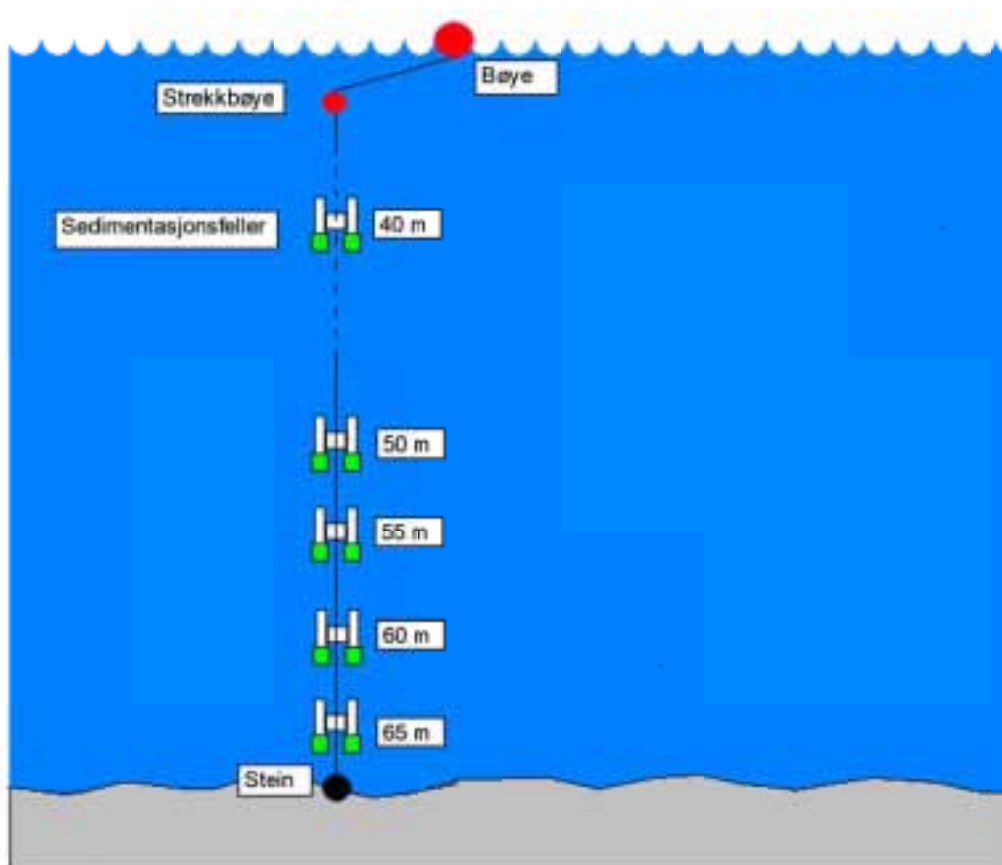


Sedimentasjonsmålinger i Eikerens sydende høsten 2011 og våren 2012



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

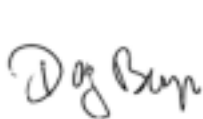
Tittel Sedimentasjonsmålinger i Eikerens sydende høsten 2011 og våren 2012	Løpenr. (for bestilling) 6394-2012	Dato 20.06.2012
	Prosjektnr. Undernr. 11451	Sider Pris 14
Forfatter(e) Dag Berge	Fagområde VRF	Distribusjon Fri
	Geografisk område Vestfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Vestfold Interkommunale Vannverk	Oppdragsreferanse Tanja Breyholtz
--	--------------------------------------

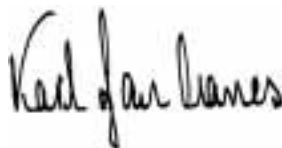
Sammendrag

Dette prosjektet har som formål å bekrefte eller avkreftede funn av periodevis turbid bunnvann i forbindelse med sirkulasjonsperiodene vår og høst i Eikeren, og å vurdere om dette kan være årsak til at Eikerenvannverkets inntak i sydenden av Eikeren opplever kortvarige turbiditetstopper i disse periodene. Sedimentasjonsriggen ved vanninntaket, syd for Hesthammerøya, fanget inn to episoder av grumsete vann i de nederste 5-10 meter av innsjøen (65-70 m's dyp), én i forbindelse med høst sirkulasjonen 2011 og én i forbindelse med vårsirkulasjonen 2012. Noe tilsvarende ble ikke observert på stasjonen ved ytre enden av Hesthammerøya, noe som indikerer at dette er et fenomen som bare forekommer i enden av innsjøen. Fra 60 m og grunnere i vannsøylen var sedimentasjonsforløpet normalt også ved den indre stasjonen. Undersøkelsen bekrefter tidligere funn av økt turbiditet i bunnære vannsjikt, som nevnt over. Hever man vanninntaket 5 m vil man for det meste unngå å ta inn disse kortvarige episodiske tilgrumsinger av bunnvannet. Det vil si de tilgrumsinger som skyldes oppvirvling av bunnslam som følge av interne bølgebevegelser i Eikeren. At det blir noe mer turbid vann i vanninntaket i forbindelse med høstflommen og vårfloppen, hvor turbid vann fra Bergsvann kommer ut i sydenden av Eikeren under sirkulasjonsperioden, kan man ikke unngå.

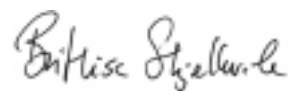
Fire norske emneord 1. Sedimentasjonsmålinger 2. Tilgrumsing 3. Drikkevannsinntak 4. Eikeren	Fire engelske emneord 1. Sedimentation measurements 2. Turbation 3. Drinking water intake 4. Lake Eikeren
--	---



Dag Berge
Prosjektleder



Karl Jan Aanes
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

Norsk institutt for vannforskning
Oslo

O-11451

**Sedimentasjonsmålinger i Eikerens sydende høsten
2011 og våren 2012**

Oslo 20.06.2012

Saksbehandler: Dag Berge

Medarbeidere: *Bent Moskvill, VIV*

Forord

Undersøkelsen er en tilleggsundersøkelse til NIVA rapport LNR 6174-2011 for å bekrefte eller avkrefte funn av periodevis turbid bunnvann i forbindelse med sirkulasjonsperiodene vår og høst i Eikeren, og om dette kan være årsak til at Eikerenvannverkets inntak i sydenden av Eikeren opplever kortvarige turbiditetstopper i disse periodene. Oppdragsgiver er Vestfold interkommunale vannverk VIV, og kontakt person der har vært Jan Wallace og Tanja Breyholtz.

Feltarbeidet er utført av Dag Berge, NIVA, med assistanse fra VIV ledet av Bent Moskvill. Analysene er utført dels hos Vestfoldlab AS og dels av NIVA i Oslo. Materialet er sammenstilt til rapport av Dag Berge.

Arbeidet har gått etter planen, og alle takkes for trivelig og interessant samarbeid.

Oslo, 20.06.2012

Dag Berge

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Metode og stasjoner	7
3. Resultater og diskusjon	9
4. Litteraturrefereanser	11
5. Primærdata	12

Sammendrag

Sedimentasjonsstudien er en tilleggsundersøkelse til NIVA rapport LNR 6174-2011 for å bekrefte eller avkrefte funn av periodevis turbid bunnvann i forbindelse med sirkulasjonsperiodene i sydenden av Eikeren, der Vestfold Interkommunale Vannverk (VIV) har sitt inntak (Eikerenvannverket). Ved den tidligere undersøkelsen var det en del problemer med de kontinuerlig registrerende turbiditetsmålerne, dels ved at de ikke tålte trykket i dypet, og dels ved at det var mistanke om at det la seg slam på målevinduet, noe som gjorde resultatene usikre, og som gjorde tilleggs-studien nødvendig.

Sedimentasjonsriggen ved vanninntaket, på innsiden av Hesthammerøya, fanget inn to episoder av grumsete vann i de nederste 5-10 meter av innsjøen (65-70 m's dyp), én i forbindelse med høst sirkulasjonen 2011 og én i forbindelse med vårsirkulasjonen 2012. Noe tilsvarende ble ikke observert på stasjonen ved den ytre enden av Hesthammerøya, noe som indikerer at dette er noe som bare forekommer i enden av innsjøen. Fra 60 m og grunnere i vannsøylen var sedimentasjonsforløpet normalt også ved den indre stasjonen. Undersøkelsen bekrefter tidligere funn av økt turbiditet i det bunnære vannsjiktet. Hever man vanninntaket 5 m, vil man for det meste unngå å ta inn disse kortvarige episodiske tilgrumsinger av bunnvannet. Det vil si de tilgrumsinger som skyldes oppvirvling av bunnsлам som følge av interne bølgebevegelser i Eikeren. At det blir noe mer turbid vann i vanninntaket i forbindelse med høstflommen og vårflommen, hvor turbid vann fra Bergsvannet kommer ut i sydenden av Eikeren under sirkulasjonsperioden, kan man ikke unngå.

Summary

Title: Sedimentation measurements in Lake Eikeren during the autumn 2011 and the spring 2012

Year: 2012

Author: Dag Berge

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6129-5

The sedimentation study was conducted as a check to an earlier NIVA study (Report LNR 6174-2011) where it was discovered, during the circulation periods, short episodes with turbid water in the lowermost 10 meters of the water column in lake Eikeren, but, where irregularities with the continuously measuring instruments made the results suspect. The sedimentation studies confirmed, however, clearly, that episodes of increased sedimentation take place in the lower most 5-10 m in the water column in the southern end of Lake Eikeren, both in connection with the autumn and the spring turnover (circulation). The problem of getting turbid water into the drinking water intake during such episodes can largely be solved by lifting the intake 5 m.

1. Innledning

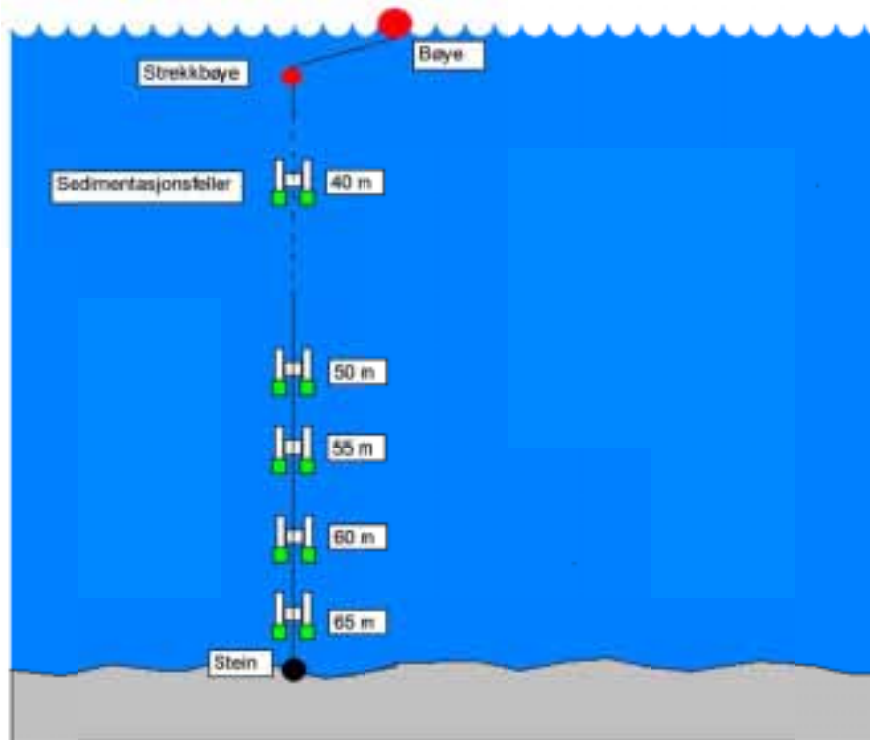
Under sirkulasjonsperiodene, vår og høst, opplever man kortvarige episoder med økt turbiditet i inntaksvannet til Eikerenvannverket (65 m dyp), som har sitt inntak like innenfor Hesthammerøya i Eidsfoss. I 2010 forsøkte man å belyse problemet med å henge ut kontinuerlig registrerende sonder for temperatur og turbiditet på ulike dyp for å se om problemet kunne løses ved å legge inntaket litt høyere opp i vannsøylen, for eksempel ved 60 m eller 55 m dyp. Resultatene indikerte at problemet var først og fremst forekommende på 65 og 60 m dyp, mens lenger opp i vannsøylen var tilgrumsingen mye mindre (Berge 2011).

Det oppstod imidlertid problemer med at de dypest stående sondene ikke tålte trykket og druknet, og/eller det kunne se ut til at resultatene ble påvirket av at det festet seg slam på sondenes målevindu til tross for at dette stod vertikalt. Man ble enige om at før det tas en eventuell beslutning om å heve inntaket noe, vil man forsøke å verifisere resultatene fra de elektroniske sondene, ved å foreta sedimentasjonsmålinger i de ulike dyp gjennom perioden med høstsirkulasjon 2011 og perioden med vårsirkulasjon 2012. Hvis tilgrumsingen skyldes såkalte «traveling waves» (se Berge 2011) og bare virvler opp materiale nær bunnen, vil bare de nederste sedimentasjonsfellene fange opp dette grumset. Sedimentasjon er drevet av tyngdekraften, og den svikter som kjent aldri, i motsetning til hva som kan inntreffe med instrumenter som måler turbiditeten kontinuerlig. Sedimentasjonsfellene gir imidlertid ikke noe tall for hvor grumsete vannet har vært, men bare relative forskjeller i tilgrumsing på ulike dyp.

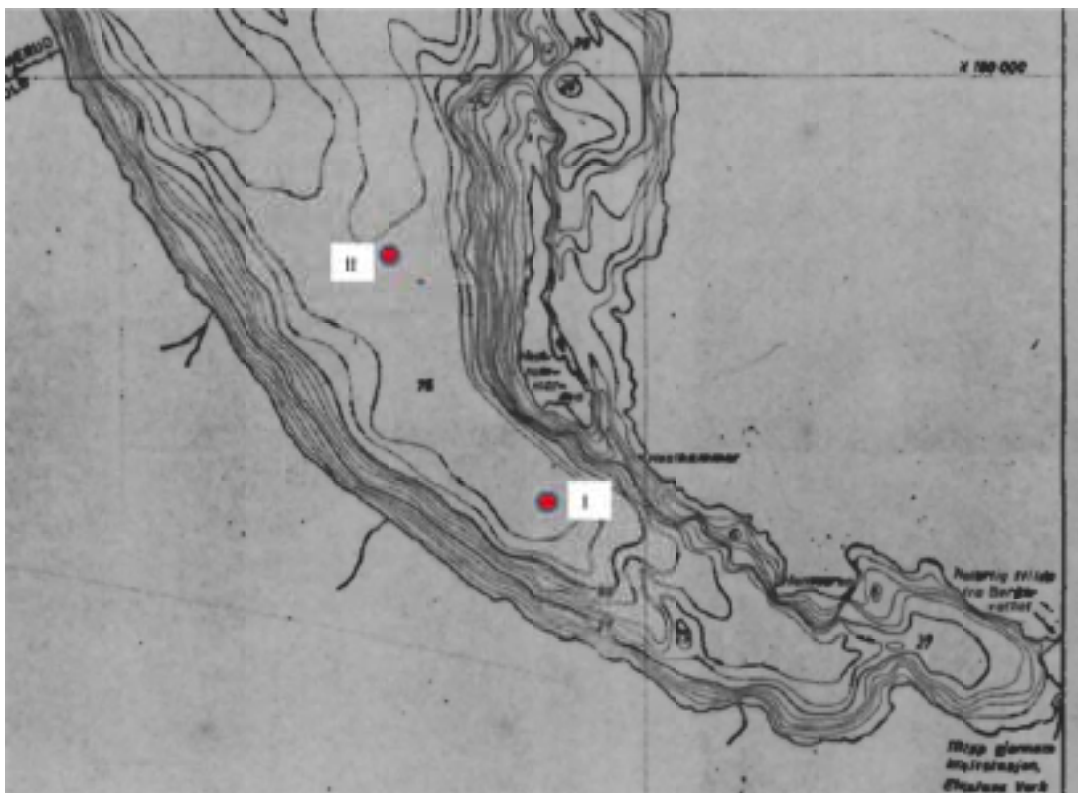
2. Metode og stasjoner

Sedimentasjonsfellene består av pleksiglassylindere med indre diameter 5 cm, ca. 35 cm lange, hvorpå det er tredd på en plast prøveflaske med stor åpning på den nedre enden. Fellene ble hengt ut i sedimentasjonsrigger som anvist på **Figur 1**. Høsten 2011 ble det hengt ut sedimentasjonsrigg ved vanninntaket innenfor Hesthammerøya, mens våren 2012 ble det også hengt ut en rigg utenfor den ytre delen av Hesthammerøya, se **Figur 2**. Dypet på begge disse stasjonene er ca. 70 m. Vanninntaket står 5 m opp fra bunnen, slik at dette er på ca. 65 m dyp. Dypeste felle ble hengt ut på 65 m, og de andre med 5 m mellomrom oppover.

Fellene ble løftet opp av strekkbøya som stod ca. fem meter under overflaten, slik at avstanden fra sedimentoverflaten til nederste felle til en hver tid er nøyaktig 5 m, og det er nøyaktig 5 m opp til neste, osv. Det er således god klaring mellom nederste felle og bunnen.



Figur 1. Sedimentasjonsrigg, se tekst for forklaring.



Figur 2. Stasjoner hvor sedimentasjonsfeller ble hengt ut.

3. Resultater og diskusjon

I utgangspunktet kommer alle partikler i en innsjø inn fra de øvre vannlag. Der kommer elver og bekker inn med sin partikkeltransport, bølgeslagene eroderer i strandsonen, plankton produseres i den belyste vannsonen, det skjer nedfall på overflaten av blomsterstøv og annet støv og småpartikler, etc. Man skulle da tro at for sedimentasjonsfeller som stod plassert under den belyste sone, slik at det ikke skjer noen vekst av begroingsalger i fellene, så skulle de fange like mye i alle dyp. Nå viser det seg imidlertid at det skjer viss økning i sedimentasjonen mot økende dyp, noe som gjerne blir forklart med en såkalt «trakteffekt». Det vil si at materiale som sedimenterer i bratt terreng, lett vaskes videre ned mot større dyp. Denne økningen er imidlertid svak og noenlunde jevn, ofte nærmest lineær.

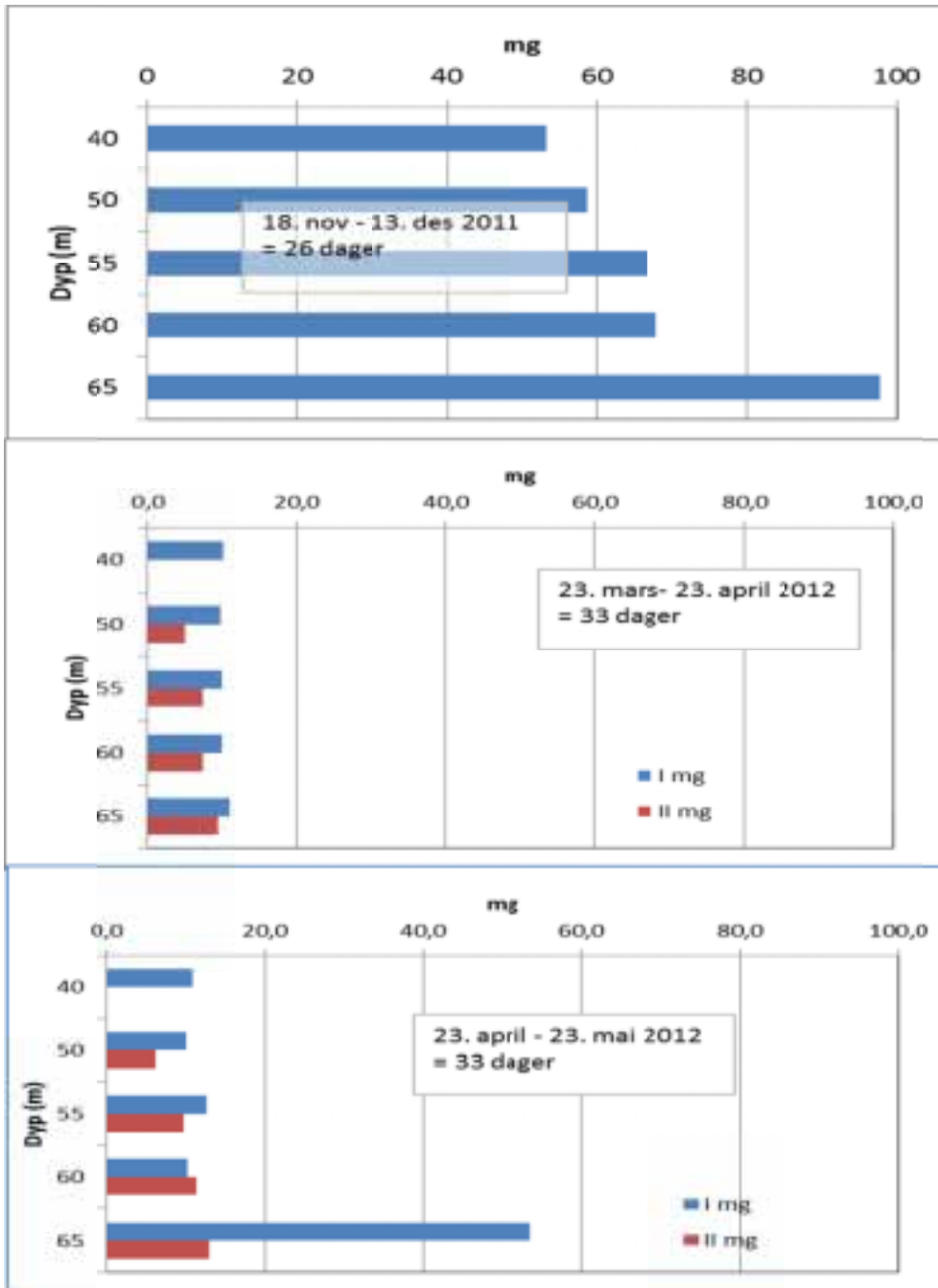
Ved de kontinuerlige turbiditetsmålingene i fjor fant vi at det episodevis kunne skje en meget kraftig økning i turbiditeten på 65 m, og nøyere inspeksjon av dataene viste at økningen startet så smått allerede på 60 m (Berge 2011). Dette indikerer at det er fra 65 m og nedover at turbiditeten virkelig øker, mens over 60 m øker den ikke. Da den nederste fella vår nå henger på 65 m og fanger sediment fra sjiktet over, får vi ikke fangst fra hele det sjiktet som er mest utsatt for turbiditetsøkningen.

Resultatene fra sedimentasjonsmålingene er gitt i **Figur 3**. Figurene viser sedimentasjonsfangst i fellene løpet av en måneds tid høsten 2011 øverst og våren 2012 i de to nedre. Det første som slår en er at det var mye mer sedimentasjon om høsten enn det var om våren. Mye av denne sedimentasjonen om høsten er trolig plankton og annet materiale som tilføres fra Bergsvannet. I mars og april har planktonproduksjonen ikke kommet i gang ennå, slik at det blir betydelig mindre sedimentasjon om våren. Vi ser videre at om høsten og i den siste perioden om våren, så har det skjedd en betydelig større sediment-fangst i den nederste prøven ved stasjonen ved vanninntaket. Ved stasjon II i ytterkant av Hesthammerøya, skjedde det ikke noen slik økning ved bunnen. Økningen der var kun en svak jevn økning som man gjerne får med økende dyp som følge av trakteffekten nevnt over. Mens materialet i fellene var ca 60-70 % uorganisk materiale i de andre dyp var materialet i de dypeste fellene som viste stor sedimentasjon om våren, 92 % uorganisk. Dette indikerer at den kraftige sedimentasjonen i den nederste fella skyldes opp-virvlet bunnmateriale og ikke samme materiale som man får i fellene lenger opp. Det kan bemerkes at værforholdene våren 2012 var veldig rolige sammenliknet med tidligere år, slik at turbiditetsproblemene i vannverket var mindre dette året.

Sedimentasjonsmålingene bekrefter altså inntrykket man fikk av de kontinuerlige målingene av temperatur og turbiditet høsten før der det inntraff kortvarige episoder med oppgrumsing nederst i vannsøylen inne ved Eidsfoss i forbindelse med sirkulasjonsperiodene. Særlig helt på slutten av sommerstagnasjonen og helt på begynnelsen av vinterstagnasjonen var det stor aktivitet av indre bølger, særlig av typen «internal traveling waves». Disse ble målt til å være helt oppe i 40 m høyde, av bare et par timers varighet, og ruller inn over bunnområdet inn mot Eidsfoss. De «bryter» som en overflate bølge og virvler opp bunnslam, se Berge (2011). I den ytre enden av Hesthammerøya fikk man ikke denne effekten i den bunnære fella. Man så det heller ikke lenger opp i vannsøylen hverken her eller inne ved Eidsfoss.

Sedimentasjonsmålingene bekrefter det man fant ved hjelp av de kontinuerlige registrerende sondene at den periodevise tilgrumsingen er størst ved de nederste 5 meterne i vannsøylen (65-70 m), og at allerede ved 60 m var liten grad av oppgrumsing som skyldes interne vannbevegelser i Eikeren. Resultatene både fra de kontinuerlige turbiditetsmålingene i 2010/2011 og sedimentasjonsmålingene i

2011/2012, tilsier at man vil bli kvitt det meste av problemet med de kortvarige turbiditetstoppene ved å heve inntaket opp til 60 m dyp, dvs. 5 m heving. Man får imidlertid litt økt turbiditet i hele vannsøylen om høsten som følge av tilrenning av algeholdig vann fra Bergsvatn som på denne tiden sirkuleres ned i dypet. Denne effekten berøres ikke av hevingen av inntaket. De kontinuerlige målingene viste at man kunne ha en liten turbiditetsøkning også ved 60 m, men denne var svært liten sammenliknet med den man observerte på 65 m. Det er derfor liten gevinst i å heve vanninntaket f.eks. 10 m i stedet for 5 m. Det blir dessuten vanskeligere å bardunere opp inntaket stabilt om det blir for høy vertikal stuss stående opp fra bunnen. Kanskje 7 m's heving vil være det optimale.



Figur 3. Sedimentfangst i de ulike sedimentasjonsfellene høsten 2011 og våren 2012. Blå (I) angir stasjonen ved vanninntaket, mens rød (II) angir stasjonen utfor ytre enden av Hesthammerøya.

Nå var imidlertid våren 2012 usedvanlig tidlig. Snøen i nedbørfeltet var for det meste smeltet før fellene ble hengt ut. For eksempel gikk isen på Hillestadvannet 20. mars, noe som er en måned tidligere enn normalt. Denne mangelen på vårflom i 2012, kan forklare hvorfor det var så mye mindre sedimentasjon inne ved Eidsfoss om våren sammenliknet med høsten før. I tillegg benytter man ofte vårtilsiget til å fylle opp det regulerte Bergsvannet etter vinternedtappingen. Dette gjør også at det er lite materiale som tilføres innløpsenden i denne perioden. Det var også lite vindaktivitet på Eikeren våren 2012 sammenliknet med tidligere år, då man først oppdaget turbiditets toppene man kunne få i inntaket til vannverket.

Det at man i forbindelse med høstsirkulasjonene observerer større sedimentasjon i alle måledyp, som imidlertid alle ligger i innsjøens dypvann (hypolimnion), sammenliknet med om våren, indikerer at man ikke vil kunne unngå en viss turbiditetsøkning under sirkulasjonsperioden om høsten selv om man hever inntaket 5 m. Hele denne delen av Eikeren har i denne perioden mer turbid vann enn ellers som følge av påvirkning fra Bergsvannet. I år med mer utpreget vårflom, vil man kunne få tilsvarende økte turbiditeter om våren. Men en heving av vanninntaket vil gjøre at man blir kvitt de kortvarige, episodiske turbiditetstoppene som man har nederst i vannsøylen som følge av interne bølgebevegelser.

4. Litteraturreferanser

Berge, D., 2011: Kontinuerlig måling av temperatur og turbiditetsprofiler i Eikerens sydende vår og høst 2010., NIVA-rapport LNR 6174-2011., 99 sider.

5. Primærdata

Tabell 1. Analyseresultater fra sedimentasjonsfellene for perioden nov- des 2011. Vestfoldlab as.

11/6123-1	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 40m	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN 872	100	mg/l
Gløderest i vann	NS 4733	67	mg/l
Volum filtrert		50	ml
Volum totalt		575	ml
11/6123-2	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 40m	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN 872	86	mg/l
Gløderest i vann	NS 4733	56	mg/l
Volum filtrert		50	ml
Volum totalt		574	ml
11/6123-3	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 50m	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN 872	105	mg/l
Gløderest i vann	NS 4733	75	mg/l
Volum filtrert		100	ml
Volum totalt		590	ml
11/6123-4	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 50m	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN 872	97	mg/l
Gløderest i vann	NS 4733	68	mg/l
Volum filtrert		100	ml
Volum totalt		573	ml
11/6123-5	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 55m	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN 872	112	mg/l
Gløderest i vann	NS 4733	80	mg/l
Volum filtrert		100	ml
Volum totalt		593	ml

Tabell 1 fortsettelse.

11/6123-6	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 55m	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN872	121	mg/l
Gløderest i vann	NS-4733	84	mg/l
Volum filtrert		50	ml
Volum totalt		555	ml

11/6123-7	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 60M	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN872	122	mg/l
Gløderest i vann	NS-4733	90	mg/l
Volum filtrert		100	ml
Volum totalt		582	ml

11/6123-8	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 60M	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN872	109	mg/l
Gløderest i vann	NS-4733	89	mg/l
Volum filtrert		100	ml
Volum totalt		597	ml

11/6123-9	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 65m	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN872	168	mg/l
Gløderest i vann	NS-4733	122	mg/l
Volum filtrert		50	ml
Volum totalt		576	ml

11/6123-10	Innsjøer Fra: SEDIMENTEIK 65m	Tatt ut: 13.12.2011	
Analyse	Metode	Resultat	Benevning
SS,suspendert stoff	NS-EN872	171	mg/l
Gløderest i vann	NS-4733	124	mg/l
Volum filtrert		50	ml
Volum totalt		578	ml

Tabell 2. Analyseresultater fra sedimentasjonsfellene for perioden 23. mars-23. april 2012. NIVA-lab.

Analysevariabel					STS	SGR
Enhet ==>					mg/l	mg/l
Metode ==>				TESTNO	B 2	B 2
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype			
1	20120423	1-1	fersk	2012-00867	20.0	14.2
2	20120423	1-2	fersk	2012-00867	19.4	13.2
3	20120423	1-3	fersk	2012-00867	19.6	13.2
4	20120423	1-4	fersk	2012-00867	19.8	14.4
5	20120423	1-5	fersk	2012-00867	21.8	16.0
6	20120423	2-1	fersk	2012-00867	5.0	3.4
7	20120423	2-2	fersk	2012-00867	7.3	4.8
8	20120423	2-3	fersk	2012-00867	7.3	5.1
9	20120423	2-4	fersk	2012-00867	9.3	6.6

Tabell 3. Analyseresultater fra sedimentasjonsfellene for perioden 23. april – 23. mai 2012. NIVA-lab.

Analysevariabel					STS	SGR
Enhet ==>					mg/l	mg/l
Metode ==>				TESTNO	B 2	B 2
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype			
1	20120523	11	fersk	2012-01183	21.4	14.6
2	20120523	12	fersk	2012-01183	20.0	14.0
3	20120523	13	fersk	2012-01183	25.0	17.4
4	20120523	14	fersk	2012-01183	20.3	13.3
5	20120523	15	fersk	2012-01183	107	94.5
6	20120523	2-1	fersk	2012-01183	6.2	3.8
7	20120523	2-2	fersk	2012-01183	9.6	6.8
8	20120523	2-3	fersk	2012-01183	11.2	7.6
9	20120523	2-4	fersk	2012-01183	12.8	7.8

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no