

BERGEN KOMMUNE

Miljørisikovurdering

Utslipp av vann fra midlertidig anleggsdrift Slettebakken

ADRESSE COWI AS
Postboks 2422
5824 Bergen
Norway
TLF +47 02694
WWW cowi.com



Dokumentinformasjon:

Tittel:	Miljørisikovurdering -Utslipp av vann fra midlertidig anleggsdrift Slettebakken		
COWI-kontor:	Inger Bang Lunds vei 4, 5059 Bergen		
Oppdrag nr.:	A124245	Rapportnummer	A124245-042
Utgivelsesdato:	1.11.2021	Antall sider:	21
Tilgjengelighet:	Åpen	Antall vedlegg:	-
Utarbeidet:	Elisabeth Nesse	Sign.	<i>Elisabeth Nesse</i>
Kontrollert:	ISSO	Sign.	s/ ISSO
Godkjent:	Elisabeth Nesse	Sign.	<i>Elisabeth Nesse</i>
Oppdragsgiver:	Bergen Kommune	Oppdragsgivers kontaktperson:	Gry B. Stenersen
Kontaktinformasjon saksbehandler:	Elisabeth Nesse, elne@cowi.com Ingeborg S. Solvang, isso@cowi.com		
Stikkord:	Deponi, vannbehandling, sigevann, sedimentasjonsanlegg, resipientovervåkning.		
Foto på forside:	Dronefoto av Tveitevannet, Drange Maskin AS		

Rapport versjon:	Dato: 28.10.2021	Signatur: <i>Ingeborg S. Solvang</i>
01	(20.08.2021) 28.10.2021	Elisabeth Nesse/Ingeborg Solvang

INNHOOLD

1	Innledning	4
2	Vannkvalitet	4
2.1	Generelt	4
2.2	Metaller	5
2.3	Organiske miljøgifter	6
2.4	Næringssalter	7
2.5	Suspendert materiale	8
3	Resipient -status før anleggsstart	8
3.1	Økologisk tilstand	10
3.2	Kjemisk tilstand	11
4	Miljørisikovurdering av utslipp til resipient	18
4.1	Utslipp fra Slettebakken	18
4.2	Akutte utslipp	18
4.3	Resipientovervåking under tiltak	19
4.4	Konklusjon	19
5	Forslag til grenseverdier for utslipp til resipient	20
6	Referanser	21

1 Innledning

Bergen kommune skal høsten 2021 gå i gang med sanering av det gamle deponiet på Slettebakken. Forventet anleggsfase er i underkant av 18 måneder. Deponimassene skal graves opp, sorteres og vaskes, før rene fraksjoner skal gjenbrukes på området og restforurensningen kjøres til godkjent mottak. Statsforvalteren (tidl. Fylkesmannen) i Vestland har i forbindelse med pilotprosjekt for sanering av Slettebakken deponi gitt tillatelse til utslipp med vilkår om overvåking av utløp fra renseanlegget, grunnvann på Slettebakken og generell tilstand i Tveitevannet (Fylkesmannen i Vestland, 2020a). Anleggsvann fra arbeidene skal renses før det slippes ut til resipient via overvannsnett. Rensingen vil i hovedsak bestå av sedimentasjon, tilsetning av flokkuleringsmedium, og pH-justering ved behov.

Hensikten med denne miljørisikovurderingen er å se på tilgjengelig informasjon om miljøtilstanden til resipienten, Tveitevannet, før anleggsstart og vurdere hvilken innvirkning utslipp av anleggsvann kan ha på resipienten. Det foreslås også grenseverdier for en rekke parametere i anleggsvannet etter vannbehandling.

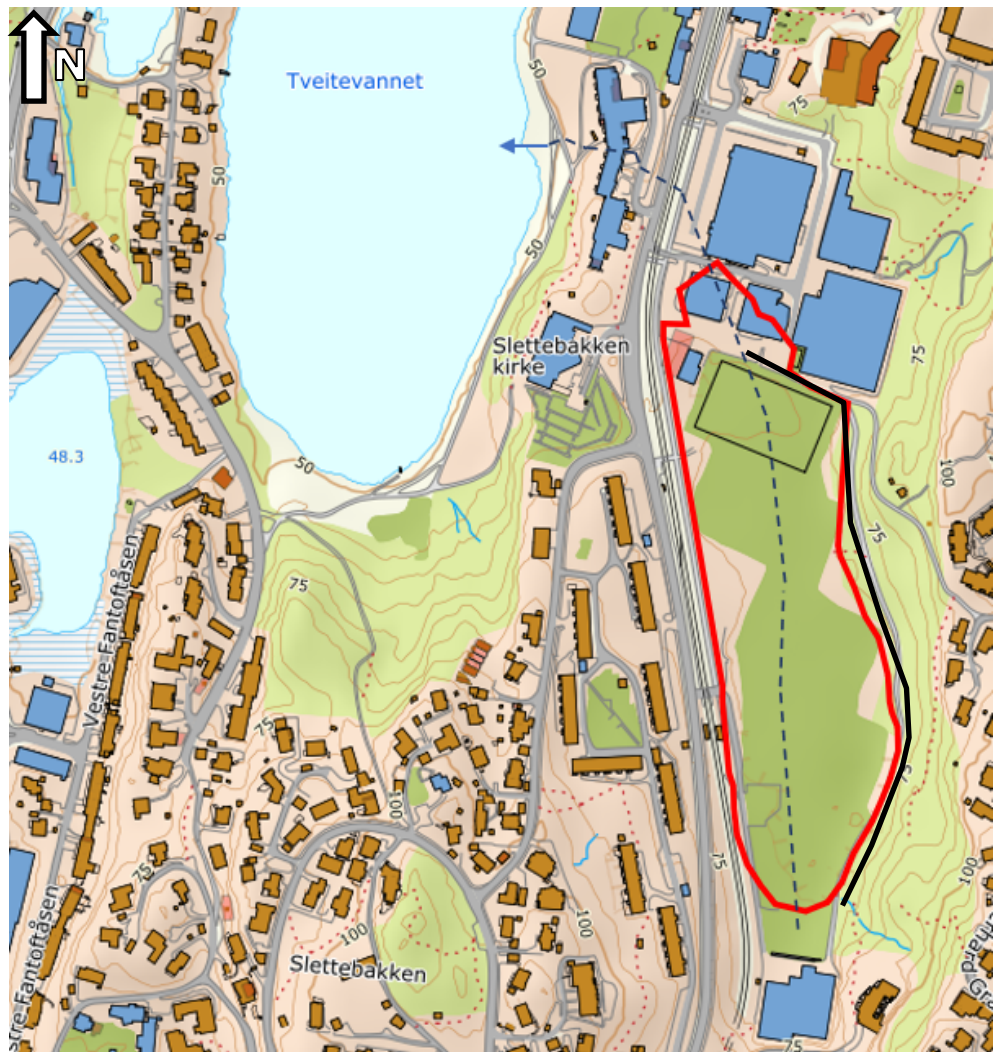
2 Vannkvalitet

2.1 Generelt

Det vil være behov for håndtering av anleggsvann i anleggsfasen. Mengder vann vil variere som følge av nedbør, størrelse på åpen gravegrop og innlekkasje fra grunnvann. Kvaliteten på vannet som pumpes fra gravegrop vil være avhengig av nedbørmengde og type forurensning i massene i deponiet. Anleggsvannet kan også være påvirket av forurensninger fra uhellsutslipp ved bruk av kjemikalier og utslipp/lekkasjer (av drivstoff, hydraulikkolje, bremsevæske osv.).

For å redusere vannbehandlingsbehovet under saneringsarbeidene, ble det i 2020 etablert avskjærende grøft i østre randsone til deponiet. De avskjærende grøftene leder regnvann fra omkringliggende terreng inn på en nyetablert overvannsledning som er påkoblet overvannsnett nedstrøms deponiet. I forbindelse med gravearbeidene for dette tiltaket, foregikk det overvåking av Tveitevannet før, under og etter tiltak. Bergen kommune har som følge av dette relativt god dokumentasjon på forventet kvalitet på vann fra gravegrop i anleggsperioden. Det foreligger også nyere dokumentasjon på vann- og sedimentkvaliteten til resipienten Tveitevannet (COWI AS, 2021).

I Figur 1 er omtrentlig utstrekning til deponiet markert med rød, heltrukken linje. En gammel overvannsledning som i dag går gjennom deponiet og videre ut i Tveitevannet er markert med blå, stiplet linje. Avskjærende grøfter er omtrentlig markert med sort linje. Renset vann vil bli ledet inn på denne overvannsledningen nedstrøms deponiområdet. Under anleggsarbeidene vil overvannsledningen bli plugget nord og sør for deponiet. Vannet som kommer fra området sør for deponiet vil bli pumpet over på andre eksisterende overvannsledninger i området, mens pluggingen nedstrøms deponiet vil hindre at forurenset vann fra deponiet transporteres til Tveitevannet. Anleggsgjennomføringen er beskrevet i søknad om tillatelse til forurensning etter forurensningsforskriften.



Figur 1: Oversiktskart hvor omtrentlig areal for deponiet på Slettebakken er markert med rødt omriss og overvannsledningen som går gjennom deponiet er markert med blå stiplet linje. Ny avledningsgrøft er omtrentlig markert med helt-rullet, sort linje. Kartkilde: ArcGIS Pro

I anleggsperioden anses følgende parametere å være mest sentrale når det gjelder utslipp til vann:

- > Tungmetaller
- > Organiske miljøgifter (PAH₁₆ og PCB₇)
- > Suspendert stoff
- > Næringssalter
- > Oljeforbindelser

2.2 Metaller

Under de innledende arbeidene med avskjærende grøft, ble det stilt vilkår i tillatsen fra Statsforvalteren om at metallkonsentrasjonene i vannet ut fra

sedimentasjonsanlegget ikke skulle overskride øvre konsentrasjon i tilstandsklasse 3, gitt for ferskvann i Miljødirektoratets veileder *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*, M-608 (Miljødirektoratet, 2020), se Tabell 1.

Tabell 1: Tilstandsklasser for tungmetaller i ferskvann (Miljødirektoratet, 2020).

Resipient	Tungmetall	Øvre konsentrasjon i tilstandsklasse (µg/l)				
		Klasse I "Bakgrunn"	Klasse II "God"	Klasse III "Moderat"	Klasse IV "Dårlig"	Klasse V "Svært dårlig"
Ferskvann	Arsen	0,15	0,5	8,5	85	>85
	Bly	0,02	1,2	14	57	>57
	Kadmium ¹⁾	0,003				
	Kobber	0,3	7,8	7,8	15,6	>15,6
	Krom	0,1	3,4	3,4	3,4	>3,4
	Kvikksølv	0,001	0,047	0,07	0,14	>0,14
	Nikkel	0,5	4	34	67	>67
	Sink	1,5	11	11	60	>60

¹⁾ Klassegrensene er avhengig av vannets hardhet.

Som følge av at man ikke klarte å overholde utslippskravet for sink (opprinnelig grenseverdi på 11 µg/l), ble det gjort en vurdering av sinkkonsentrasjonen i utløpet fra sedimentasjonsanlegget opp mot andre kilder og konsentrasjonene målt i resipienten over tid. Som følge av at det er andre kilder med betydelig høyere sinkkonsentrasjoner enn den gitte grenseverdien ble det vurdert at en økning av sinkkonsentrasjon ikke ville ha negativ effekt på resipienten og det ble derfor søkt om endring av tillatelsen. Dette ble innvilget, og ny grenseverdi for sink ble satt til 17,5 µg/l (Fylkesmannen i Vestland, 2020b).

Det er kun metaller i løsning, dvs. ikke partikkelbundne metaller, som er biotilgjengelig og kan føre til negative konsekvenser i resipienten. Grenseverdiene ble derfor satt for filtrert prøve.

Det ble totalt tatt 17 vannprøver gjennom anleggsfasen, både fra inn- og utløpet til sedimentasjonsanlegget. Vannet som ble pumpet inn på sedimentasjonsanlegget tilfredstilte generelt kravene om å være i tilstandsklasse 3 eller lavere. Det var ved et tilfelle at kobberkonsentrasjonen overskred grenseverdien. Sinkkonsentrasjonen overskred den gitte grenseverdien ved 15 av de 17 målingene. Analyseresultatene for sink varierte mellom 16 og 100 µg/l og gjennomsnittlig konsentrasjon var på 35,6 µg/l, tilsvarende tilstandsklasse 4 (COWI AS, 2021).

Under håndtering av avfallsmassene kan metaller løses ut og komme ut i resipienten via overvannsnett. Dersom det ikke er store variasjoner i innhold av forurensning og løseligheten til disse, anses sink som det eneste metallet som har potensiale til overskridelse i forhold til grenseverdien tilsvarende øvre konsentrasjon i tilstandsklasse 3.

2.3 Organiske miljøgifter

Generelt er organiske miljøgifter bundet til partikler og ved å redusere mengden partikler som transporteres ut på overvannsnett vil man redusere konsentrasjonene av organiske forurensninger i det rensede anleggsvannet.

Σ PCB₇

Tidligere undersøkelser, og undersøkelsene av Tveitevannet før tiltak, viste at sedimentene har PCB₇-konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse 4 (COWI AS, 2020). Deponiet har mest sannsynlig vært en aktiv kilde til PCB₇-forurensning, men overvåking av tilførsel av vann og sedimenter til Tveitevannet over tid, før, under og etter tiltak viste at konsentrasjonene av PCB₇ i sedimentene som tilføres fra Slettebakkenområdet er lavere enn hva som er påvist i sedimentene på bunnen. Overvåkningen av vannkvaliteten til vannet som ble pumpet fra grave-gropene viste at det ikke ble påvist PCB₇-konsentrasjoner over rapporteringsgrensen i noen av vannprøvene (COWI AS, 2021).

Håndtering av massene under de planlagte anleggsarbeidene kan imidlertid føre til at partikkelbundet PCB₇ frigis og lekker ut i Tveitevannet.

Σ PAH₁₆

Det er påvist PAH₁₆ i deponimassene, dette er rester etter ufullstendig forbrenning og kan komme fra aske og kull som er deponert i massene. Det kan også være tyngre oljer som er deponert i flasker eller fat på deponiet. Det er ikke observert flasker eller fat under sjaktgraving eller under tidligere anleggsarbeider på deponiet.

Grenseverdiene for de ulike PAH₁₆-forbindelsene var satt til øvre grense for tilstandsklasse 3, slik som for metaller. Vannet som ble pumpet fra grøftene viste at det var overskridelser ved en rekke tilfeller for de tyngre PAH-ene, selv ved små mengder suspendert stoff (COWI AS, 2021).

Oljeforurensning

Oljeforurensninger kan gjøre skade på organismer i vann- og jordresipienter, som i dette tilfellet ha effekt på fisk. Ellers vil virkningen i hovedsak være tilgrising av strandsone og skade på fugleliv. På et anleggsområde kan det oppstå diesel- og oljesøl, i tillegg til eventuelle løsemidler fra anleggsmaskiner.

Som nevnt ovenfor er det ikke observert fri fase olje ved sjaktgraving, eller anleggsarbeider på deponiet. Det ble ved to tilfeller påvist olje over deteksjonsgrensen, på henholdsvis 0,16 og 0,18 mg/l. Disse er lavere enn grenseverdien gitt i tillatelsen, 5 mg/l (COWI AS, 2021).

2.4 Næringsalter

Under nedbrytning av husholdningsavfall frigis en rekke næringsalter, deriblant en rekke nitrogen- og fosforforbindelser. Utslipp av større mengder næringsalter kan føre til eutrofiering og algeoppblomstring i resipienter. Ut fra alder på deponiet og observasjoner under arbeidene med å etablere ny overvannsledning, kan man anta at det ikke foregår nedbrytningsprosesser av betydning i deponimassene i dag.

Norges Geotekniske Institutt utførte i 2012 på oppdrag for Miljødirektoratet en sammenstilling av data for sigevann fra norske deponi (NGI, 2012). Gjennomsnittlig ammoniumkonsentrasjoner i sigevann fra deponier i etterdrift var på

68-87 mg/l. For vann fra gravegrøftene var gjennomsnittlig konsentrasjon på 6,15 mg/l (COWI AS, 2021).

2.5 Suspendert materiale

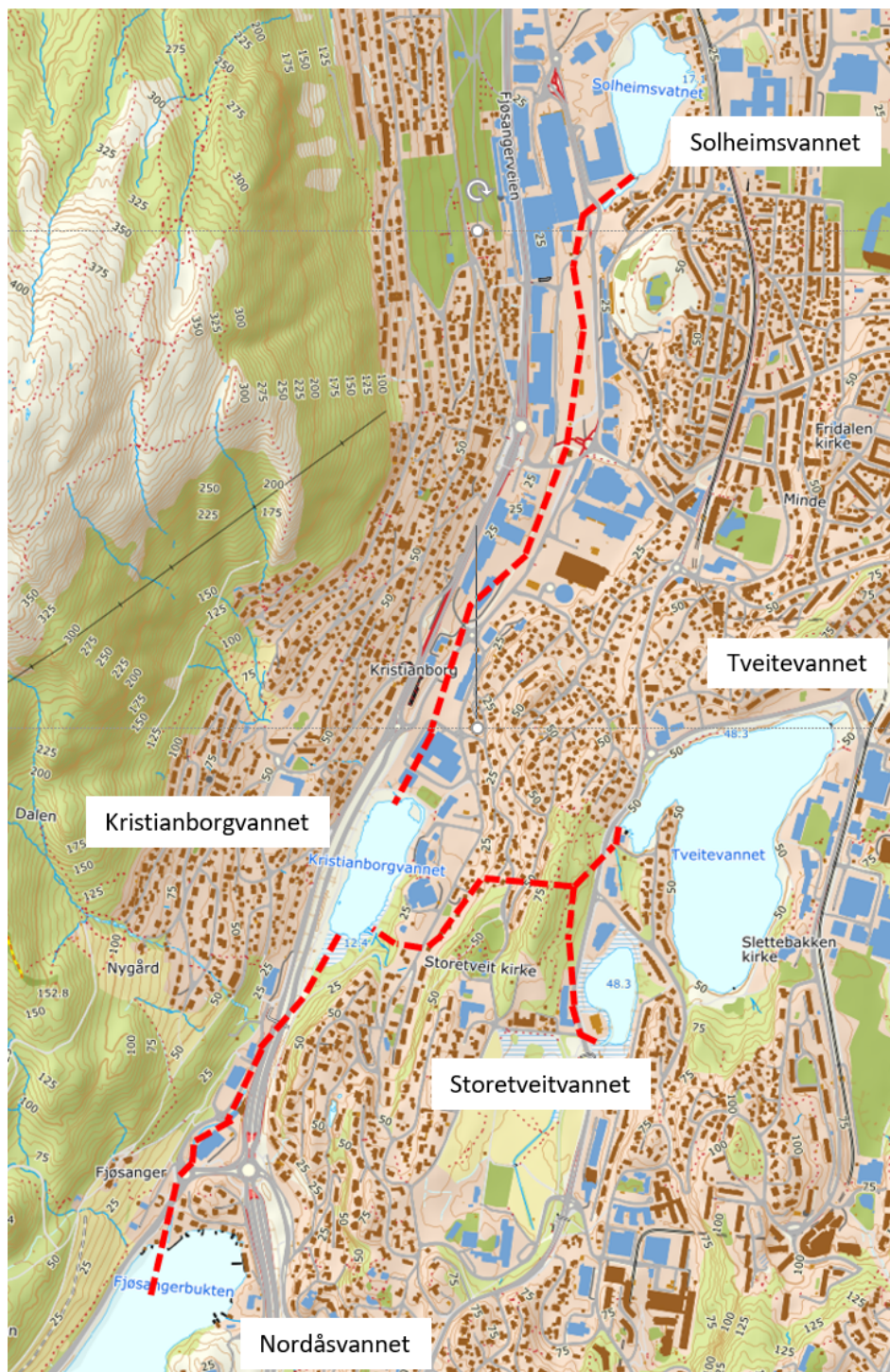
Transporteres det store mengder partikler ut med overvannet vil dette kunne føre til nedslamming av planter og bunnområder. Utslipp av anleggsvann med høyt innhold av suspendert stoff kan gi visuell forurensning med synlig blakking og vil ved langvarige utslipp kunne forårsake redusert fotosyntese som følge av redusert lysgjennomtrengning. Indirekte virker partiklene ved å slamme til bunnområder til at leveområdene for planter og dyr blir betydelig forringet. Denne situasjonen må i større eller mindre grad forventes i alle resipienter med avrenning fra anleggsvirksomhet. Tiltak for å redusere partikkeltilførselen til resipienten kan i betydelig grad redusere skadeomfanget. Som nevnt i kapittel 2.3 er organiske miljøgifter i stor grad bundet til partikler og ved transport av store mengder suspendert stoff vil man kunne tilføre resipienten større mengder forurensning.

Man kan prinsipielt dele partikler inn i to ulike kategorier. Man har naturlig avrundete partikler og man har skarpe, flisige eller nåleformede partikler. Begge typene partikler vil føre til nedslamming og forringelse av bunnforhold. Men skarpe, flisige eller nåleformede partikler kan i tillegg føre til skader på gjeller og kan føre til fiskedød.

Deponimassene på Slettebakken består i hovedsak av avrundede naturlige masser. Men det vil være behov for tilførsel av sprengstein og andre fraksjoner med knust stein under oppbyggingen av området etter at deponimassene er fjernet. Disse fraksjonene vil kunne ha et høyere innhold av partikler med skarpe kanter.

3 Resipient -status før anleggsstart

Tveitevannet er en del av i Fjøsangervassdraget, se **Error! Reference source not found.** Vannet ut fra Tveitevannet går i felles boret tunnel med vannet fra Storetveitvannet inn på Kristianborgvannet. Vannet fra Solheimsvannet går i dag i rør til Kristianborgvannet. Herfra går vannet i tunnel ut til 40 meters dyp i Nordåsvannet.



Figur 2: Fjøsangervassdraget, røde linjer viser vannføringsveiene. Vannet fra Solheimsvannet, Storetveitvannet og Tveitevannet går til Kristianborgvannet. Herfra går det ut i Nordåsvannet.

Bergen kommune ønsker som en del av sin satsing på blågrønn infrastruktur å åpne opp bekkelukkinger og legge til rette for et nettverk av naturlige og semi-naturlige områder i rurale og urbane omgivelser. Dette vil føre til bedre overvannshåndtering, bedre tilstanden til økosystemene og vannveiene vil bli tilgjengelige rekreasjonsområder for befolkningen. Som en del av denne satsningen skal deler av strekningen mellom Solheimsvannet og Kristianborgvannet

åpnes under arbeidene med bybanetrase på Mindemyren (Bergen kommune, 2019).

Som følge av at det er påvist den fremmede arten smal vasspest i Tveitevannet vil det ikke bli vurdert løsninger for å gjenåpne det gamle bekkeløpet fra Tveitevannet ned til Kristianborgvannet.

3.1 Økologisk tilstand

I henhold til databasen Vann-nett er Tveitevannet i middels grad påvirket av diffus avrenning fra byområde, diffus avrenning fra spillvannlekkasjer og punktutslipp fra industri. Det er i stor grad påvirket av punktutslipp fra søppelfyllinger. Den økologiske tilstanden er satt til "moderat". Årsaken til at Tveitevannet ikke oppnår "god" økologisk tilstand er høye konsentrasjoner av totalnitrogen og ammonium (www.Vann-nett.no).

På vegne av Fylkesmannen i Vestland og Hordaland fylkeskommune, gjorde Norconsult i 2018 en tiltaksovervåking i 26 innsjøer i Hordaland. Tveitevannet inngikk i denne undersøkelsen (Norconsult, 2018). Nedenfor i Tabell 2 er resultatene for Tveitevannet sammenstilt og fargelagt etter tilstandsfargene. Total-nitrogen inngår ikke i tilstandsvurderingen, da vannet ikke er nitrogenbegrenset, men separat nEQR for total-nitrogen får tilstand "moderat".

Tabell 2: Sammenstilt økologisk tilstandsvurdering Tveitevannet. Vannplanter og siktedyp er ikke fargelagt med tilstandsfargene, da disse ikke er benyttet for å sette økologisk tilstand.

Planteplankton	Vannplanter	Siktedyp	Fysisk-kjemisk	Økologisk tilstand 2018
God	Svært dårlig	Moderat	God	God

Da kartleggingen ble gjennomført var det stor artsdiversitet for vannplanter. Det som trekker ned, er at den fremmede arten smal vasspest ble påvist, en art som mest sannsynlig vil fortrenge de stedegne artene i løpet av få år. Se Figur 3 for utbredelse av vasspest.

De vannregionspesifikke stoffene som inngår i vurdering av økologisk tilstand viser at en rekke PAH-forbindelser og metallene kobber og sink har "dårlig" tilstand i bunnsedimentene, men noe bedre i vannfasen.



Figur 3: Dronefoto av Tveitevannet, bildet er tatt fra sør mot nord. Smal vasspest vises som et grønt teppe i vannet sørvest og øst, nedenfor kirken (dronefoto: Drange Maskin AS, oktober 2020).

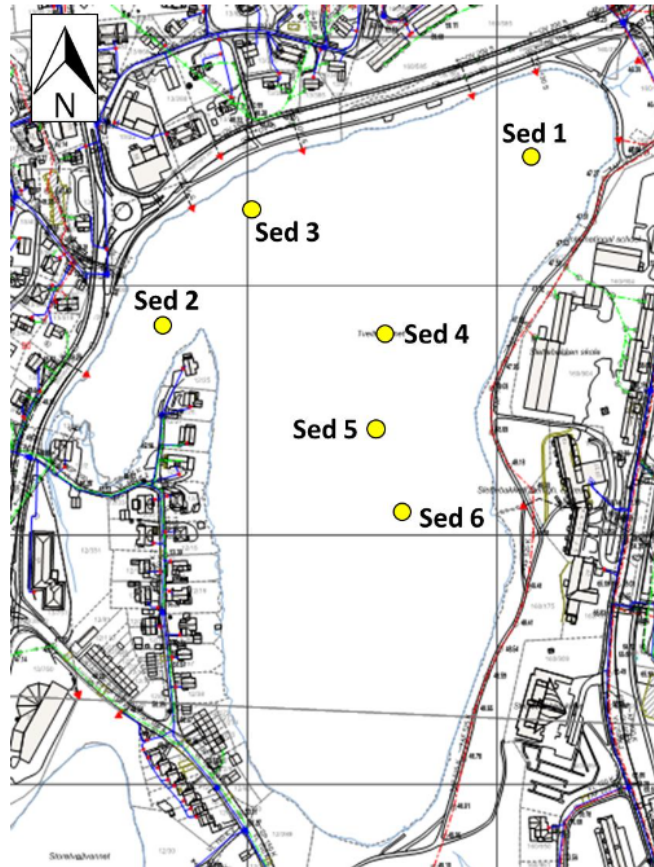
3.2 Kjemisk tilstand

Den kjemiske tilstanden til Tveitevannet er i Vann-Nett satt til "Dårlig". Data-grunnlaget for den kjemiske tilstanden i Vann-Nett er mangelfullt. Det ble våren 2020 utført en større resipientundersøkelse i tillegg til at det foregikk overvåkning av Tveitevannet under og etter arbeidene med etablering av ny overvannsledning på deponiet. Resultatene fra disse undersøkelsene presenteres og er grunnlag for miljørisikovurderingen.

3.2.1 Resultater overvåkning Tveitevannet

Det ble utført en resipientundersøkelse i Tveitevannet før oppstart av anleggsarbeider våren 2020. I denne undersøkelsen ble det utført analyser på vann- og sedimentprøver (COWI AS, 2020). Det ble også satt ut sedimentfeller som fanger opp partikler som kommer fra land og vil sedimentere på bunnen. Passive prøvetakere var påmontert sedimentfellene, og disse ble analysert for de organiske miljøgiftene PAH₁₆ og PCB₇.

Det ble tatt sedimentprøver med kjerneprøvetaker fra seks lokaliteter. Hver prøve representerte de øverste 10 cm av bunnen. Lokalitetene til sedimentprøvene er presentert i Figur 4, og analyseresultatene er sammenstilt i Tabell 3. Analyseresultatene er fargelagt etter tilstandsklasser for sedimenter gitt i veileder M-608 (Miljødirektoratet, 2020).



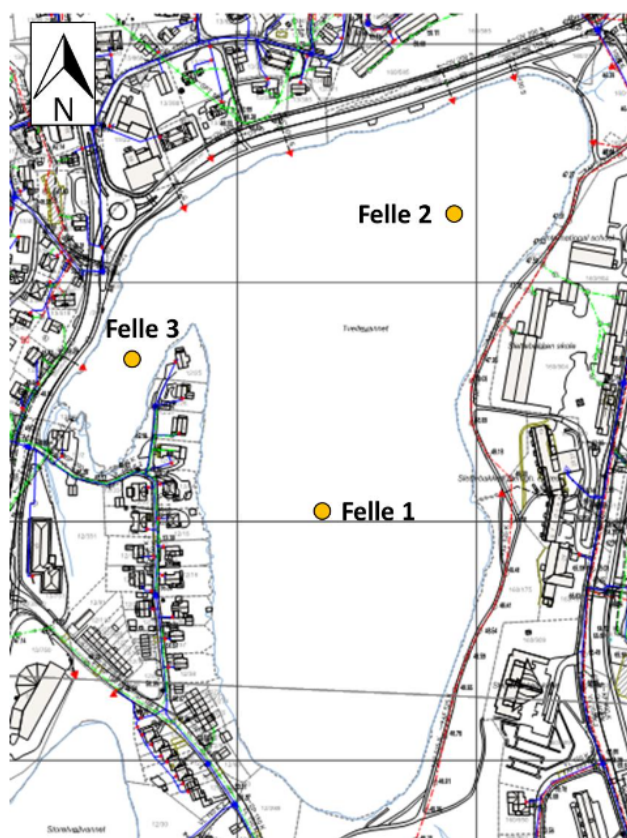
Figur 4: Oversikt prøvepunkter sedimenter.

Tabell 3: Sammenstilte analyseresultater sedimentkjerner fargelagt etter tilstandsklasser.

Parameter		Enhet	Sed 1	Sed 2	Sed 3	Sed 4	Sed 5	Sed 6
Metaller	Kobber	mg/kg TS	150	160	150	160	150	160
	Krom	mg/kg TS	61	82	78	78	63	90
	Nikkel	mg/kg TS	42	55	52	53	47	56
	Sink	mg/kg TS	470	1200	810	660	640	1400
	Arsen	mg/kg TS	8,8	13	11	12	13	14
	Bly	mg/kg TS	130	170	150	140	100	150
	Kadmium	mg/kg TS	1,4	3,1	2,2	1,7	1,3	3,1
	Kvikksølv	mg/kg TS	0,406	0,716	0,558	0,512	0,402	0,717
PAH	Naftalen	µg/kg TS	30	40,8	28	30,2	31,4	38,4
	Acenaftylene	µg/kg TS	10,4	53,7	17,8	18,3	17,4	34,9
	Acenaften	µg/kg TS	53,6	28,3	20,9	16,1	13,4	23,4
	Fluoren	µg/kg TS	147	69,7	59,4	47,3	37,7	54,8
	Fenantren	µg/kg TS	461	375	219	183	171	280
	Antracen	µg/kg TS	69,3	148	53,6	45,2	42,5	81
	Fluoranten	µg/kg TS	447	1450	548	402	401	809
	Pyren	µg/kg TS	541	1340	655	564	496	785
	Benzo[a]antracen	µg/kg TS	196	793	247	186	176	387
	Krysen	µg/kg TS	258	904	340	209	264	511
	Benzo[b]fluoranten	µg/kg TS	357	1750	652	519	475	1060
	Benzo[k]fluoranten	µg/kg TS	138	714	229	165	151	375
	Benzo[a]pyren	µg/kg TS	282	1300	429	328	305	649
	Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/kg TS	226	1240	429	338	315	732
	Dibenzo[a,h]antracen	µg/kg TS	43,3	319	94,2	71,1	64,5	140
	Benzo[ghi]perylene	µg/kg TS	345	1460	575	466	445	785
Sum PAH(16) EPA	µg/kg TS	3600	12000	4600	3590	3410	6740	
PCB	Sum 7 PCB	µg/kg TS	106	146	135	89,6	88	118
Olje	Oljeinnhold (C10-C40)	mg/kg TS	6330	2850	4930	6220	4390	2500
TBT	Tributyltinn (TBT)	µg/kg tv		17	20	51		
PFOA	Perfluoroktansyre	µg/kg TS	<0,050					<0,050
PFOS	Perfluoroktylsulfonat	µg/kg TS	0,53					<0,050
PFAS	Sum PFAS	µg/kg TS	4					2,6

Som vist i tabellen ovenfor, er sedimentene jevnt over forurenset tilsvarende tilstandsklasse 4 for PCB₇, en rekke PAH-forbindelser og i tillegg til enkelte prøver av sink og TBT. En prøve, Sed 2, som er lokalisert nærmest utløpet til Tveitevannet har PAH-forbindelsen Benzo(ghi)perylene i tilstandsklasse 5.

Det ble satt ut sedimentfeller ved 3 stasjoner før oppstart anleggsarbeider, se Figur 5. Hver sedimentfelle var plassert 1,5-2 meter over bunnen og var påmontert en passiv prøvetaker på samme nivå som sedimentfellen. Det ble også tatt vannprøver ved samme nivå. Sedimentfellene stod ute sammenhengende i perioden 16.04.2020- 29.04.2021 og ble tømt en gang før oppstart av anleggsarbeidene, to ganger i anleggsperioden og en gang etter at anleggsarbeidene var ferdigstilt. Under og etter anleggsarbeidene ble stasjon 1 og 2 videreført. Sedimentfellestasjon 3 stod kun ute en periode før anleggsstart. Analyseresultatene er sammenstilt og fargelagt etter tilstandsklasser i Tabell 4, Tabell 5 og Tabell 6. Felle 1 var plassert på det dypeste punktet i Tveitevannet, og er lokalisert nærmest overvannsrøret som kommer fra Slettebakken. Felle 2 fanget opp partikler fra veiarealer nord for Tveitevannet, i tillegg til partikler fra et 2000 mm overvannsrør som leder overvann fra Mannsverk og Landåsområdet. Felle 3, som stod nærmest utløpet til Tveitevannet fanget i hovedsak opp partikler fra veien nord for vannet i tillegg til andre tette flater i området.



Figur 5: Oversikt stasjoner sedimentfeller.

De passive prøvetakerene stod ute i fire uker og analyseresultatene representerer gjennomsnittskonsentrasjonen for perioden de ble eksponert for vann. Som vist i Tabell 4, var de fleste PAH-forbindelsene i tilstandsklasse 2. Antracenen var i tilstandsklasse 1 ved alle fellene, mens benzo(a)pyren var i tilstandsklasse 3 ved felle 2 før tiltak. Totalkonsentrasjonen av PAH₁₆ var høyest ved begge fellene før tiltak, og lavest i andre måleperiode under tiltak.

Det foreligger ikke grenseverdier for PCB₇ i vann, men det var betydelig høyere konsentrasjoner ved begge fellene i perioden etter anleggsarbeidene, sammenlignet med konsentrasjonene før og under anleggsarbeidene. Konsentrasjonene økte betydelig etter tiltak fra et gjennomsnitt under tiltak på 0,005 ng/l til 0,03 ng/l etter tiltak.

Tabell 4: Sammenstilling analyseresultater passive prøvetakere ved sedimentfellene.

Parameter	Enhet	Før tiltak		Under tiltak				Etter tiltak	
		16.04.2020-29.05.2020		29.05-19.08.2020		19.08.2020-16.12.2020		16.12.2020-29.04.2021	
		SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)
Naftalen	ng/l	24,9	61,2	19,7	14	13,4	10,8	18,9	12,9
Acenaftalen	ng/l	0,991	3	0,8	1,24	0,68	0,44	1,35	0,953
Acenaften	ng/l	1,93	5,18	1	1,25	0,9	0,65	1,09	0,984
Fluoren	ng/l	3,62	7,38	1,21	2,56	0,95	0,48	2,19	1,80
Fenantren	ng/l	3,63	14	1,6	2,5	1,23	0,76	3,12	5,67
Antracen	ng/l	0,286	1,49	0,14	0,11	0,14	0,06	0,083	0,290
Fluoranten	ng/l	0,157	4,32	0,71	0,44	0,28	0,26	0,645	2,01
Pyren	ng/l	0,815	5,81	0,89	0,46	1,54	1,38	1,65	2,57
Benzo[a]antracen	ng/l	0,116	1,66	0,22	0,02	0,03	0,02	0,061	0,106
Krysen	ng/l	0,222	1,9	0,35	0,13	0,14	0,15	0,306	0,523
Benzo[b]fluoranten	ng/l	0,164	1,65	0,24	0,09	0,03	0,03	0,093	0,152
Benzo[k]fluoranten	ng/l	0,061	0,709	0,09	0,02	0,01	0,01	0,028	0,049
Benzo[a]pyren	ng/l	0,147	2,03	0,16	0,05	0,02	0,02	0,030	0,053
Indeno[1,2,3-cd]pyren	ng/l	0,075	0,874	0,1	0,11	0,01	0,01	0,021	0,036
Dibenzo[a,h]antracen	ng/l	0,019	0,128	0,01	0,01	0,01	0,01	0,002	0,002
Benzo[ghi]perylene	ng/l	0,048	0,376	0,03	0,01	0,01	0,01	0,008	0,008
Sum PAH(16) EPA	ng/l	37,5	112	27,2	23	19,4	15,1	29,6	28,1
Sum 7 PCB	ng/l	0,006	0,009	0,005	0,003	0,004	0,003	0,028	0,031

Vannprøvene tatt ved sedimentfellene ble analysert for tungmetaller og næringssalter, se Tabell 5. Sink ble påvist i tilstandsklasse 4 og 5 i sedimentfellene. For sink var de høyeste konsentrasjonene påvist i prøvene tatt før og etter tiltak. Kobber var i tilstandsklasse 4 i én prøve etter utført tiltak. Bly var i tilstandsklasse 3 ved alle fellene, mens nikkel var i tilstandsklasse 2 og 3.

Av næringssaltene er det bare total nitrogen det er oppgitt grenseverdier for, og da gjelder tilstandsklassen for gjennomsnittsverdien for konsentrasjonen over et år. Gjennomsnittsverdien for total nitrogen oppgitt i Tabell 5 er 721 µg/l, som tilsvarer tilstandsklasse 3.

Tabell 5: Sammenstilte analyseresultater vann ved sedimentfeller.

Parameter	Enhet	Før tiltak		Under tiltak				Etter tiltak	
		02/06/2020		19/08/2020		16/12/2020		29/04/2021	
		SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)
Arsen (As) ICP-MS	µg/l	0.15	0.12	0.12	0.13	0.19	0.18	0,14	0,13
Bly (Pb) ICP-MS	µg/l	2	1.5	2.1	3.7	1.7	6	4,6	2,5
Kadmium (Cd) ICP-MS	µg/l	0.027	0.029	0.016	0.024	0.01	0.047	0,053	0,018
Kobber (Cu) ICP-MS	µg/l	3.3	3.2	2.4	4	2.6	4.6	9,7	3,9
Krom (Cr) ICP-MS	µg/l	0.18	0.18	0.11	0.19	0.22	0.27	0,16	0,15
Nikkel (Ni) ICP-MS	µg/l	5.5	11	2.7	6.3	1.4	4.8	17	3,4
Sink (Zn) ICP-MS	µg/l	110	190	32	73	27	100	250	53
Kvikksølv (Hg)	µg/l	0.001	0.001	0.002	0.004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ortofosfat-P	µg/l	2.4	2.9	2.4	3	2.8	4.3	2,4	2,7
Total Nitrogen	µg/l	760	790	570	600	700	690	810	850
Ammonium (NH ₄ -N)	µg/l	35	23	54	<5	19	10	30	24
Nitrat (NO ₃ -N)	µg/l	640	630	510	620	640	850	640	650

Sedimentfellene ble tømt og sedimenter ble analysert totalt fire ganger, se Tabell 6. Første periode, før anleggsstart, var det for lite materiale til å utføre analyser på flere parametere enn PCB₇. Det samme gjaldt for sedimentfelle 1 etter tiltak. Da ble sedimentprøven kun analysert for PCB₇ og metaller.

Tabell 6: sammenstilte analyseresultater for sedimenter fra sedimentfeller.

Parameter	Enhet	Før tiltak			Under tiltak				Etter tiltak					
		16.04.-29.05.2020			29.05-19.08.2020		19.08.-16.12.2020		16.12.-29.04.2021					
		SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	Utløp TV (felle 3)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)	SB (Felle 1)	MV (Felle 2)				
Vekt av tørket prøve	g	3,13	1,36	0,88	6,49	3,49	8,42	9,33	5,98	11,5				
Kobber (Cu)	mg/kg TS	Ikke nok materiale til analyse			110	180	120	170	160	140				
Krom (Cr)					23	48	39	53	53	47				
Nikkel (Ni)					21	40	33	47	49	42				
Sink (Zn)					680	850	1200	780	1700	870				
Arsen (As)					14	12	15	12	18	11				
Bly (Pb)					30	140	54	130	71	110				
Kadmium (Cd)					0,55	0,94	0,74	0,95	1,1	1,1				
Kvikksølv (Hg)					0,167	0,279	0,355	0,421	0,469	0,284				
Naftalen					µg/kg TS	Ikke nok materiale til analyse			4,94	673	83,5	76,4	Ikke nok materiale til analyse	23,3
Acenaftylen	1,65	20	11,4	15,1					21,6					
Acenaften	2,94	326	12,3	42					9,41					
Fluoren	6,84	719	16,4	39					13,4					
Fenantren	73,1	1910	102	230					103					
Antracen	13,9	209	21	36,8					22,5					
Fluoranten	108	1770	217	434					291					
Pyren	73,2	1450	245	454					398					
Benzo[a]antracen	20,5	664	94,1	190					120					
Krysen	28,6	767	114	213					137					
Benzo[b]fluoranten	19,6	852	193	328					282					
Benzo[k]fluoranten	8,1	340	63,7	113					84,6					
Benzo[a]pyren	17,9	856	174	325					245					
Indeno[1,2,3-cd]pyren	7,94	414	119	196					182					
Dibenzo[a,h]antracen	1,92	142	26,5	42,1					34,2					
Benzo[ghi]perylen	26,1	740	231	393					344					
Sum PAH(16) EPA	415	11800	1720	3130					2310					
Sum 7 PCB	23,8	51,4	55,3	27					19,2	38,4	58,8	51,2		162

For metaller ble kobber funnet i høyest tilstandsklasse, tilstandsklasse 5, under tiltak i felle 2, og etter tiltak i felle 1. Sink ble påvist i tilstandsklasse 3, første runde under tiltak i felle 1 og i resten av fellene i tilstandsklasse 4. Nikkel var i tilstandsklasse 3 i felle 2 under tiltak og i felle 1 etter tiltak. Generelt for PAH-forbindelsene er det høyest konsentrasjoner i felle 2 ved de to tilfellene hvor det ble utført analyser på materiale som ble fanget opp i samme periode. Det er relativt store variasjoner i PCB₇ konsentrasjoner, fra 19,2 µg/kg TS under tiltak til 162 µg/kg TS etter tiltak. Høyeste og laveste konsentrasjon ble målt ved felle 2, altså nærmest Mannsverk-utslippet, og ikke Slettebakken-utslippet.

Konklusjon

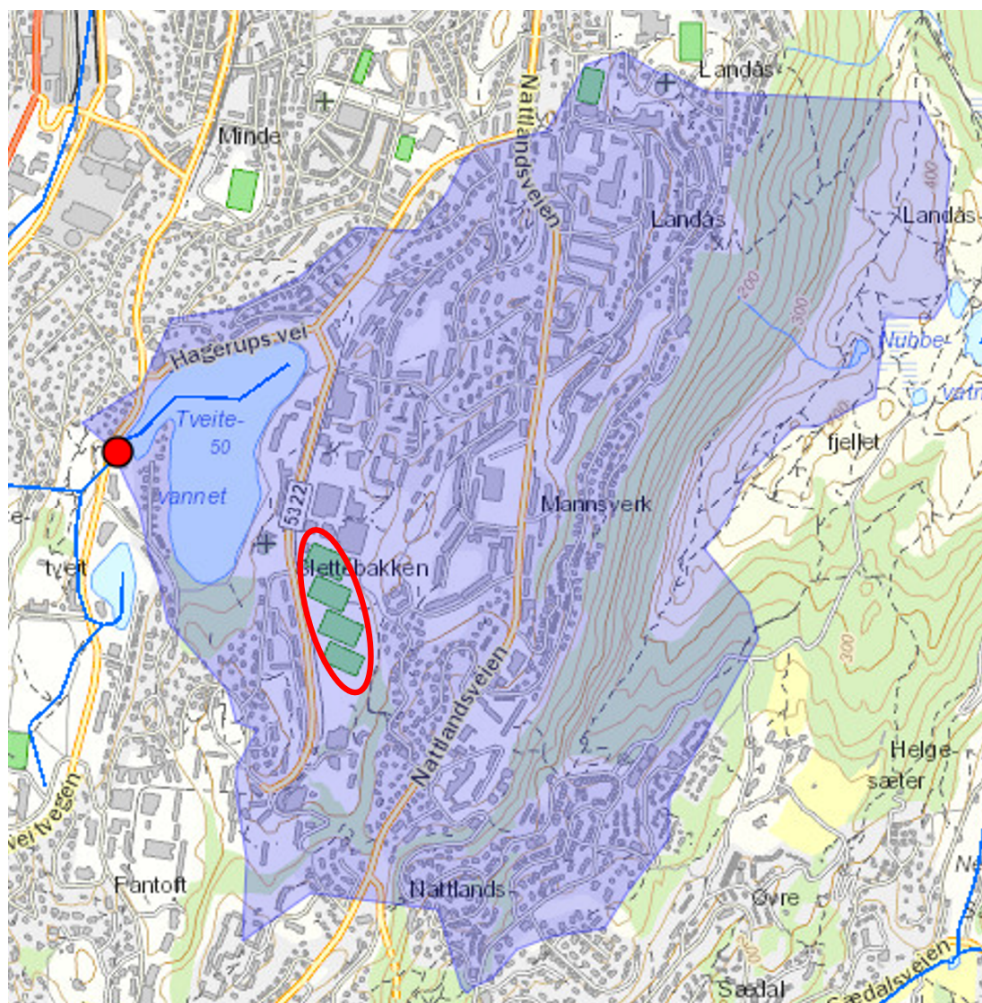
Generelt for alle parameterne det er analysert for i vann, passive prøvetakere, og sedimentfeller ser man ingen økning i konsentrasjoner i Tveitevannet under tiltak som kan skyldes aktivitetene på Slettebakken. Det er relativt store variasjoner i konsentrasjonene til enkelte av parameterne både i vann og sedimentprøvene over tid. Overvåkingen foregikk over et helt år og variasjonene i konsentrasjoner kan være årstidsavhengige som følge av variasjon i nedbør, temperatur, salting av veier og piggedekkkbruk.

4 Miljørisikovurdering av utslipp til resipient

4.1 Utslipp fra Slettebakken

Omtrentlig areal til nedbørsfeltet til Tveitevannet er på 2,96 km², se *Figur 6* (NVE, 2021). Overflatearealet til deponiet er på 0,052 km², noe som utgjør 1,76 % av nedbørsfeltet til Tveitevannet.

Estimert årsavrenning fra hele nedbørsfeltet er på 4 466 880 m³/år, hvor mengdene vann som vil være i direkte kontakt med deponimassene er på 78 170 m³/år.



Figur 6: Oversikt nedbørsfelt Tveitevannet. Rødt omriss viser nedbørsfeltet som vil være påvirket av forurensning i deponiet (NVE, 2021).

4.2 Akutte utslipp

Det vil bli etablert et renseanlegg som anleggsvann (vann fra gravegrop) vil ledes inn på før det slippes inn på overvannsledning nedstrøms deponiet. Det er forventet at dette anlegget vil kunne oppnå ønsket vannkvalitet på vannet som slippes ut under vanlig drift. Dersom det skulle oppstå akutte utslipp på

anleggsområdet som følge av hydraulikkslangebrudd, lekkasje fra drivstofftanker og lignende vil ikke renseanlegget kunne håndtere dette.

Det er derfor svært viktig at entreprenøren har gode rutiner for oppfølging av renseanlegget, både med daglig visuell kontroll og prøvetaking av vann inn og ut av renseanlegget. Det må også etableres rutiner for håndtering av akutte utslipp inne på anleggsområdet for å unngå overbelastning på renseanlegget.

4.3 Resipientovervåking under tiltak

I hovedtrekk ønsker man å videreføre overvåkingen av Tveitevannet etter samme måleprogram som ble gjennomført under anleggsarbeidene på Slettebakken i perioden april-oktober. Det foreslås en reduksjon i antall parametere og en redusert prøvetakingsfrekvens på enkelte av prøvetakingslokalitetene. Se revidert prøvetakingsprogram "*Forslag til måleprogram Tveitevannet og grunnvann Slettebakken*", som ligger vedlagt søknad om tillatelse i henhold til forurensningsforskriften.

I forrige overvåkingsrunde ble det utført analyser av både koliforme og e.coli-bakterier. Det ble påvist bakterier i prøvene tatt fra overvannsledningene fra Slettebakken og Mannsverkområdet (COWI AS, 2021). Denne typen bakterier kommer i hovedsak fra avløp og kan ikke knyttes til sigevann fra deponiområdet. Analyser av bakterier er derfor tatt ut av måleprogrammet.

Sedimentfellene vil stå ute i ca. 16 uker før de tømmes. Da vil øke muligheten for å få fanget opp nok partikler til å kunne utføre analyser for alle de ønskede parameterne.

Under grunnvannsprøvetakingen utført april-oktober 2020 ble det tatt prøver hver 14. dag. Analysene viste svært stabile konsentrasjoner, selv når det foregikk anleggsarbeider svært nær brønnene (COWI AS, 2021). Det anses derfor som tilstrekkelig med prøvetaking av grunnvannsbrønnene hver 4. uke.

4.4 Konklusjon

Som vist i kapittel 3 er det flere parametere i vann- og sedimentprøvene tatt i Tveitevannet som har konsentrasjoner i tilstandsklasse 4 og 5. For vannprøvene tatt fra vannet som ble pumpet opp fra grøftene under anleggsarbeidene (april-oktober 2020), var sink og enkelte PAH-forbindelser i tilstandsklasse 4 i flere av prøvene. Gjennomsnittlig årlig bidrag fra Slettebakkenområdet utgjør <2 % av årlig vanntilførsel til Tveitevannet. Ved å sette grenseverdiene tilsvarende skillet mellom tilstandsklasse 3 og 4 vil ikke utslipp fra Slettebakken føre til negativ effekt på vannkvaliteten i Tveitevannet.

Kapasiteten på ledningsnettets kan være begrensende med tanke på vannmengder som slippes ut fra renseanlegget. Hvor mye vann man kan slippe ut på ledningsnettets må avklares med VA-etaten i Bergen kommune før dimensjonering av fordryningsbassenget til renseanlegget.

Forslag til grenseverdier for utslipp til overvannsnettets er gitt i kapittel 5.

5 Forslag til grenseverdier for utslipp til resipient

I hovedtrekk foreslås det at grenseverdiene for utslipp til overvannsnettene fra renseanlegget skal være tilsvarende grenseverdiene gitt i tillatelsen fra Statsforvalteren i Vestland til anleggsarbeidene utført i 2020, se Tabell 7 (Fylkesmannen i Vestland, 2020a). Som følge av at anleggsarbeidene skal foregå over en lengre tidsperiode, trolig en anleggsperiode på 18 måneder, reduseres grenseverdien for mengden partikler, suspendert stoff, i vannet ut fra renseanlegget. Ved å redusere mengden partikler som tilføres Tveitevannet, vil man redusere tilslammingen av bunnen. I tillegg vil man redusere tilførselen av partikkelbundet forurensning, som for eksempel PAH₁₆ og PCB₇.

Det foreslås at grenseverdien for sink økes fra 17,5 µg/l til 30 µg/l. Ut fra tilgjengelig teknologi og sinkkonsentrasjonene påvist i vannprøvene tatt i Tveitevannet over tid, vil ikke utslipp av sink med konsentrasjoner opp i 30 µg/l føre til en forverring av miljøtilstanden til Tveitevannet. Skal man redusere sinkinnholdet ned til grenseverdien mellom tilstandsklasse 3 og 4, som er 11 µg/l vil dette kreve nanoteknologi som har svært begrenset kapasitet.

Tabell 7: Forslag til grenseverdier utløp vannbehandlingsanlegg, (enhet µg/l).

Tungmetaller*	Grenseverdi
Arsen	8,5
Bly	14
Kadmium	4,5
Krom	3,4
Kobber	7,8
Kvikksølv	0,07
Nikkel	34
Sink	30
Andre parametere	
PCB7	1
Benzen	20
Suspendert stoff	100 (mg/liter)
Olje i vann	5 (mg/liter)
PAH₁₆-enkeltkomponenter	
Naftalen	130
Acenaftylene	33
Acenaften	3,8
Fluoren	34
Fenantren	6,7
Antracen	0,1
Fluoranten	0,12
Pyren	0,023
Benzo(a)antracen	0,018
Krysen	0,07
Benzo(b)fluoranten	0,017
Benzo(k)fluoranten	0,017
Benzo(a)pyren	0,27
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,027
Dibenzo(a,h)antracen	0,014
Benzo(ghi)perylene	0,0082

* grenseverdien gjelder for analyse av filtrerte prøver.

For å oppnå bedre kontroll på vannkvaliteten ut fra vannbehandlingsanlegget skal det i tillegg til manuell prøvetaking av vann som sendes til laboratorium for akkrediterte analyser, settes opp turbiditetslogger som kontinuerlig måler mengden partikler i utløpet. Målingene som utføres av turbiditetsloggerne vil kontinuerlig lastes opp til en online-løsning slik at man kan følge med på variasjonene i mengden partikler over tid som ledes inn på overvannsnett. Turbiditetsloggeren vil også varsle via SMS til byggherre og entreprenør når det oppstår overskridelse over en gitt grenseverdi over et visst tidsrom. Ved varsling skal entreprenøren utføre visuell kontroll og vurdere årsaken til overskridelsen og eventuelt behov for avbøtende tiltak.

Ved oppstart vil det foregå hyppige prøvetakinger av vannet som slippes ut fra renseanlegget, man vil da foreta sammenligninger av konsentrasjoner av suspendert stoff med målt turbiditet på samme tidspunkt som prøven ble tatt. Man vil da få ut en korrelasjonsfaktor mellom turbiditet og suspendert stoff slik at man kan sette en alarmgrense på turbiditetsloggeren som tilsvarer 100 mgSS/l.

6 Referanser

- COWI AS, C. (2020). *Miljøtilstand i Tveitevannet før tiltak*. COWI AS.
- AS, C. (2021). *Sluttrapport _Sanering av Slettebakken deponi -Fase 1*. RAP: A124245-039: COWI AS.
- kommune, B. (2019). *Kommunedelplan for overvann, 2019-2029*. Bergen kommune.
- Miljødirektoratet. (2020). *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota*. Miljødirektoratet.
- NGI. (2012). *Miljøgifter i sigevann fra avfallsdeponier i Norge. Data fra perioden 2006-2010*. NGI.
- Norconsult. (2018). *Tiltaksovervåking i 26 innsjøer i Hordaland*. Norconsult.
- NTNU. (2020). *Håndtering av forurenset overvann i Norge -Analyse av et prosjektområde i Asker kommune ved hjelp av programvaren StormTac*. m, Yahyavi, M. Gieselmann, S. Steffensen: NTNU.
- NVE. (05. 08 2021). *Nevina*. Hentet fra Nedbørsfelt-Vannføring-Indeks-Analyse: <https://nevina.nve.no>
- Vann-nett*. (2020). Hentet fra www.vann-nett.no
- Vestland, F. i. (2020). *Sanering av Slettebakken deponi fase 1 -tillatelse etter forurensningsloven for etablering av avskjærende grøft og uttak av avfallsmasser for pilotforsøk*. Fylkesmannen i Vestland.
- Vestland, F. i. (2020). *Slettebakken deponi -endring i tillatelsens vilkår for utslipp av sink*. Fylkesmannen i Vestland.