentene fra Hunnebunn, men heller ikke

denne var signifikant ($p=0,0132$). Lambertsson og Nilsson (2006) vist også at den totale mengden kvikksølv har liten eller ingen påvirkning på mengden metylkvikksølv i sedimentene, hvilket er i overensstemmelse med funnene i Hunnebunn.

Konsentrasjonen av kvikksølv overskrider ikke PNEC (Predicted No Effect Concentration). Det bør derfor ikke være en uakseptabel risiko knyttet til kvikksølv i sedimentene i Hunnebunn.

4.4 Risikovurdering trinn 2.

4.4.1 Generell risikovurdering trinn 2

Spredning av miljøgifter fra forurensede sedimenter foregår via tre hovedmekanismer: biodiffusjon (F_{diff}), oppvirvling fra skip/båttrafikk (F_{skip}) og via organismer (F_{org}). Det foregår en transport av miljøgifter fra sedimentene via porevannet, ved adveksjon og ved diffusjon. Spredning via adveksjon skjer ved svake strømmer gjennom sedimentene og er ubetydelig. Diffusjon drives av konsentrasjonsforskjeller mellom sediment og vann og forsterkes av biologisk aktivitet i sedimentene. Diffusjonen som foregår i det bioaktive laget (de øvre sedimentene hvor det finnes gravende dyr) kalles derfor biodiffusjon og er anslagsvis 10 ganger mer intens enn den rene fysiske diffusjonen i et naturlig sediment.

I Hunnebunn hvor bunnen er anoksisk fra 6 m og dypere er det liten eller ingen bioturbasjon og derfor i praksis ingen forskjell mellom fysisk diffusjon og biodiffusjon.

Risikovurderingen er basert på sjablongverdier for fordelingskoeffisienten mellom sediment og vann (K_d) for de ulike stoffene som inngår i beregningsverktøyet. Disse regnes å være konservative for å hindre at områder blir friskmeldt, som ikke skulle vært friskmeldt. I anoksiske sedimenter er metaller bundet som metallsulfid og er i praksis ikke biotilgjengelige så lenge sedimentene ikke virvles opp i oksygenrike vannmasser. Beregningsverktøyet legger til grunn at sedimenter grunnere enn 20 m vanddyb kan virvles opp ved skipstrafikk. Mindre fartøy vil ikke påvirke sedimenter som ligger så dypt, men i Hunnebunn er sedimentene anoksiske fra 6 m dyp ned til største dyp på 11 m. I risikovurderingen er det derfor antatt at båttrafikken i Hunnebunn kan virvle opp sedimentene og den minste oppvirvlingsraten i veilederen er benyttet. Flyfoto er benyttet for å kartlegge antall båtplasser ved flytebrygger i Hunnebunn. Det er antatt 300 båtplasser i Hunnebunn og at disse er ute 1 dag/uke i juni, juli og august (90 dager) + 1000 besøkende på 90 d = 5000 båter i løpet av de tre sommermånedene. Det er ikke regnet noen trafikk i de øvrige månedene i året.

Ved risikovurdering av sedimentene i Hunnebunn er området delt i to soner, den oksisk og den anoksisk. Inngangsparameterne benyttet i risikovurderingene er gitt i vedlegg 2. Som i Tabell 6, og i henhold til Miljødirektoratets veileder M-

409/2015 er halve deteksjonsgrensen benyttet for analyser under deteksjonsnivå.

4.4.2 Risikovurdering oksisk sone – ned til 6 m vanddyb

I risikovurderingen av oksisk sone er analysene av sedimentene fra stasjoner ned til 6 m vanddyb benyttet, disse er stasjon 1, 5 og 6. Øvrige stedsspesifikke data benyttet er gitt i vedlegg 2.

I de påfølgende tabellene er kun stoffene som viser overskridelser knyttet til enten spredning, human helse eller økologi i sedimentene (porevann) tatt med.

Som vist i Tabell 7 overskrider konsentrasjonene av nikkel (kun maksimumkonsentrasjonen), sink, antracen, sum PCB7 og TBT grenseverdiene i Trinn 1 risikovurderingen. Tabell 7 viser størrelsen på overskridelsen, i motsetning til Tabell 6 som viser tilstandsklasse.

Tabell 7. Målt sedimentkonsentrasjon av aktuelle stoffer i oksisk sone (0-6 m vanddyb) fra Hunnebunn 20.08.20 sammenlignet med trinn 1 grenseverdier.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	MiddeI
Asen	3	15	13	18		
Bly	3	37	32,6666667	150		
Kadmium	3	0,45	0,4	2,5		
Krom totalt (III + VI)	3	62	57,6666667	660		
Nikkel	3	46	42	42	1,1	
Sink	3	230	206,666667	139	1,7	1,5
Antracen	3	0,005	0,005	0,0046	1,1	1,1
Fluoranten	3	0,12	0,07733333	0,4		
Pyren	3	0,06	0,045	0,084		
Benzo(a)pyren	3	0,029	0,01933333	0,183		
Benzo(ghi)perylene	3	0,041	0,032	0,084		
Sum PCB7	3	5,75E-03	3,18E-03	0,0041	1,4	
Tributyltinn (TBT-ion)	3	0,39	0,30333333	0,035	11,1	8,7

Det finnes ikke grenseverdier for tillatt spredning av miljøgifter fra sedimenter. I risikovurderingen sammenlignes spredningen fra sedimentene med hva spredningen ville vært fra et sediment i tilstandsklasse II, det vil si at konsentrasjonene tilsvarte PNEC. Tabell 8 viser at det er en liten overskridelse av nikkel, sink og antracen (merk antracen har høy deteksjonsgrense), mens høyere overskridelse av TBT. Spredningen skyldes i all hovedsak oppvirvling av sjøbunnen som følge av båttrafikk.

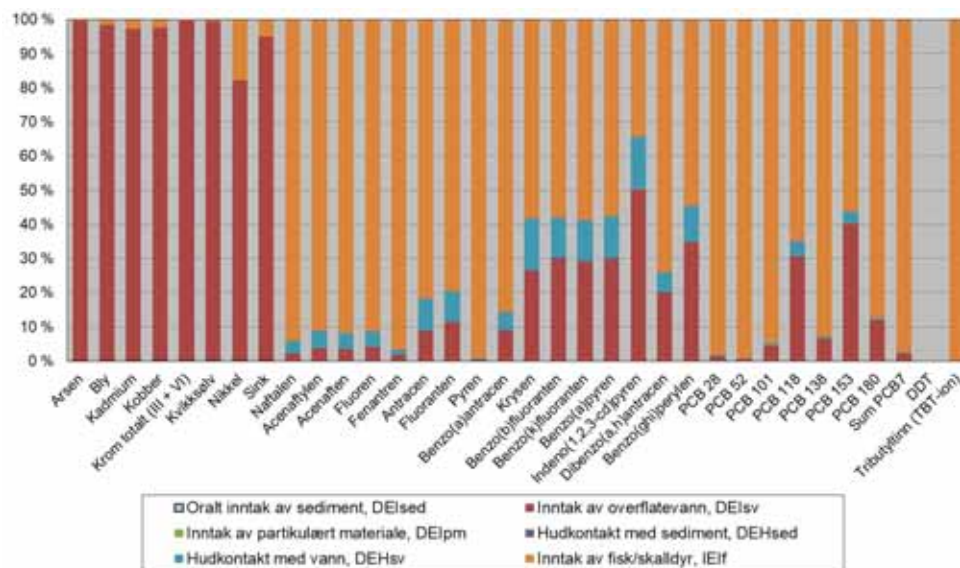
Tabell 8. Beregnet spredning av aktuelle stoffer i oksisk sone (0-6 m vanddyb) fra Hunnebunn 20.08.20 sammenlignet med "tillatt spredning" (dvs. spredning fra et sediment med konsentrasjoner =PNEC for de aktuelle stoffene)

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org}$)		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling ($F_{diff} + F_{org} + F_{skip}$)		Spredning (F_{tot}) dersom C_{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 ($mg/m^2/år$)	F _{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	$F_{tot, sed-skip}$ maks (mg/m^2)	$F_{tot, sed-skip}$ middel (mg/m^2)	$F_{tot, skip maks}$ ($mg/m^2/år$)	$F_{tot, skip middel}$ ($mg/m^2/år$)		Maks	Middel
	Arsen	1,51E+01	1,31E+01	1,32E+05		1,14E+05	1,58E+05
Bly	1,81E+00	1,60E+00	3,24E+05	2,86E+05	1,31E+06		
Kadmium	2,16E-02	1,92E-02	3,94E+03	3,50E+03	2,19E+04		
Krom totalt (III + VI)	2,28E+00	2,12E+00	5,43E+05	5,05E+05	5,78E+06		
Nikkel	3,43E+01	3,13E+01	4,03E+05	3,68E+05	3,68E+05	1,1	1,0
Sink	1,40E+01	1,25E+01	2,01E+06	1,81E+06	1,22E+06	1,7	1,5
Antracen	3,33E-02	3,33E-02	4,43E+01	4,43E+01	4,08E+01	1,1	1,1
Fluoranten	3,62E-01	2,33E-01	1,05E+03	6,79E+02	3,51E+03		
Pyren	3,48E+00	2,61E+00	5,32E+02	3,99E+02	7,41E+02		
Benzo(a)pyren	1,80E-02	1,20E-02	2,54E+02	1,69E+02	1,60E+03		
Benzo(ghi)perylen	2,04E-02	1,59E-02	3,59E+02	2,80E+02	7,35E+02		
Sum PCB7	8,80E-02	4,19E-02	5,06E+01	2,79E+01			
Tributyltinn (TBT-ion)	1,11E+02	8,65E+01	4,63E+03	3,60E+03	4,10E+02	11,3	8,8

Grenseverdiene som ligger til grunn for tilstandsklassifisering (Tabell 6) er basert på toksisitet, og ikke human helse. Tabell 9 viser at flere av metallene overskrider beregnet livstidsdose i forhold til MTR 10% (MTR = livslangt tolerabelt inntak). I risikovurderingen antar man at 10 % av eksponeringen stammer fra Hunnebunn. Mennesker kan eksponeres for metaller og organiske miljøgifter i Hunnebunn ved inntak av sjømat fra Hunnebunn og ved rekreasjon som bading og vannsport. Ved bading eksponeres man for vann og sediment via huden og via inntak (svelging). Ser man nærmere på eksponeringsmekanismene i Hunnebunn (Figur 12), er inntak av overflatevann årsaken til den beregnede overskridelsen. Dette skyldes at sedimentene antas oppvirvlet som følge av båttrafikk. I beregningen er den laveste sjablomverdien benyttet, men selv dette er sannsynligvis en overestimert. Dette bør derfor vurderes nærmere. Eksempelvis ved å redusere arealet som påvirkes av påvirkning av båttrafikk til 10.000 m², det vil si kun et areal rundt bryggene, er metalleksponeringen akseptabel med hensyn til human helse.

Tabell 9. Beregnet total livstidseksponering av aktuelle stoffer i oksisk sone (0-6 m vanddyb) fra Hunnebunn 20.08.20 sammenlignet med MTR/TDI 10%

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % ($mg/kg/d$)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{max} ($mg/kg/d$)	DOSE _{middel} ($mg/kg/d$)		Maks	Middel
Arsen	3,41E-03	2,95E-03	1,00E-04	34,1	29,5
Bly	8,46E-03	7,47E-03	3,60E-04	23,5	20,7
Kadmium	1,04E-04	9,23E-05	5,00E-05	2,1	1,8
Krom totalt (III + VI)	1,40E-02	1,30E-02	5,00E-04	28,0	26,1
Nikkel	1,21E-02	1,11E-02	5,00E-03	2,4	2,2
Sink	5,40E-02	4,85E-02	5,00E-02	1,1	
Antracen	1,03E-05	1,03E-05	4,00E-03		
Fluoranten	1,94E-04	1,25E-04	5,00E-03		
Pyren	2,23E-03	1,67E-03	5,00E-02		
Benzo(a)pyren	1,88E-05	1,25E-05	5,00E-05		
Benzo(ghi)perylen	2,31E-05	1,80E-05	3,00E-03		
Sum PCB7	5,49E-05	2,63E-05	1,00E-06	54,9	26,3
Tributyltinn (TBT-ion)	5,23E-02	4,07E-02	2,50E-04	209,3	162,8



Figur 12. Relativt bidrag til human helse fra ulike spredningsmekanismer (gjennomsnittlig eksponering for voksne individer)

Den uakseptable risikoen forbundet med PCB7 og TBT skyldes inntak av sjømat fra Hunnebunn. Dette kan verifiseres ved av analyser av sjømat fra Hunnebunn.

Beregnet porevannskonsentrasjon viser at arsen overstiger PNEC_w, og det samme gjelder PAH-forbindelsene fluoranten, pyren (kun maksimumkonsentrasjonen), benzo(a)pyren og benzo(ghi)perylene (kun maksimumkonsentrasjonen). TBT overskrider PNEC_w flere tusen ganger. Dette betyr at sedimentene utgjør er en uakseptabel økologisk risiko når det gjelder sedimentlevende organismer.

Tabell 10. Beregnet porevannskonsentrasjon av aktuelle stoffer i oksisk sone (0-6 m vanddyb) fra Hunnebunn 20.08.20 sammenlignet med PNEC_w.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{p,v} , maks (mg/l)	C _{p,v} , middel (mg/l)	C _{p,v} , maks (mg/l)	C _{p,v} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	2,27E-03	1,97E-03	ikke målt	ikke målt	6,0E-04	3,8	3,3
Bly	2,39E-04	2,11E-04	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Kadmium	3,46E-06	3,08E-06	ikke målt	ikke målt	2,0E-04		
Krom totalt (III + VI)	5,17E-04	4,81E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Nikkel	6,50E-03	5,93E-03	ikke målt	ikke målt	8,6E-03		
Sink	2,09E-03	1,88E-03	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Antracen	4,24E-06	4,24E-06	ikke målt	ikke målt	1,0E-04		
Fluoranten	3,07E-05	1,98E-05	ikke målt	ikke målt	6,3E-06	4,9	3,1
Pyren	2,55E-05	1,91E-05	ikke målt	ikke målt	2,3E-05	1,1	
Benzo(a)pyren	8,72E-07	5,81E-07	ikke målt	ikke målt	1,7E-07	5,1	3,4
Benzo(ghi)perylene	1,00E-06	7,82E-07	ikke målt	ikke målt	8,2E-07	1,2	
Sum PCB7	1,77E-06	8,06E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	8,86E-03	6,89E-03	ikke målt	ikke målt	2,0E-07	44318,2	34469,7

Konsentrasjonen av ulike stoffer i vannmassene i Hunnebunn beregnes ut fra spredning fra sedimentet, det vil si oppvirvling som følge av båttrafikk og diffusjon/bioidusjon, fordelt på volumet av vannmassene i Hunnebunn og oppholdstiden til vannmassene. Beregningene gir svært høye konsentrasjoner (ikke vist), årsaken er oppvirvling av sedimenter fra sjøbunnen. De høye konsentrasjonene synes urealistiske, og som nevnt over bør det gjøres en

nøyere vurdering av hva båtene i Hunnebunn faktisk virvler opp av sedimenter fra sjøbunnen.

4.4.3 Risikovurdering anoksisk sone – fra 6 m til 11 m vanddyb

I risikovurderingen av anoksisk sone er analysene av sedimentene fra stasjoner dypere enn 6 m vanddyb benyttet, disse er stasjon 3, 4, 7 og 8. Øvrige stedsspesifikke data benyttet er gitt i vedlegg 2.

I de påfølgende tabellene er kun stoffene som viser overskridelser knyttet til enten spredning, human helse eller økologi i sedimentene (porevann) vist i tabellene.

Som vist i Tabell 11 overskrider konsentrasjonene av sink, antracenen og TBT grenseverdiene i Trinn 1 risikovurderingen. Tabell 11 viser størrelsen på overskridelsen, i motsetning til Tabell 6 som viser tilstandsklasse.

Tabell 11. Målt sedimentkonsentrasjon av aktuelle stoffer i anoksisk sone (6-11 m vanddyb) fra Hunnebunn 20.08.20 sammenlignet med trinn 1 grenseverdier.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed, max} (mg/kg)	C _{sed, middel} (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	4	12	8,675	18		
Sink	4	180	162,5	139	1,3	1,2
Antracenen	4	0,0085	0,007125	0,0046	1,8	1,5
Fluoranten	4	0,041	0,03475	0,4		
Benzo(a)pyren	4	0,02	0,010875	0,183		
Benzo(ghi)perylen	4	0,037	0,027	0,084		
Tributyltinn (TBT-ion)	4	0,28	0,16675	0,035	8,0	4,8

Det finnes ikke grenseverdier for tillatt spredning av miljøgifter fra sedimenter. I risikovurderingen sammenlignes spredningen fra sedimentene med hva spredningen ville vært fra et sediment i tilstandsklasse II, det vil si at konsentrasjonene tilsvarte PNEC. Tabell 12 viser at det er en liten overskridelse av sink og antracenen (merk antracenen har høy deteksjonsgrense), mens høyere overskridelse av TBT. Spredningen skyldes i all hovedsak oppvirvling av sjøbunnen som følge av båttrafikk.

Tabell 12. Beregnet spredning av aktuelle stoffer i anoksisk sone (6-11 m vanddyb) fra Hunnebunn 20.08.20 sammenlignet med "tillatt spredning" (dvs. spredning fra et sediment med konsentrasjoner =PNEC for de aktuelle stoffene)

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsoppvirvling (F _{diff} + F _{org})		Beregnet spredning inkludert skipsoppvirvling (F _{diff} + F _{org} + F _{skip})		Spredning (F _{tot}) dersom C _{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m ² /år)	F _{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	F _{tot, sed+skp maks} (mg/m ²)	F _{tot, sed+skp middel} (mg/m ²)	F _{tot, skip maks} (mg/m ² /år)	F _{tot, skip middel} (mg/m ² /år)		Maks	Middel
Arsen	#DIV/0!	#DIV/0!	1,20E+05	8,69E+04	1,80E+05		
Sink	#DIV/0!	#DIV/0!	1,80E+06	1,63E+06	1,39E+06	1,3	1,2
Antracenen	#DIV/0!	#DIV/0!	8,62E+01	7,23E+01	4,67E+01	1,8	1,5
Fluoranten	#DIV/0!	#DIV/0!	4,12E+02	3,49E+02	4,02E+03		
Benzo(a)pyren	#DIV/0!	#DIV/0!	2,00E+02	1,09E+02	1,83E+03		
Benzo(ghi)perylen	#DIV/0!	#DIV/0!	3,70E+02	2,70E+02	8,40E+02		
Tributyltinn (TBT-ion)	#DIV/0!	#DIV/0!	3,89E+03	2,32E+03	4,88E+02	8,0	4,7

Tabell 13 viser at kun TBT overskrider beregnet livstidsdose i forhold til MTR 10% (MTR = livslangt tolerabelt inntak). I risikovurderingen antar man at 10 % av en livslang eksponering stammer fra Hunnebunn. Mennesker kan eksponeres for metaller og organiske miljøgifter ved inntak av sjømat og ved rekreasjon som bading og vannsport. Inntak av sjømat er årsak til overskridelsen for TBT.

Tabell 13. Beregnet total livstidseksponering av aktuelle stoffer i anoksisk sone (6-11 m vandndyp) fra Hunnebunn 20.08.20 sammenlignet med MTR/TDI 10%

Stoff	Beregnet total livstidsdose		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidsdose i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	1,75E-05	1,26E-05	1,00E-04		
Sink	1,76E-03	1,59E-03	5,00E-02		
Antracen	1,79E-05	1,50E-05	4,00E-03		
Fluoranten	6,59E-05	5,59E-05	5,00E-03		
Benzo(a)pyren	8,78E-06	4,77E-06	5,00E-05		
Benzo(ghi)perylene	1,32E-05	9,64E-06	3,00E-03		
Tributyltinn (TBT-ion)	5,00E-02	2,97E-02	2,50E-04	199,8	119,0

Beregnet porevannskonsentrasjon viser at arsen overstiger PNEC_w, og det samme gjelder PAH komponentene fluoranten, benzo(a)pyren og benzo(ghi)perylene. TBT overskrider PNEC_w flere tusen ganger. Sjøbunnen dypere enn 6 m er anoksisk, det er derfor ingen sedimentlevende dyr som blir eksponert for overkonsentrasjonene i porevannet. Sedimentene har imidlertid potensial for å kunne gi en uakseptabel økologisk risiko for sedimentlevende dyr, hvis livet vender tilbake til anoksisk sone.

Tabell 14. Beregnet porevannskonsentrasjon av aktuelle stoffer i anoksisk sone (6-11 m vandndyp) fra Hunnebunn 20.08.20 sammenlignet med PNEC_w.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{p, maks} (mg/l)	C _{p, middel} (mg/l)	C _{p, maks} (mg/l)	C _{p, middel} (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	1,82E-03	1,31E-03	ikke målt	ikke målt	6,0E-04	3,0	2,2
Sink	1,64E-03	1,48E-03	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Antracen	9,60E-06	8,05E-06	ikke målt	ikke målt	1,0E-04		
Fluoranten	1,40E-05	1,19E-05	ikke målt	ikke målt	6,3E-06	2,2	1,9
Benzo(a)pyren	8,01E-07	4,36E-07	ikke målt	ikke målt	1,7E-07	4,7	2,6
Benzo(ghi)perylene	1,21E-06	8,80E-07	ikke målt	ikke målt	8,2E-07	1,5	1,1
Tributyltinn (TBT-ion)	8,48E-03	5,05E-03	ikke målt	ikke målt	2,0E-07	42424,2	25265,2

4.4.4 Risikovurdering av sedimenter hvis hele Hunnebunn blir oksisk, fra 0 m til 11 m vandndyp

En av målsettingene med foreliggende utredning er å vurdere eventuelle endringer i risikobildet ved endringer i oksygenforholdene i vannmassen og beregne spredningen av miljøgifter før og etter oksygenering. Miljødirektoratets veileder M409/2015 er benyttet til å vurdere endringer i risiko og spredning av miljøgifter som følge av endringer i oksygenforhold. Tabell 15 oppsummerer forskjeller i risiko i 1) de øvre oksiske områdene, 2) de nedre anoksiske områdene samt 3) hele Hunnebunn hvis forholdene blir oksisk i hele vannsøylen. De tilhørende tabellene, som viser utregnede resultater, er gitt i vedlegg 3.

Som inngangsparametere i vurderingen av hvis hele Hunnebunn blir oksisk er analysene fra alle stasjonene benyttet. I et slikt scenario kan man anta at oppholdstiden av vannmassene i pollen reduseres. Per nå vet man imidlertid ikke hvor raskt vannmassene da vil skiftes ut. I risikovurderingen er det antatt at dette skjer en gang per måned. På sikt vil det organiske innholdet i sedimentene reduseres, men det er det ikke tatt hensyn til her. Det er derimot antatt at biologien vender tilbake til området som i dag er anoksisk, hvilket betyr at spredningen via bunndyr og biodiffusjon øker.

Som vist i kap. 4.4.2 og 4.4.3 er det en liten, men omtrent samme risiko forbundet med spredning av sink i sedimentene under de tre nevnte forholdene. Det er en høyere risiko forbundet med spredning av TBT i de grunne oksiske områdene enn de dypereliggende anoksiske områdene i pollen. Hvis hele vannmassen i pollen blir oksisk øker risikoen sammenlignet med risikoen i det dype anoksiske området, men den blir noe lavere enn i de grunne oksiske områdene alene.

Når det gjelder metaller er det høyere risiko for effekter på human helse forbundet med de grunne oksiske områdene slik de ligger i dag enn risikoen forbundet med hele området (gjennomsnittsbetraktning) hvis hele vannmassen i pollen blir oksisk. Konsentrasjonene av metaller i sedimentene i anoksisk sone utgjør ingen risiko for human helse. Risikoen i de grunne områdene er forbundet med inntak av vann og sediment ved bading. Dette styres av oppvirvling av sjøbunnen fra båttrafikk kombinert med liten vannutskifting. Sjablongverdien for oppvirvling (den laveste) i regneverktøyet er benyttet. Det er grunn til å anta at denne verdien er for høy. Dette understøttes av beregningene av tiden det tar å tømme lageret av ulike metaller og organiske miljøgifter i sedimentet er svært liten. Det bør derfor gjøres en grundigere undersøkelse av omfanget av båttrafikk i Hunnebunn samt oppvirvlingsraten. Som nevnt under kap. 4.4.2 reduseres risikoen ved metaller for human helse (til akseptabel risiko) hvis arealet som virvles opp begrenses, eksempelvis til 10.000 m² rundt bryggene. Vurderingene viser at risikoen blir mindre hvis hele vannmassen blir oksisk og vurderes under ett. Dette har sammenheng med større volum å fordele de oppvirvlede sedimentene på, samt at vannutskiftingen er antatt å øke.

Organiske miljøgifter som PCB-kongener og TBT-forbindelser akkumulerer i fisk og skalldyr. Risikoen forbundet med disse to organiske miljøgiftene styres derfor av inntak av sjømat. De oksiske sedimentene på grunt vann utgjør en større risiko enn de anoksiske sedimentene på dypt vann. Dette skyldes i hovedsak fravær av bunnfauna i det anoksiske området som fisk og skalldyr kan beite på. Hvis hele vannmassen blir oksisk er det samme risiko knyttet til PCB, men noe lavere for TBT. Det er påvist høy PCB-konsentrasjon kun stasjon 1, og den ligger i det oksiske området fra 0-6 m, som utgjør et større sedimentareal enn den anoksiske sonen. Sonen som i utgangspunktet er oksisk påvirker derved det samlede resultatet.

Det er ikke store forskjellene i beregnet porevannskonsentrasjon ved de tre tilfellene. Beregning av porevannskonsentrasjon er basert på fordelingskoeffesienten mellom sediment og vann. Metaller vil gjerne være bundet i sulfider i anoksisk sone, og frigjøres hvis vannmassene blir oksiske.

Veilederens sjablongverdier tar ikke høyde for slike forskjeller. Som nevnt er risikovurderingen lagt opp trinnvis, hvor trinn 3 i stor grad omfatter stedsspesifikke undersøkelser. Undersøkelser av fordelingskoeffisienten mellom sediment og vann for ulike parameter vil typisk være en trinn 3 undersøkelse.

I foreliggende undersøkelse er imidlertid frigivelsen av fosfor og metylkvikksølv ved endringen i oksygenforhold undersøkt (jft. kap. 4.2). Der ble det diskutert at humusstoffene i sedimentet synes å immobilisere den største andelen av kvikksølv. Når pH senkes litt, blir denne immobilisering enda sterkere. Ved vanlig bobling ville fosfor sannsynligvis overføres til vannmassene ved overflaten og forverre problemet med eutrofiering, fordi sedimentet inneholder ikke tilstrekkelig med jern til å binde fosfor.

Det bør nevnes at det ikke er etablert egen grenseverdi i sediment for metylkvikksølv. Veilederen M409/2015 anbefaler analyser av metylkvikksølv i biota, hvor resultatene så vurderes opp mot grenseverdier i vannforskriften. Dette inngår i en trinn 3 risikovurdering, hvis sedimentene i området har høye kvikksølvkonsentrasjoner, hvilket ikke er tilfelle for Hunnebunn.

Tabell 15. Sammenstilling av resultatene fra risikovurdering av sedimenter samlet inn i Hunnebunn august 2020. Risikovurderingen omfatter tre ulike betraktninger: 1) av oksisk sone 0-6 m, 2) anoksisk sone 6-11 m, 3) scenario hvor hele Hunnebunnen blir oksisk fra 0-11 m. Tabellen angir gjennomsnittlig overskridelse (antall ganger) basert på ulike spredningsmekanismer i henhold til Miljødirektoratets veileder M409/2015

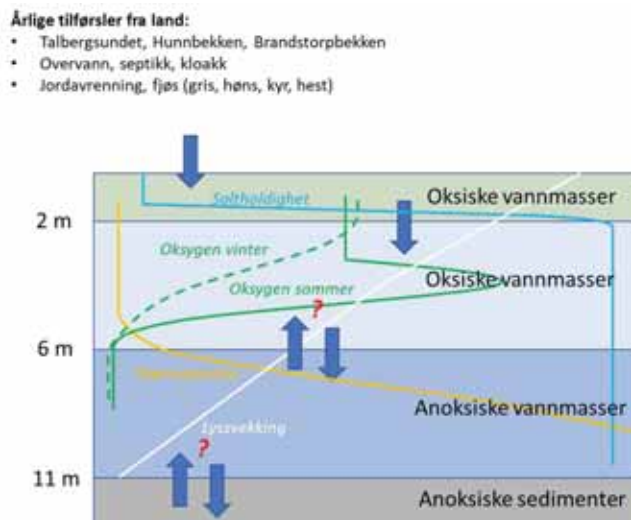
	Antall ganger overskridelse basert på gjennomsnittskonstraksjoner														
	Trinn 1			"Tillatt" spredning			Beregnet total livstidsdose (MTR1,0%)			Beregnet porevannskonstraksjon (PNECw)					
	0-6 m	6-11 m	0-11 m	0-6 m	6-11 m	0-11 m	0-6 m	6-11 m	0-11 m	0-6 m	6-11 m	0-11 m			
Arsen							29,5			1,3		3,3		2,2	2,7
Bly							20,7			1,1					
Kadmium							1,8								
Krom							26,1			1,3					
Nikkel				1			2,2								
Sink	1,5	1,2	1,3	1,5	1,2	1,3									
Antrafen	1,1	1,5	1,4	1,1	1,5	1,4									
Fluoranten															
Benso(a)pyren															
Benso(ghi)perylene															
Sum PCB7							26,3			25		3,4		2,6	1
TBT	8,7	4,8	6,4	8,8	4,7	6,5	162,8	1,19	145,7	25265,2	34469,7	30937,3			

5 Diskusjon

Årsaken til dårlig vannkvalitet og algeoppblomstring i Hunnebunn er sammensatt. Staalstrøm og Yakushev (2020) oppgir de anoksiske vannmassene i Hunnebunn som en mulig kilde til næringsalter i oksisk sone (Figur 13). Som nevnt innledningsvis tilføres Hunnebunn næringsalter fra flere eksterne kilder, både bekker, overvann, jordavrenning, overløpsdrift fra kloakkpumpestasjonen og vann via Talbergsundet. I tillegg bidrar fugl, fisk og algevekst til næringsomsetning i Hunnebunn. Utslipp fra kommunalt avløp er imidlertid redusert betydelig de siste to årene. Overvåking av blant annet næringsalter i Hunnbekken og Brandstorbekken viser at konsentrasjonene av fosfor i ferskvannet i bekkene har avtatt med årene (hhv. fra 2009 og 2001). (<https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>). Konsentrasjonen av tot-P har gjennomgående vært høyere i Brandstorbekken enn i Hunnbekken (nær 2,5 ganger høyere, snitt over årene).

Før tiltakene diskuteres bør det etableres en akseptabel god transportmodell for N og P som beskriver transporterne til og fra Hunnebunn samt de viktigste vertikale transportene mellom lagene. Først når man kjenner det fysiske systemet, gir det mening å se på konsentrasjoner av N og P. En hydraulisk transportmodell vil gi en indikasjon på størrelsen av de interne transportprosessene for N og P. Som grunnlag for en hydraulisk transportmodell benytter vi Hunnebunnens hypsograf og salinitetsprofiler samt saliniteten i Tosekilen og ferskvannstilførselen fra de to bekkene og fra omkringliggende landbruksområder. Basert på saltholdighetene kan vi sette opp en utskiftingsmodell. Den kan bestemme utvekslingen med Tosekilen og det igjen gir grunnlag for å bestemme de vertikale transportene. Den hydrauliske transportmodellen gir så en indikasjon på hvor store de interne transportprosessene er for N og P i Hunnebunnen (de blå pilene i Figur 13).

Figur 13 forsøker å belyse de interne prosessene i Hunnebunn og aktuelle kilder til N og P.



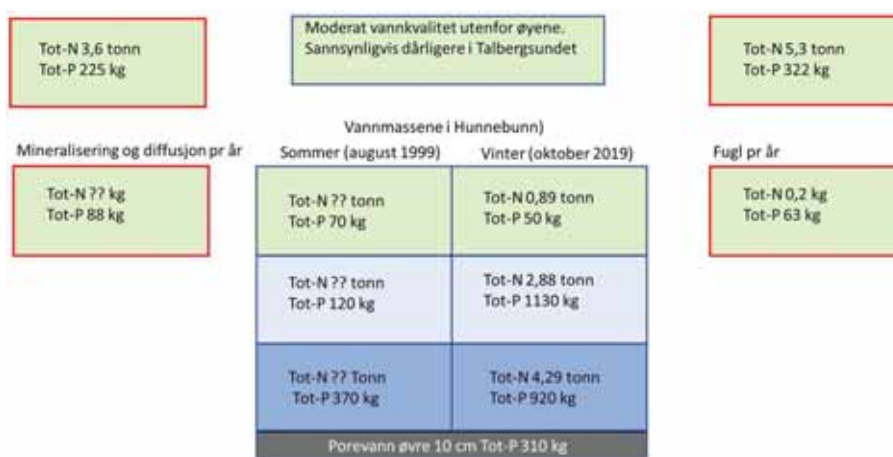
Figur 13. Skisse over lagdelingen i vannmassene i Hunnebunn, basert på oksygeninnhold, saltholdighet og næringsalter, samt eksterne tilførsler av næringsalter.

I mangel av en hydraulisk modell koblet med kjemiske og biologiske stoffomsetninger for Hunnebunn er det forøkt å anslå hvilke størrelser av N og P det er snakk om fra de ulike kildene. Det har ikke lyktes å skaffe tilstrekkelig data for beregning av fluks (rate i kg/år). Eksisterende konsekstrasjonsdata er da benyttet til å beregne mengde (masse til stede i øyeblikket). Disse to størrelsene er imidlertid ikke sammenlignbare.

Siden Hunnebunn er et brakkvannsområde, kan man anta at fosfor er den begrensende faktoren for algevekst fremfor nitrogen (Sakshaug et al. 1972). Størst utfordringer er derfor knyttet til tilførsler av fosfor.

Som Figur 14 viser tilføres Hunnebunn ca 550 kg Tot-P årlig via Hunnbekken og Brandstorpbecken (Staalstrøm og Yakushev, 2020). I tillegg kan man regne med diffus avrenning fra jorder og tilførsler fra Talbergsundet. Det er kjent fra overvåking av ytre Oslofjord at vannkvaliteten ved Ramsøy (nærmeste stasjon) er moderat med hensyn på næringsalter (Waldy et al., 2018). Det er rimelig å anta at vannkvaliteten er ytterligere redusert i Talbergsundet siden sundet er omkranset av jordbruksområder. Til sammenligning inneholder de øvre 2 m av vannmassene i Hunnebunn i sommer- og vintersituasjon henholdsvis 70 og 50 kg Tot-P. Beregningene er basert på målte konsentrasjoner i vannmassen på et gitt tidspunkt (Staalstrøm og Yakushev, 2020) multiplisert med mengde vann i det aktuelle sjiktet. Beregningen forutsetter en lik konsentrasjon i hele sjiktet, og gir kun et øyeblikksbilde av situasjonen. Det er ikke kjent hvor stor variasjonen er i rom og over kortere tidsintervaller. Tilsvarende beregninger er gjort for det oksiske laget mellom 2 og 6 m, og i anoksiske sone dypere enn 6 m (Figur 14). Beregningene indikerer at vannmassene mellom 2 og 6 m og i det anoksiske bunnvannet inneholder mer Tot-P i en høst/vintersituasjon enn i en sommersituasjon. I løpet av høsten og vinteren kan fosfor bundet i algemateriale frigjøres ved at materialet synker og går i oppløsning. Bunnsedimentene i anoksiske sone er også en kilde til fosfor. Basert på analyser

av fosfor i porevann utført av Staalstrøm og Yakushev (2020) er mengden Tot-P i porevann i de øvre 10 cm av sedimentene i anoksisk sone beregnet til 310 kg. I tillegg er tilførsel av fosfor ved mineralisering og diffusjon fra sedimentene i oksisk sone beregnet til 88 kg årlig. Beregningene er basert på fluksberegninger fra Frøyslandsvatnet (Molværsmyr og Andersen, 2006). Det er usikkert om fluksen i Frøyslandsvatnet er sammenlignbar med Hunnebunn. Hunnebunn er en marin poll mens Frøyslandsvatnet er en innsjø med ferskvann. Konsentrasjonen av fosfor i sedimentene fra stasjon 4 i Hunnebunn var 877 µg/g, mens i Frøyslandsvatnet ble det registrert konsentrasjoner mellom 3000 og 4000 µg/g (Molværsmyr og Andersen, 2006). Den beregnede fluksen fra sedimentene kan derfor være overestimert.



Figur 14. Grov oversikt over tilførsler og tilstedeværelse av næringsstoffer i Hunnebunn. De røde boksene angir fluks (rate i kg/år), mens de blå boksene angir mengde (masse tilstede i øyeblikket). Anslagene har store usikkerheter, og rater og masse er ikke sammenlignbare. Oppstillingen gir likevel en ide om relative størrelser. Anslagene er basert på litteratordata: Hunnbekken og Brandstorpbecken : (data fra Staalstrøm og Yakushev 2020), Vannmassene i Hunnebunn: lageret er beregnet ut fra konsentrasjoner i vannmassene (grønn boks er øvre 2 m, lys blå er mellom 2 og 6 m, mørk blå er anoksisk sone dypere enn 6 m. Data er hentet fra Staalstrøm og Yakushev, 2020). Mineralisering og diffusjon er beregnet ut fra utlekkingsrater (Molværsmyr og Andersen, 2006). Tilførsler fra fugl er basert på data fra Chaichana et al., 2010, Manny et al., 1994).

Det er vanskelig å beregne interngjødslingen i Hunnebunn. Det er flere faktorer som har betydning for fosforutlekking. Resuspensjon av sedimenter frigir fosfor. Mekanismen er komplisert, men analyser viser at jo mer sediment i suspensjon jo høyere utlekking (Molværsmyr og Andersen, 2006). Vi kan anta at sedimenter ned til ca 2 m vanddyb jevnlig er utsatt for oppvirvling som følge av vind og bølger. Grunne områder ned til 2 m vanddyb utgjør 76% av totalarealet av Hunnebunn. Hvilket betyr at potensiale for oppvirvling er stort.

Fosfor frigjøres også ved økning i pH. Marint oksisk vann har normalt høy pH (ca 8), mens pH avtar i anoksisk sone. Fosfor bindes gjerne til partikler og havner derfor i sedimentene. Når slike partikler sedimenterer i anoksisk sone frigjøres fosfor, slik målinger har vist i Hunnebunn.

Selv om beregningen vist i Figur 14 er beheftet med relativt stor usikkerhet indikerer de likevel at det er flere kilder og mekanismer til frigjøring av fosfor enn kun frigjøring fra det store lageret i anoksisk sone. Det er en grunn til at bunnvannet er anoksisk. Årsaken er en kombinasjon av store tilførsler og liten utskifting. Det indikerer at utvekslingen av næringsstoffer mellom anoksisk sone og oksiske vannlag er begrenset (Molværsmyr og Andersen, 2006). Observasjoner av H₂S lukt i Hunnebunn kan tyde på at det til tider kan forekomme en utveksling mellom de anoksiske vannmassene og de øvre oksiske vannmassene. Dette kan forårsakes av turbulens som følge av vind og båttrafikk ned mot anoksisk sone som vil kunne rive med seg næringsrikt vann fra anoksisk sone opp i oksisk sone. Jo høyere i vannmassen anoksisk sone kommer jo større er sjansen for slik medrivning og innblanding. En hydraulisk modell vil belyse den interne transporten av næringsalter i Hunnebunn.

Det er usikkert om Hunnebunn er naturlig anoksisk. Beliggenhet, utforming og begrenset kontakt mot ytre skjærgård tilsier at Hunnebunn kan være naturlig anoksisk, men det er sannsynlig at anoksisk sone lå dypere i tidligere tider. Dette kan man få svar på ved analyser av foraminiferfaunaen i aldersdaterte sedimentkjerner. Ifølge Vanddirektivet er målet god økologisk og kjemisk tilstand, eller tilbake til naturtilstand, i alle vannforekomster.

6 Vurdering av mulige tiltak og anbefalinger

Siden det kan tenkes at Hunnebunn er naturlig anoksisk, men at anoksisk sone har ligget dypere i tidligere tider, kan det være et mål for Hunnebunnen å senke anoksisk sone. Ved å senke anoksisk sone blir reservoaret av næringsrikt bunnvann redusert, og den blir mindre utsatt for turbulens. Samtidig blir en større del av vannmassen oksisk og kan håndtere næringsomsetningen i vannforekomsten på en bedre måte. Dette krever at tilførslene av næringsstoffer fra land reduseres, men sannsynligvis også at sirkulasjonen bedres gjennom Talgbergsund.

Det anbefalte scenarioet fra Staalstrøm og Yakushev (2020) var å tilføre oksygen til bunnvannet ved å pumpe ned luft. Dette vil skape sirkulasjon og føre til at de næringsrike vannmassene blandes inn i oksisk sone. For å unngå algeoppblomstring bør tiltakene utføres vinterstid. Det er imidlertid usikkert hvor lang tid det vil ta før alt næringsrikt vann er byttet ut. I tillegg er dette en løsning som krever evigvarende ettersyn og kontroll. Samtidig vil næringsstoffer kunne lekke ut fra bunnsedimentene i lang tid, og de vil føres opp til vannoverflaten. Konklusjonen fra Staalstrøm og Yakushev (2020) har en stor usikkerhet, fordi modellen som ble benyttet ikke har innebygd luftbobling. De viste ikke i hvilken grad den alternative metoden som ble benyttet er representativ for luftbobling.

Den sekvensielle analysen av de anoksiske sedimentene fra stasjon 4 i Hunnebunn viste at sedimentene har et Fe/P forholdstall på 3. Jensen et al (1992) konkluderte at man må ha et Fe/P forhold på minst 15 for å kunne kontrollere P i vannet. Dette viser at det ikke er tilstrekkelig høyt Fe/P (jern/fosfor) forhold i sedimentet i Hunnebunn til å hindre fosfor i å lekke ut i vannmassene. For øvrig har Hupfer et al (2016) vist at en rask forbedring av trofisk status bare kan oppnås hvis fosfor i innsjøen immobiliseres.

Vår konklusjon blir derfor at tilførsel av oksygenrikt vann til bunnen, enten med luftbobling eller ved tilførsel av oksygenrikt overflatevann, må kobles med fjerning av fosfor fra vannet ved bunnen. I tillegg kan det være nyttig å tilføre jern for å fremme binding av fosfor til sedimentene. En tilførsel av jern vil senke pH litt, og dette vil bidra til en ytterligere immobilisering av kvikksølv, da den bindes i komplekser med huminstoffer.

COWI sitt forslag til løsning går ut på å oksygenere bunnvannet, og samtidig fjerne fosfor fra vannet som blir ført opp fra bunnen til overflaten. Dette kan utføres ved bruk av hypolimnisk lufting koblet med fosforfjerning. Eller ved bruk av et anlegg som pumper opp vann fra bunnen, tilsetter 3-verdig jern, lufter vannet, og fører det tilbake til bunnen. På den måten kan fosfor, men også kvikksølv og andre metaller, bli immobilisert i sedimentene. COWI anbefaler hypolimnisk lufting koblet med fosforfjerning da dette ikke krever en utslippstillatelse, i motsetning til en tilsats av jern med tilbakeføring til sjø.

COWI sitt forslag er også en prosess som må opprettholdes kontinuerlig over lang tid, hvis ikke tilførslene av næringsstoffer reduseres.

For å bedre datagrunnlaget for dimensjonering av anlegget anbefales det å utføre sekvensielle analyser av sedimenter fra noen flere stasjoner. Fire prøver fra anoksisk sone som kan bli oksisk er optimalt med hensyn til opparbeiding og analyse. Etter prøvetakingen i august 2020 har vi nå god kjennskap til variasjonen i sedimentenes beskaffenhet.

Det anbefales også at det settes opp en koblet hydraulisk- reaksjonsteknisk modell som inkluderer alle kilder til fosfor i Hunnebunn, inklusive utbytte av stoffer fra sediment og vann, pluss teknisk fjerning av stoffer, og tilførsel av jern til bunnen. Ved bruk av overvåkingsdata fra tilførselsbekker (ferskvann) kombinert med vannføring vil man få innsikt i variasjonene i fluks (tilførsler i g/år). For å få varige tiltak er det nødvendig å få oversikt over størrelsen på de ulike kildene, og få kontroll med disse. Basert på beregninger med modellen kan da utvalg og dimensjonering av forskjellige typer anlegg gjennomføres, inklusive kostnadsestimater.

I henhold til Handlingsplan for Hunnebunn (2019-2022) er en rekke tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn foreslått og igangsatt. Tilførselen av jern kan gjerne sees i sammenheng med en mulig tildekking av bunnsedimentene i Hunnebunn. For å hindre utlekking er det behov for et dekklag på noen ti-talls cm. Det er ikke behov for flere meter tykt dekklag som vurdert av NIVA (2020). Tiltak med fjerning av alger i vannmassene gjennom sommeren er igangsatt. Det er viktig å se tiltakene på land i sammenheng med tiltakene i sjø. Eksempelvis anbefales det å se nærmere på muligheten for reetablering av randsoner med vegetasjon i tilknytning til jordbruksarealer som strekker seg helt ned til vannkanten av pollen, samt reetablering av kantvegetasjon langs Brandstorpbecken og Hunnbekken. Dette for å fange opp avrenning av finpartikulært materiale med høyt innhold av næringsstoffer. En endring i pløyeregime av jordene (høst/vår) kan også være verdt å vurdere.

7 Oppsummering og konklusjoner

Følgende mål er definert for denne rapporten, se kap. 1. En oppsummering er gitt under.

Mål	Oppsummering
Kartlegge miljøtilstanden i Hunnebunn	Sedimentene i Hunnebunnen er forurenset av metallene nikkel og sink, samt TBT og PCB (en stasjon)
Risikovurdering av miljøgifter påvist i sedimentene	Vurderingene tilsier at oppvirvling av sjøbunnen, samt inntak av sjømat utgjør en risiko for human helse. Risikoen bør verifiseres ved mer detaljert informasjon om båttrafikken i området (som kan føre til oppvirvling), og konsentrasjoner av organiske miljøgifter i sjømat
Endringer i risikobildet ved endringer i oksygenforholdene i vannmassene	Siden oppvirvling av sjøbunnen fra båttrafikk utgjør en uakseptabel risiko bør sjøbunnen ikke virvles opp ytterligere, eksempelvis som følge av bobleanlegg (ved å pumpe luft ned) ved bunnen.
Beregning av spredning av miljøgifter og næringsstoffer fra sedimentene før og etter oksygenering	Det er utført en risikovurdering trinn 1 og 2 ved hjelp av miljødirektoratets regneverktøy. I trinn 2 baserer verktøyet seg på sjablongverdier for eksempelvis sediment/vann koeffisienten og mengde sediment som kan virvles opp ved båttrafikk. Direkte estimater av fluks fra sedimentene ved endrede oksygenforhold krever stedsspesifikke undersøkelser for å justere sjablongverdiene. Dette ligger i en risikovurdering trinn 3, og inngår ikke i denne rapporten.
Vurdering av om bobleanlegg bør utprøves	Det er sett spesifikt på utlekking av fosfor og kvikksølv fra sedimentene ved bruk av sekvensielle analyser, for å vurdere om tradisjonelt bobleanlegg eller hypolimnisk lufting bør utprøves i vannmassene. Konklusjonen på dette er at luftbobling til bunnen ikke anbefales. Det anbefales å tilføre oksygenrikt vann til bunnen, ved å luften bunnvannet ved hypolimnisk lufting, med fjerning av fosfor fra vannet.

8 Referanser

Chaichana, R., Leah, R. & Moss, B., 2010. Birds as eutrophicating agents: a nutrient budget for a small lake in a protected area. *Hydrobiologia* 646: 111-121.

Fernandey-Martínez, Rucandio, I., 2013. Assessment of a sequential extraction method to evaluate mercury mobility and geochemistry in solid environmental samples. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 97: 196-203.

Forskrift av 2017. Forskrift om fiske etter innlandsfisk i vassdrag med anadrom laksefisk (laks og sjøørret), samt fredningssoner ved utløpet av slike vassdrag, med unntak av Enningdalselva, Østfold, 19 s.
(<https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2018-01-15-44>).

Fredrikstad kommune 2019. Handlingsplan Hunnebunn. Tiltak for å bedre vannkvalitet og rekreasjonsverdi. 2019-2022. 32 s

Hupfer, M., Reitzel K., Kleeber, A., Lewandowski, J., 2016. Long-term efficiency of lake restoration by chemical phosphorus precipitation: Scenario analysis with a phosphorus balance model. *Water Research* 97: 153-161.

Jensen, H.S., Kristensen, P., Jeppesen, E., Skytthe, A., 1992. Iron:phosphorus ratio in surface sediment as an indicator of phosphate release from aerobic sediments in shallow lakes. *Hydrobiologia* 235/236: 731-743.

Lambertsson, L. and Nilsson, M., 2006. Organic material: The primary control on mercury concentrations in estuarine sediments. *Environ. Sci. Technol.* 40, 6, 1822-1829.

Manny, B.A., Johnson, W.C., & Wetzel, R.G., 1994. Nutrient additions by waterfowl to lakes and reservoirs: predicting Their effects on productivity and water quality. *Hydrobiologia* 279/280: 133-147.

Molværsmyr, Å. og Andersen, T., 2006. Kartlegging og vurdering av interngjødsling i Frøylandsvatnet. IRIS-rapport 2006/017. ISBN: 82-490-0429-9, 56 s.

Paruch, A.M. og Paruch, L., 2019. Kildesporing av fekal vannforurensning i området rundt Hunnebunn, Fredrikstad kommune: Fekale forurensningskilder i Vispen badeplass og bekker rundt Hunnebunn. NIBIO-rap. 5/125/2019. ISBN: 2464-1162, 42 s.

Psenner, R, Pucsko, R, Sager, M., 1984. Fractionation of organic and inorganic phosphorus compounds in lake sediments. An attempt to characterize ecologically important fractions (in German: Die Fraktionierung organischer und

anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten). Arch. Hydrobiol./Suppl 70, 1, 111-155.

Sakshaug, E., Haug, A., Jensen, A & Myklestad, S., 1972. Phytoplankton ecology of the Trondheimsfjord. Biological Station, Trondheim, Mimeographed.

Staalstrøm, A., og Yakushev, E., 2020. Vurdering av mulige tiltak for å bedre vannkvaliteten i Hunnebunn. NIVA-rapport 7451-2020, ISBN: 978-82-577-7186-7, 30 s + vedlegg.

Sunderland E.M., Gobas, F.A.P.C., Branfireun, B.A. and Heyes, A., 2006. Environmental controls on the speciation and distribution of mercury in coastal sediments. Marine Chemistry Vol. 102, Iss. 1-2, 111-123.

Walday, M., Gitmark, J., Naustvoll, L.J., Selvik, J.R. og Nordli, M., 2018. Overvåking av Ytre Oslofjord 2014-2018. Årsrapport for 2017. NIVA rap. 7283-2018, ISBN: 978-82-577-7018-1, 38 s.

9 Vedlegg

VEDLEGG 1: Analyseresultater

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Aud Helland

AR-20-MM-079663-01**EUNOMO-00268671**

Prøvemottak: 21.08.2020
Temperatur:
Analyseperiode: 24.08.2020-23.09.2020

Referanse: A202406 Fredrikstad
kommune, Hunnebonn

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2020-08240264	Prøvetakingsdato:	20.08.2020		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Aud Helland/Tom Tellefsen		
Prøvemerkning:	A 202406 St.1 Hunnebonn, 0-100m	Analysestartdato:	24.08.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	14	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Bly (Pb) Premium LOQ					
b) Bly (Pb)	37	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kadmium (Cd) Premium LOQ					
b) Kadmium (Cd)	0.40	mg/kg TS	0.01	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kobber (Cu)	59	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Krom (Cr)	61	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kvikksølv (Hg) Premium LOQ					
b) Kvikksølv (Hg)	0.136	mg/kg TS	0.001	20%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Nikkel (Ni)	46	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Sink (Zn)	230	mg/kg TS	2	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) PCB(7) Premium LOQ					
b) PCB 28	0.0019	mg/kg TS	0.0005	30%	EN 16167
b) PCB 52	0.0010	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
b) PCB 101	0.00074	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
b) PCB 118	0.00098	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
b) PCB 153	0.00063	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
b) PCB 138	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 180	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) Sum 7 PCB	0.0053	mg/kg TS		25%	EN 16167
b) PAH(16) Premium LOQ					
b) Naftalen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaftalen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

b)	Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fluoranten	0.079 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Pyren	0.052 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]antracen	0.024 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Krysen/Trifenylen	0.013 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[b]fluoranten	0.080 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[k]fluoranten	0.023 mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]pyren	0.029 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.045 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[ghi]perylen	0.041 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Sum PAH(16) EPA	0.39 mg/kg TS			ISO 18287, mod.: 2006-05
a)	Tributyltinn (TBT)	13 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	29 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	13 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	11.3 % TS	1		Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	95.8 %	0.1		Internal Method 6
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	40400 mg/kg TS	1000	20%	NF EN 15936 - Method B
b)	Tørrstoff	29.6 %	0.1	5%	EN 12880 (S2a): 2001-02
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT				
a)*	Injeksjon	blank value/Imported			GC-MS/MS
c)*	Metylkvikksølv				
c)*	Methyl Hg	0.35 ng/kg TS			EPA Method 1630
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	15 µg Sn/kg tv	2	30%	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	8.8 µg Sn/kg tv	2	35%	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	5.2 µg Sn/kg TS	2	35%	XP T 90-250

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2017 COFRAC 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,
c)* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Aschebergsgatan 44, SE-41133, Göteborg

Kopi til:

Tom Tellefsen (tote@cowi.com)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Moss 23.09.2020

A handwritten signature in purple ink that reads "Stig Tjomsland".

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Aud Helland

AR-20-MM-079661-01**EUNOMO-00268671**

Prøvemottak: 21.08.2020

Temperatur:

Analyseperiode: 24.08.2020-23.09.2020

Referanse: A202406 Fredrikstad
kommune, Hunnebonn

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2020-08240265	Prøvetakingsdato:	20.08.2020		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Aud Helland/Tom Tellefsen		
Prøvemerkning:	A 202406 St.3 Hunnebonn, 0-100m	Analysestartdato:	24.08.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	6.4	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Bly (Pb) Premium LOQ					
b) Bly (Pb)	21	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kadmium (Cd) Premium LOQ					
b) Kadmium (Cd)	0.20	mg/kg TS	0.01	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kobber (Cu)	28	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Krom (Cr)	44	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kvikksølv (Hg) Premium LOQ					
b) Kvikksølv (Hg)	0.049	mg/kg TS	0.001	20%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Nikkel (Ni)	30	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Sink (Zn)	130	mg/kg TS	2	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) PCB(7) Premium LOQ					
b) PCB 28	< 0.00084	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 52	< 0.00084	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 101	< 0.00084	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 118	< 0.00084	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 153	< 0.00084	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 138	< 0.00084	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 180	< 0.00084	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) Sum 7 PCB	nd				EN 16167
b) PAH(16) Premium LOQ					
b) Naftalen	< 0.017	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaftilen	< 0.017	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaften	< 0.017	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

b)	Fluoren	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fenantren	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Antracen	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fluoranten	0.024 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Pyren	0.017 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]antracen	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Krysen/Trifenylen	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[b]fluoranten	0.027 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[k]fluoranten	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]pyren	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Indeno[1,2,3-cd]pyren	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Dibenzo[a,h]antracen	< 0.017 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[ghi]perylen	0.019 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Sum PAH(16) EPA	0.087 mg/kg TS			ISO 18287, mod.: 2006-05
a)	Tributyltinn (TBT)	13 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	2.6 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	4.9 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	11.1 % TS	1		Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	93.1 %	0.1		Internal Method 6
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	29800 mg/kg TS	1000	20%	NF EN 15936 - Method B
b)	Tørrstoff	12.0 %	0.1	5%	EN 12880 (S2a): 2001-02
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT				
a)*	Injeksjon	blank value/Imported			GC-MS/MS
c)*	Metylkvikksølv				
c)*	Methyl Hg	4.01 ng/kg TS			EPA Method 1630
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	3.3 µg Sn/kg tv	2	35%	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	5.2 µg Sn/kg TS	2	35%	XP T 90-250

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2017 COFRAC 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,
c)* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Aschebergsgatan 44, SE-41133, Göteborg

Kopi til:

Tom Tellefsen (tote@cowi.com)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Moss 23.09.2020

A handwritten signature in purple ink that reads "Stig Tjomsland".

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

COWI AS

Postboks 6412 Etterstad

0605 OSLO

Attn: Aud Helland

AR-20-MM-079619-0U**EON8 M8 -0026L67U**

Prøvemottak: 21.08.2020

Temperatur:

Analyseperiode: 24.08.2020-23.09.2020

Referanse: A202406 Fredrikstad
kommune, Hunnebonn**ANAYPSERA448 RT**

Prøvenr.:	359-2020-0L230266	Prøvetakingsdato:	20.08.2020		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Aud Helland/Tom Tellefsen		
Prøvemerkning:	A 202406 St.4 Hunnebonn, 1-100m	Analysestartdato:	24.08.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Arsen (As) 4remium Y8 Q					
b) Arsen (As)	8.2	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Bly (4b) 4remium Y8 Q					
b) Bly (Pb)	28	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kadmium (Cd) 4remium Y8 Q					
b) Kadmium (Cd)	0.30	mg/kg TS	0.01	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kobber (Cu)	38	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Krom (Cr)	55	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kvikksølv (Hg) 4remium Y8 Q					
b) Kvikksølv (Hg)	0.076	mg/kg TS	0.001	20%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Nikkel (Ni)	39	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Sink (Zn)	170	mg/kg TS	2	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) 4CB(7) 4remium Y8 Q					
b) PCB 28	< 0.00079	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 52	< 0.00079	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 101	< 0.00079	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 118	< 0.00079	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 153	< 0.00079	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 138	< 0.00079	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 180	< 0.00079	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) Sum 7 PCB	nd				EN 16167
b) 4AH(U6) 4remium Y8 Q					
b) Naftalen	< 0.016	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaftilen	< 0.016	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaften	< 0.016	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

b)	Fluoren	< 0.016 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fenantren	< 0.016 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Antracen	< 0.016 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fluoranten	0.039 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Pyren	0.025 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]antracen	< 0.016 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Krysen/Trifenylen	< 0.016 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[b]fluoranten	0.040 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[k]fluoranten	< 0.016 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]pyren	< 0.016 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.023 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Dibenzo[a,h]antracen	< 0.016 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[ghi]perylene	0.028 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Sum PAH(16) EPA	0.16 mg/kg TS			ISO 18287, mod.: 2006-05
a)	Tributyltinn (TBT)	14 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	<2.5 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	2.7 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	11.3 % TS	1		Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	88.0 %	0.1		Internal Method 6
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	29500 mg/kg TS	1000	20%	NF EN 15936 - Method B
b)	Tørrstoff	12.6 %	0.1	5%	EN 12880 (S2a): 2001-02
a)*	4reptest - TBT,DTB,MBT				
a)*	Injeksjon	blank value/Imported			GC-MS/MS
c)*	Metylkvikksølv				
c)*	Methyl Hg	1.57 ng/kg TS			EPA Method 1630
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	<2.0 µg Sn/kg tv	2		XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	5.7 µg Sn/kg TS	2	35%	XP T 90-250

Otførende laboratorium/ Onderleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2017 COFRAC 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,
c)* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Aschebergsgatan 44, SE-41133, Göteborg

Kopi til:

Tom Tellefsen (tote@cowi.com)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Moss 25.09.2020

A handwritten signature in purple ink that reads "Stig Tjomsland".

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Aud Helland

AR-20-MM-079661-0U**EON8 M8 -0026L67U**

Prøvemottak: 21.08.2020

Temperatur:

Analyseperiode: 24.08.2020-23.09.2020

Referanse: A202406 Fredrikstad
kommune, Hunnebonn**ANAYPSERA448 RT**

Prøvenr.:	359-2020-0L230267	Prøvetakingsdato:	20.08.2020		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Aud Helland/Tom Tellefsen		
Prøvemerkning:	A 202406 St.5 Hunnebonn, 0-100m	Analysestartdato:	24.08.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Arsen (As) 4remium Y8 Q					
b) Arsen (As)	15	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Bly (4b) 4remium Y8 Q					
b) Bly (Pb)	32	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kadmium (Cd) 4remium Y8 Q					
b) Kadmium (Cd)	0.45	mg/kg TS	0.01	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kobber (Cu)	53	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Krom (Cr)	62	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kvikksølv (Hg) 4remium Y8 Q					
b) Kvikksølv (Hg)	0.088	mg/kg TS	0.001	20%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Nikkel (Ni)	44	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Sink (Zn)	210	mg/kg TS	2	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) 4CB(7) 4remium Y8 Q					
b) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 52	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 101	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 118	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 153	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 138	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 180	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) Sum 7 PCB	nd				EN 16167
b) 4AH(U6) 4remium Y8 Q					
b) Naftalen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaftilen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

b)	Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fluoranten	0.12 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Pyren	0.060 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]antracen	0.011 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[b]fluoranten	0.046 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[k]fluoranten	0.012 mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]pyren	0.013 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.021 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[ghi]perylen	0.027 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Sum PAH(16) EPA	0.31 mg/kg TS			ISO 18287, mod.: 2006-05
a)	Tributyltinn (TBT)	8.8 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	11 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	9.4 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	9.6 % TS	1		Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	88.7 %	0.1		Internal Method 6
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	37500 mg/kg TS	1000	20%	NF EN 15936 - Method B
b)	Tørrstoff	28.2 %	0.1	5%	EN 12880 (S2a): 2001-02
a)*	4reptest - TBT,DTB,MBT				
a)*	Injeksjon	blank value/Imported			GC-MS/MS
c)*	Metylkvikksølv				
c)*	Methyl Hg	0.377 ng/kg TS			EPA Method 1630
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	5.7 µg Sn/kg tv	2	31%	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	6.3 µg Sn/kg tv	2	35%	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	3.6 µg Sn/kg TS	2	35%	XP T 90-250

Otførende laboratorium/ Onderleverandør:

a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne

a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2017 COFRAC 1-1488,

b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

c)* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Aschebergsgatan 44, SE-41133, Göteborg

Kopi til:

Tom Tellefsen (tote@cowi.com)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Moss 25.09.2020

A handwritten signature in purple ink that reads "Stig Tjomsland".

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Aud Helland

AR-20-MM-079663-01**EUNOMO-00268671**

Prøvemottak: 21.08.2020

Temperatur:

Analyseperiode: 24.08.2020-23.09.2020

Referanse: A202406 Fredrikstad
kommune, Hunnebonn

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	349-2020-08230268	Prøvetakingsdato:	20.08.2020		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Aud Helland/Tom Tellefsen		
Prøvemerkning:	A 202406 St.6 Hunnebonn, 0-100m	Analysestartdato:	24.08.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	10	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Bly (Pb) Premium LOQ					
b) Bly (Pb)	29	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kadmium (Cd) Premium LOQ					
b) Kadmium (Cd)	0.35	mg/kg TS	0.01	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kobber (Cu)	40	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Krom (Cr)	50	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kvikksølv (Hg) Premium LOQ					
b) Kvikksølv (Hg)	0.08	mg/kg TS	0.001	20%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Nikkel (Ni)	36	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Sink (Zn)	180	mg/kg TS	2	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) PCB(7) Premium LOQ					
b) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 52	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 101	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 118	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 153	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 138	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 180	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) Sum 7 PCB	nd				EN 16167
b) PAH(16) Premium LOQ					
b) Naftalen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaftalen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

b)	Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fluoranten	0.033 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Pyren	0.023 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]antracen	0.012 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[b]fluoranten	0.052 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[k]fluoranten	0.014 mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]pyren	0.016 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.027 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[ghi]perylen	0.028 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Sum PAH(16) EPA	0.21 mg/kg TS			ISO 18287, mod.: 2006-05
a)	Tributyltinn (TBT)	4.2 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	8.2 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	6.5 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	9.1 % TS	1		Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	94.2 %	0.1		Internal Method 6
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	40400 mg/kg TS	1000	20%	NF EN 15936 - Method B
b)	Tørrstoff	30.4 %	0.1	5%	EN 12880 (S2a): 2001-02
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT				
a)*	Injeksjon	blank value/Imported			GC-MS/MS
c)*	Metylkvikksølv				
c)*	Methyl Hg	0.238 ng/kg TS			EPA Method 1630
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	4.2 µg Sn/kg tv	2	31%	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	4.4 µg Sn/kg tv	2	35%	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg TS	2		XP T 90-250

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne

a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2017 COFRAC 1-1488,

b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

c)* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Aschebergsgatan 44, SE-41133, Göteborg

Kopi til:

Tom Tellefsen (tote@cowi.com)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Moss 24.09.2020

A handwritten signature in purple ink that reads "Stig Tjomsland".

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Aud Helland

AR-20-MM-079662-03**E1 NUMU-00260673**

Prøvemottak: 21.08.2020

Temperatur:

Analyseperiode: 24.08.2020-23.09.2020

Referanse: A202406 Fredrikstad
kommune, Hunnebonn**ANA8LSERAYYURT**

Prøvenr.:	P49-2020-002P0269	Prøvetakingsdato:	20.08.2020		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Aud Helland/Tom Tellefsen		
Prøvemerkning:	A 202406 St.7 Hunnebonn, 0-100m	Analysestartdato:	24.08.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Arsen (As) Yremium 8UQ					
b) Arsen (As)	12	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Bly (Yb) Yremium 8UQ					
b) Bly (Pb)	32	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kadmium (Cd) Yremium 8UQ					
b) Kadmium (Cd)	0.36	mg/kg TS	0.01	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kobber (Cu)	39	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Krom (Cr)	58	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kvikksølv (Hg) Yremium 8UQ					
b) Kvikksølv (Hg)	0.081	mg/kg TS	0.001	20%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Nikkel (Ni)	42	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Sink (Zn)	180	mg/kg TS	2	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) YCB(7) Yremium 8UQ					
b) PCB 28	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 52	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 101	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 118	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 153	0.00053	mg/kg TS	0.0005	25%	EN 16167
b) PCB 138	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 180	< 0.00050	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) Sum 7 PCB	0.00053	mg/kg TS		25%	EN 16167
b) YAH(36) Yremium 8UQ					
b) Naftalen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaftilen	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaften	< 0.010	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

b)	Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fluoranten	0.041 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Pyren	0.031 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]antracen	0.013 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Krysen/Trifenylen	0.010 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[b]fluoranten	0.069 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[k]fluoranten	0.018 mg/kg TS	0.01	30%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]pyren	0.020 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.039 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[ghi]perylen	0.037 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Sum PAH(16) EPA	0.28 mg/kg TS			ISO 18287, mod.: 2006-05
a)	Tributyltinn (TBT)	57 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	24 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	15 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	13.3 % TS	1		Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	96.9 %	0.1		Internal Method 6
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	25100 mg/kg TS	1000	20%	NF EN 15936 - Method B
b)	Tørrstoff	20.2 %	0.1	5%	EN 12880 (S2a): 2001-02
a)*	Yreptest - TBT,DTB,MBT				
a)*	Injeksjon	blank value/Imported			GC-MS/MS
c)*	Metylkvikksølv				
c)*	Methyl Hg	1.70 ng/kg TS			EPA Method 1630
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	12 µg Sn/kg tv	2	30%	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	10 µg Sn/kg tv	2	35%	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	23 µg Sn/kg TS	2	35%	XP T 90-250

1 tførende laboratorium/ 1 nderleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2017 COFRAC 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,
c)* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Aschebergsgatan 44, SE-41133, Göteborg

Kopi til:

Tom Tellefsen (tote@cowi.com)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Moss 24.09.2020

A handwritten signature in purple ink that reads "Stig Tjomsland".

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

COWI AS
Postboks 6412 Etterstad
0605 OSLO
Attn: Aud Helland

AR-20-MM-079660-03**E1 NUMU-00260673**

Prøvemottak: 21.08.2020

Temperatur:

Analyseperiode: 24.08.2020-23.09.2020

Referanse: A202406 Fredrikstad
kommune, Hunnebonn**ANA8LSERAYYURT**

Prøvenr.:	P49-2020-002P0270	Prøvetakingsdato:	20.08.2020		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Aud Helland/Tom Tellefsen		
Prøvemerkning:	A 202406 St.8 Hunnebonn, 0-100m	Analysestartdato:	24.08.2020		
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Arsen (As) Yremium 8UQ					
b) Arsen (As)	8.1	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Bly (Yb) Yremium 8UQ					
b) Bly (Pb)	27	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kadmium (Cd) Yremium 8UQ					
b) Kadmium (Cd)	0.34	mg/kg TS	0.01	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kobber (Cu)	39	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Krom (Cr)	53	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Kvikksølv (Hg) Yremium 8UQ					
b) Kvikksølv (Hg)	0.060	mg/kg TS	0.001	20%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Nikkel (Ni)	37	mg/kg TS	0.5	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) Sink (Zn)	170	mg/kg TS	2	25%	EN ISO 17294-2:2016 / SS 028311, ed. 1
b) YCB(7) Yremium 8UQ					
b) PCB 28	< 0.00070	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 52	< 0.00070	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 101	< 0.00070	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 118	< 0.00070	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 153	< 0.00070	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 138	< 0.00070	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) PCB 180	< 0.00070	mg/kg TS	0.0005		EN 16167
b) Sum 7 PCB	nd				EN 16167
b) YAH(36) Yremium 8UQ					
b) Naftalen	< 0.014	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaftilen	< 0.014	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b) Acenaften	< 0.014	mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen

LOQ: Kvantifiseringsgrense

MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

b)	Fluoren	< 0.014 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fenantren	< 0.014 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Antracen	< 0.014 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Fluoranten	0.035 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Pyren	0.021 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]antracen	< 0.014 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Krysen/Trifenylen	< 0.014 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[b]fluoranten	0.037 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[k]fluoranten	< 0.014 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[a]pyren	< 0.014 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Indeno[1,2,3-cd]pyren	0.018 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Dibenzo[a,h]antracen	< 0.014 mg/kg TS	0.01		ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Benzo[ghi]perylene	0.024 mg/kg TS	0.01	25%	ISO 18287, mod.: 2006-05
b)	Sum PAH(16) EPA	0.14 mg/kg TS			ISO 18287, mod.: 2006-05
a)	Tributyltinn (TBT)	6.0 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	<2.5 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	3.1 µg/kg tv	4		XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	11.1 % TS	1		Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	92.5 %	0.1		Internal Method 6
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	29000 mg/kg TS	1000	20%	NF EN 15936 - Method B
b)	Tørrstoff	14.2 %	0.1	5%	EN 12880 (S2a): 2001-02
a)*	Yreptest - TBT,DTB,MBT				
a)*	Injeksjon	blank value/Imported			GC-MS/MS
c)*	Metylkvikksølv				
c)*	Methyl Hg	1.04 ng/kg TS			EPA Method 1630
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2		XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	2.1 µg Sn/kg tv	2	35%	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	2.5 µg Sn/kg TS	2	35%	XP T 90-250

1 tførende laboratorium/ 1 nderleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne NF EN ISO/IEC 17025:2017 COFRAC 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,
c)* IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Aschebergsgatan 44, SE-41133, Göteborg

Kopi til:

Tom Tellefsen (tote@cowi.com)

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.



Moss 24.09.2020

A handwritten signature in purple ink that reads "Stig Tjomsland".

Stig Tjomsland

Analytical Service Manager

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,-<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/ -området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

VEDLEGG 2: Stedsspesifikke data

Vurdering 0-6 m

GENERELLE PARAMETERE			
Grunnleggende sedimentparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	4	Gjennomsnittskonsentrasjon 3 stasjoner (st. 1, 5, 6)
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	
Porositet, ϵ	0,7	0,7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å oppnå enheten mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	685000	Ca areal av hele hunnebunn 1 km ² Oksisk sone grunnere enn 6 m er 685000 m ²
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	2055000	Største dyp er 11 m, bruker A x gjennomsnittsdyp 5.5m
Oppholdstid til vannet i bassenget, t [år]	ingen standard	1	(antar månedlig utsifling av oksisk sone)
SPREDNING			
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	10	
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	ingen standard	5000	Kun småbåttrafikk pga grunn terskel. Ca 300 båtplasser i Hunnebunn 1 dag/uke i juni, jul, aug (90 dager) + 1000 besøkende på 90 d = 5000/3 mnd
Traséengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	800	Lengste innsailingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 20 m dypt. Anløp til flytebrygger. Regner lengden av
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	150	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{op} [m ²]	ingen standard	800	1 m bredde
Fraksjon suspendert $f_{susp} =$ sedimentfraksjon < 2 μ m	ingen standard	0,7	enn 2 μ m, $\epsilon f = 0,05$)
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mengde organisk karbon i bunnfauna biomasse OC_{bio} [g/g]	0,25	0,25	
Organisk karbonliferingsrate til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200	
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0,47	0,47	
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31	
Konverteringsfaktor fra våtekt til tørvekt for C_{90}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{90} som er på våtektsbasis til C_{90} på tørvektsbasis. Tørvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtekt.
Parametere for å beregne tømming av stofflageret i det bioaktive laget, f_{rem}	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mekthet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/lm ²)	100	50	Lukket H ₂ S under 5 cm sedimentdyb, lite fauna å se
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1,3	1,3	
Fraksjon tørvekt av vått sediment	0,35	0,29	Fra analyse

HUMAN HELSE					
Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjablong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matriksfaktor, mf	0,15	0,15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0,00003	0,00003			
Kontaminert fraksjon, KF_i	0,5	0,5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DE_{sed}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sediment, D_{sed} [kg/d]	0,00035	0,001	0,00035	0,001	
Parametere for inntak av overflatevann, DE_{sv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	0,05	0,05	0,05	0,05	
Parametere for inntak av partikulært materiale, DE_{pm}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{sv} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DE_{had}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,had}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{had} [m ²]	0,28	0,17	0,28	0,17	
Hudhæfterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0,0375	0,0051	0,0375	0,0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [1/limer]	0,005	0,010	0,005	0,01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{had} [timer/d]	8	8	8	8	
Parametere for hudkontakt med vann, DE_{hsv}	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,hsv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{hsv} [m ²]	1,80	0,95	1,8	0,95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{hsv} [timer/d]	1	2	1	2	
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IE_i	Sjablong-verdi voksen	Sjablong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, D_i [kg v.v/d]	0,138	0,028	0,138	0,028	

Vurdering 6-11 m.

GENERELLE PARAMETERE			
Grunnleggende sedimentparametere	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	3	Gjennomsnittskonsentrasjon 4 stasjoner (St3, 4, 7, 8)
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	
Porøsitet, ϵ	0,7	0,7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å oppnå enheten mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	Ingen standard	315000	Areal dypere enn 6 m
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	Ingen standard	708750	Gjennomsnitt av dyp 6-11 m (2,25m)
Oppholdstid til vannet i bassenget, t_r [år]	Ingen standard	5	Lang oppholdstid. Rapportert H,S i overflaten i 2016 og 2019, vet ikke om
SPREDNING			
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusjons hastighet pga bioturbasjon, a	10	10	
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{skip}	Ingen standard	5000	Kun småbåttrafikk pga grunn terskel. Ca 300 båtplasser i Hunnebu
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	900	Lengste innsellingstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 20 m dypt. Anløp til flytebrygger. Regner lengden av
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	Ingen standard	150	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{skip} [m ²]	Ingen standard	900	Settes lik 0 dersom uaktuell spredningsvei. Smalt løp, små båter, setter 1
Fraksjon suspendert $f_{susp} =$ sedimentfraksjon < 2 μ m	Ingen standard	0,8	93% < 63 μ m antar 80% < 2 μ m. Tas fra siktekurve (dersom 5 % er mindre e
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mengde organisk karbon i bun fauna biomasse OC_{bio} [g/g]	0,25	0,25	Anoksiske, ingen organismer
Organisk karbon tilførsel til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200	
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0,47	0,47	
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, OC_{res} [g/m ² /år]	31	31	
Konverteringsfaktor fra våtvekt til tørvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF_{bio} som er på våtvektsbasis til C_{bio} på tørvektsbasis. Tørvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtvekt.
Parametere for å beregne tømming av stofflageret i det bioaktive laget, t_{tom}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100	Anoksiske, ingen organismer
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1,3	1,3	
Fraksjon tørvekt av vått sediment	0,35	0,35	

HUMAN HELSE					
Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matrisefaktor, mf	0,15	0,15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0,00003	0,00003			
Kontaminert fraksjon, KF_r	0,5	0,5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DE_{sed}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponerings tid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sediment, D_{sed} [kg/d]	0,00035	0,001	0,00035	0,001	
Parametere for inntak av overflatevann, DE_{ov}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponerings tid, $f_{exp,ov}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{ov} [l/d]	0,05	0,05	0,05	0,05	
Parametere for inntak av partikulært materiale, DE_{pm}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponerings tid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, D_{ov} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, DE_{hud}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponerings tid, $f_{exp,hud}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0,28	0,17	0,28	0,17	
Hudhefterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0,0375	0,0051	0,0375	0,0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment, HAB_{sed} [1/timer]	0,005	0,010	0,005	0,01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [timer/d]	8	8	8	8	
Parametere for hudkontakt med vann, DE_{hv}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponerings tid, $f_{exp,hv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{hv} [m ²]	1,80	0,95	1,8	0,95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{hv} [timer/d]	1	2	1	2	
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skaldyr, IEI_r	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skaldyr, D_r [kg v.v./d]	0,138	0,028	0,138	0,028	

VEDLEGG 3: Risikovurdering 0-11 m – hvis hele Hunnebunn blir oksisk

Stedsspesifikke data

GENERELLE PARAMETERE			
Grunnleggende sedimentparametere	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
TOC	1	3,31	Gjennomsnittskonsentrasjon 8 stasjoner
Bulkdensitet til sedimentet, ρ_{sed} [kg/l]	0,8	0,8	
Poresitet, ϵ	0,7	0,7	
Korreksjonsfaktor	315576000	315576000	For å oppnå enheten mg/m ² /år for spredning ved biodiffusjon
Generelle områdeparametere	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Sedimentareal i bassenget, A_{sed} [m ²]	ingen standard	1000000	Ca areal av hele hunnebunn 1 km ²
Vannvolumet over sedimentet, V_{sed} [m ³]	ingen standard	5500000	Største dyp er 11 m, bruker A x gjennomsnittsdyp 5.5m
Oppholdstid til vannet i bassenget, $t_{\text{å}}[a]$	ingen standard	5	Lang oppholdstid. Rapportert H ₂ S i overflaten i 2016 og 2019, vet ikke om
SPREDNING			
Parametere for transport via biodiffusjon, F_{diff}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Tortuositet, τ	3	3	
Faktor for diffusjonshastighet pga bioturbasjon, a	10	10	
Diffusjonslengde, Δx [cm]	1	1	
Parametere for oppvirvling fra skip, F_{skip}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Antall skipsanløp per år, N_{anlop}	ingen standard	5000	Kun småbåttrafikk pga grunn terskel. Ca 300 båt plasser i Hunnebunn 1 d
Trasélengde for skipsanløp i sedimentareal påvirket av oppvirvling, T [m]	120	1700	Langste innsleingsstrasé i sedimentareal påvirket av oppvirvling, dvs. i sedimentareal < 20 m dypt. Anløp til flytebrygger. Regner lengden av
Mengde oppvirvlet sediment per anløp, m_{sed} [kg]	ingen standard	150	Sett inn verdi fra faktaboks 6 i veileder
Sedimentareal påvirket av oppvirvling, A_{opv} [m ²]	ingen standard	1700	Settes lik 0 dersom uaktuell spredningsvei. Smalt løp, små båter, setter t
Fraksjon suspendert $f_{susp} =$ sedimentfraksjon < 2 μm	ingen standard	0,8	93% < 63 μm antar 80% < 2 μm . Tas fra siktekurve (dersom 5 % er mindre e
Parametere for transport via organismer, F_{org}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mengde organisk karbon i bunnsfauna biomasse OC_{bun} [g/g]	0,25	0,25	
Organisk karbonlitteret til sedimentet utenfra, OC_{sed} [g/m ² /år]	200	200	
Fraksjon av organisk karbon som ikke omsettes, d [g/g]	0,47	0,47	
Organisk karbon omsatt (respirert) i sedimentet, OC_{resp} [g/m ² /år]	31	31	
Konverteringsfaktor fra våtekt til tørvekt for C_{bio}	5	5	Faktor for å konvertere BCF _{bio} som er på våtektsbasis til C_{bio} på tørvektsbasis. Tørvekt av biologisk materiale er typisk 1/5 av våtekt.
Parametere for å beregne tømming av stofflageret i det bioaktive laget, t_{tomm}	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse
Mektighet av bioturbasjonsdyp, d_{sed} (mm/m ²)	100	100	Antatt at sjøbunnen blir oksisk fra 0-11 m
Tetthet av vått sediment, ρ_w (kg/l)	1,3	1,3	
Fraksjon tørvekt av vått sediment	0,35	0,21	Gjennomsnitt 8 prøver

HUMAN HELSE					
Generelle parametere (gjelder for både barn og voksen)	Sjåblong-verdi	Anvendt verdi	Begrunnelse		
Absorpsjonsfaktor, af	1	1			
Matrisefaktor, mf	0,15	0,15			
Innhold partikulært materiale i vann [kg/l]	0,00003	0,00003			
Kontaminert fraksjon, KF_f	0,5	0,5			
Generelle parametere (ulike for barn og voksen)	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Kroppsvekt, KV [kg]	70	15	70	15	
Parametere for oralt inntak av sediment, DE_{sed}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sediment, DI_{sed} [kg/d]	0,00035	0,001	0,00035	0,001	
Parametere for inntak av overflatevann, DE_{sv}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,sv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, DI_{sv} [l/d]	0,05	0,05	0,05	0,05	
Parametere for inntak av partikulært materiale, DE_{pm}	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,pm}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Inntak av sjøvann, DI_{sv} [l/d]	Se inntak av overflatevann.				
Parametere for hudkontakt med sediment, $DE_{H,sed}$	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,H,sed}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sed} [m ²]	0,28	0,17	0,28	0,17	
Hudhefterate for sediment, HAD_{sed} [kg/m ²]	0,0375	0,0051	0,0375	0,0051	
Hudabsorpsjonsrate for sediment HAB_{sed} [l/limer]	0,005	0,010	0,005	0,01	
Eksponeringstid hud med sediment, ET_{sed} [limer/d]	8	8	8	8	
Parametere for hudkontakt med vann, $DE_{H,sv}$	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Fraksjon eksponeringstid, $f_{exp,H,sv}$ [d/d]	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	8,22E-02	
Hudareal for eksponering med sediment, HA_{sv} [m ²]	1,80	0,95	1,8	0,95	
Eksponeringstid hud med sjøvann, ET_{sv} [limer/d]	1	2	1	2	
Parametere for eksponering via inntak av fisk/skalldyr, IEI_f	Sjåblong-verdi voksen	Sjåblong-verdi barn	Anvendt verdi voksen	Anvendt verdi barn	Begrunnelse
Daglig inntak av fisk og skalldyr, DI_f [kg v.v./d]	0,138	0,028	0,138	0,028	

Tabell 16. Målt sedimentkonsentrasjon av aktuelle stoffer i Hunnebunn (0-11 m vandndyp) 20.08.20 sammenlignet med trinn 1 grenseverdier.

Stoff	Målt sedimentkonsentrasjon			Trinn 1 grenseverdi (mg/kg)	Målt sedimentkonsentrasjon i forhold til trinn 1 grenseverdi (antall ganger):	
	Antall prøver	C _{sed} -maks (mg/kg)	C _{sed} -middel (mg/kg)		Maks	Middel
Arsen	7	15	10,5285714	18		
Bly	7	37	25,9571429	150		
Krom totalt (III + VI)	7	62	54,7142857	660		
Nikkel	7	46	39,1428571	42	1,1	
Sink	7	230	181,428571	139	1,7	1,3
Antracen	7	0,0085	0,00621429	0,0046	1,8	1,4
Fluoranten	7	0,12	0,053	0,4		
Pyren	7	0,06	0,03271429	0,084		
Benzo(a)pyren	7	0,029	0,0145	0,183		
Benzo(ghi)perylene	7	0,041	0,02914286	0,084		
Sum PCB7	7	6,09E-03	2,88E-03	0,0041	1,5	1,7
Tributyltinn (TBT-ion)	7	0,39	0,22528571	0,035	11,1	6,4

Tabell 17. Beregnet spredning av aktuelle stoffer i sedimenter fra Hunnebunn 20.08.20 (0-11 m vandndyp) sammenlignet med "tillatt spredning" (dvs. spredning fra et sediment med konsentrasjoner =PNEC for de aktuelle stoffene)

Stoff	Beregnet spredning ikke påvirket av skipsopprivling (F _{dift} + F _{org})		Beregnet spredning inkludert skipsopprivling (F _{dift} + F _{org} + F _{skip})		Spredning (F _{tot}) dersom C _{sed} er lik grenseverdi for trinn 1 (mg/m ² /år)	F _{tot} i forhold til tillatt spredning (antall ganger):	
	F _{tot, sed-skip maks} (mg/m ² /år)	F _{tot, sed-skip middel} (mg/m ² /år)	F _{tot, skip maks} (mg/m ² /år)	F _{tot, skip middel} (mg/m ² /år)		Maks	Middel
Arsen	1,51E+01	1,06E+01	1,50E+05	1,05E+05	1,80E+05		
Bly	1,81E+00	1,27E+00	3,70E+05	2,60E+05	1,50E+06		
Krom totalt (III + VI)	2,28E+00	2,01E+00	6,20E+05	5,47E+05	6,60E+06		
Nikkel	3,43E+01	2,92E+01	4,61E+05	3,92E+05	4,21E+05	1,1	
Sink	1,40E+01	1,10E+01	2,30E+06	1,81E+06	1,39E+06	1,7	1,3
Antracen	6,85E-02	5,01E-02	8,62E+01	6,30E+01	4,66E+01	1,8	1,4
Fluoranten	4,37E-01	1,93E-01	1,21E+03	5,32E+02	4,02E+03		
Pyren	4,21E+00	2,30E+00	6,08E+02	3,32E+02	8,47E+02		
Benzo(a)pyren	2,17E-02	1,09E-02	2,90E+02	1,45E+02	1,83E+03		
Benzo(ghi)perylene	2,47E-02	1,75E-02	4,10E+02	2,92E+02	8,40E+02		
Sum PCB7	1,07E-01	4,09E-02	6,13E+01	2,89E+01			
Tributyltinn (TBT-ion)	1,34E+02	7,78E+01	5,37E+03	3,10E+03	4,75E+02	11,3	6,5

Tabell 18. Beregnet total livstidseksponering av aktuelle stoffer i sedimenter fra Hunnebunn 20.08.20 (0-11 m vandndyp) sammenlignet med MTR/TDI 10%

Stoff	Beregnet total livstidseksponering		Grense for human risiko, MTR/TDI 10 % (mg/kg/d)	Beregnet total livstidseksponering i forhold til MTR 10 % (antall ganger):	
	DOSE _{maks} (mg/kg/d)	DOSE _{middel} (mg/kg/d)		Maks	Middel
Arsen	1,90E-04	1,34E-04	1,00E-04	1,9	1,3
Bly	5,46E-04	3,83E-04	3,60E-04	1,5	1,1
Krom totalt (III + VI)	7,59E-04	6,70E-04	5,00E-04	1,5	1,3
Nikkel	2,28E-03	1,94E-03	5,00E-03		
Sink	4,83E-03	3,81E-03	5,00E-02		
Antracen	1,64E-05	1,20E-05	4,00E-03		
Fluoranten	1,77E-04	7,83E-05	5,00E-03		
Pyren	2,66E-03	1,45E-03	5,00E-02		
Benzo(a)pyren	1,20E-05	6,00E-06	5,00E-05		
Benzo(ghi)perylene	1,39E-05	9,86E-06	3,00E-03		
Sum PCB7	6,48E-05	2,50E-05	1,00E-06	64,8	25,0
Tributyltinn (TBT-ion)	6,31E-02	3,64E-02	2,50E-04	252,3	145,7

Tabell 19. Beregnet porevannskonsentrasjon av aktuelle stoffer i sedimenter fra Hunnebunn 20.08.20 (0-11 m vanddyb) sammenlignet med PNEC_w.

Stoff	Beregnet porevannskonsentrasjon		Målt porevannskonsentrasjon		Grenseverdi for økologisk risiko, PNEC _w (mg/l)	Målt eller beregnet porevannskonsentrasjon i forhold til PNEC _w (antall ganger):	
	C _{pv} , maks (mg/l)	C _{pv} , middel (mg/l)	C _{pv} , maks (mg/l)	C _{pv} , middel (mg/l)		Maks	Middel
Arsen	2,27E-03	1,59E-03	ikke målt	ikke målt	6,0E-04	3,8	2,7
Bly	2,39E-04	1,68E-04	ikke målt	ikke målt	1,3E-03		
Krom totalt (III + VI)	5,17E-04	4,56E-04	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Nikkel	6,50E-03	5,53E-03	ikke målt	ikke målt	8,6E-03		
Sink	2,09E-03	1,65E-03	ikke målt	ikke målt	3,4E-03		
Antracen	8,71E-06	6,36E-06	ikke målt	ikke målt	1,0E-04		
Fluoranten	3,71E-05	1,64E-05	ikke målt	ikke målt	6,3E-06	5,9	2,6
Pyren	3,08E-05	1,68E-05	ikke målt	ikke målt	2,3E-05	1,3	
Benzo(a)pyren	1,05E-06	5,27E-07	ikke målt	ikke målt	1,7E-07	6,2	3,1
Benzo(ghi)perylen	1,21E-06	8,60E-07	ikke målt	ikke målt	8,2E-07	1,5	1,0
Sum PCB7	2,14E-06	7,50E-07	ikke målt	ikke målt		mangler PNEC	mangler PNEC
Tributyltinn (TBT-ion)	1,07E-02	6,19E-03	ikke målt	ikke målt	2,0E-07	53556,7	30937,3