

UNDERSØKELSE OG OPTIMALISERING AV DEN NYE OSET
VANNBEHANDLINGSANLEGG

EXAMINATION AND OPTIMIZATION OF THE OSET WATER TREATMENT PLANT

MEAZA G.MICHAEL WAKJIRA



UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI, IMT
MASTEROPPGAVE 30 STP, 2011



FORORD

Jeg er takknemlig for at min hovedveileder førsteamanuensis Lasse Vråle som hjalp meg i hele studie tiden og ordnet oppgaven ved Oslo Kommune vann og avløpsetaten og veiledning med ekstra arbeid i å lese, kommentere og korrekturlese av oppgaven. Tusen takk til førsteamanuensis Arve Heistad for all hjelp i oppgaven og studie tiden.

Spesielt vil jeg takke til Kari Aasebo, funksjonsleder for vannrensing i vann- og avløpsetaten, min bi- veileder som arrangerte en utfordrende oppgave og tillot meg å utføre den ved Oset vannbehandlingsanlegg. Jeg er også takknemlige for hennes inspirerende hjelp i å arrangere alt laboratoriene utstyr og kjemikalier, organisering oppgaven, restrukturer, konstruert av oppgaven og for all hjelp på tide og utide.

Tusen takk till alle ansatte i Oset vannbehandlingsanlegg med stor tålmodighet ved å svare alle spørsmålene som jeg plaget mye med. Jeg har lært mye og hentet mye inspirasjon.

Jeg vil gjerne takke professor Oddvar Lindholm for hjelp i alle slags spørsmål som gjorde det lettere i alle slags problemer, motivere meg og rådet meg i hele studietiden.

Jeg vil gjerne takke Lars J, Hem, senior research scientist dr, ing som hjalp meg å rette feilen i oppgaven. Tusen takk til førsteamanuensis Jarle Bjerkeholt, for all hjelp i hele studie tiden. Jeg vil gjerne takke studieveileder Rune Grønnevik for hvert arrangement, Karin Smisetfoss, og Bibliotekarere ved Sørhellinga og informasjon senter ved UMB.

Jeg vil gjerne takke Oddrun Sveen, min helt som oppmuntre meg å lære meg språket og kultur i Norge. Til slutt vil jeg takke mannen min for støtte i hele studie tiden og venninnene mine som oppmuntret meg.

Ås, August 2011

Meaza G.michael Wakjira

Institute for matematiske realfag og bioteknologi,

Universitet for miljø og bioteknologi - Ås

SAMMENDRAG

Den gjentatte forekomst av partikkel gjennombrudd i filtrene svikter gjennomføring av hygienisk barriere funksjonen i filter anlegget og tap av filtermedia bidrar til dette. Filtrering, den viktigste prosessen i renseanlegget fungerer som en fysisk barriere for patogene organismer inkludert resistente mikroorganismer.

Undersøkelser er gjennomført på det aktuelle problemet med filter media tap og gjentatt forekomst av partikkel gjennombrudd etterfulgt av turbiditet verdi $> 0,2$ NTU. Stort sett oppstår problemet med gjennombruddet på grunn av endring i hydrauliske flatebelastning. Undersøkelsen er gjennomført fra januar 2010 til juni 2010 og startet med bekreftelse av media tap, finne ut årsaken og kvantifisering av tapet.

Metoden for tilnærming er visuell observasjon av filter tilbakespyling, måling av filter media dybde, trend bilde analyse og laboratorieanalyser. Plassen for undersøkelse av dybde måling av filtermedier og prøvetaking var begrenset til ett sted for å oppnå representative prøver som kan ha innvirkning på kvantifisering av resultatene som oppnås. Filtermedia tapet er oppstått i vannspylingstiden av filteret i slutten av tilbakespyling syklusen.

En av årsakene var glipper mellom renne av stål og betong filtervegg som hadde lekkasje. Dette ble senere reparert som følge av denne undersøkelsen. Selv om tap av filter media ble redusert, er partikkel gjennombrudd i rentvannsfasen fra filteranlegget fortsatt et problem som trenger mer undersøkelser og i tillegg anbefales det mer undersøkelser omkring filter media og støttelaget som videre arbeid.

ABSTRACT

The repeated occurrence of particle breakthrough hinders the practicability of hygienic barrier function of the filter plant, and the media loss also contributes to the failure. Filtering, the most important process in water treatment plant, acts as a physical barrier to pathogenic organisms, including resistant microorganisms.

The assessment was carried out on the current problem of filter media loss and the repeated occurrence of particle breakthrough followed by turbidity value > 0.2 NTU. The filter run often terminated due to particle breakthrough which arises usually during an increase in hydraulic loading rate.

The assessment was performed from January 2010 to June 2010 and started from the confirmation of filter media loss, searching the cause and the extent of the loss. The method of approach was studying backwash performance for all filters; measuring filter media depth, trend picture analysis, and taking grab sample and laboratory analysis. During the assessment, the location of filter media depth measurement and sample taking place was restricted to one place and finding representative samples was one of the limitations that can affect the quantification of the results obtained.

Filter media loss occurred during the final water wash of the filter backwash cycle. One of the reasons for filter media loss was the leakage between the trough and the concrete filter wall and is already repaired. The last measurement of filter media depth shows losses of filter media. Even if filter media loss is decreasing, particle breakthrough also needs further assessment including filter media grains, support gravel and under drain.

INNHOOLD

FORORD	1
SAMMENDRAG	2
ABSTRACT	3
INNHOOLD	4
TABELLISTE	7
FORKORTELSER	10
1. INNLEDNING	11
1.1 General	11
1.2 Bakgrunn	11
1.3 Kvalitet krav for vannbehandling	17
1.4 problemstilling	18
2 TEORI	19
2.1 Kilde	19
2.2 Karbonatisering og pH-Justring (for koagulering)	19
2.3 Koagulering, flokkulering, og sedimentering (ACTIFLO TM Prosessen)	20

2.4 To - media Filtrering	21
2.4.1 Dybde Filtrering	21
2.4.2 Mekanisme av partikkel fjerning i filtrering	24
2.4.3 Filtrering Proses	25
2.4.5 Tilbakespyling	28
2.4.6 Fluidisering	32
2.5 UV-behandling	36
2.6 Net vannproduksjon	37
3 RESULTATER	38
3.1 Tap av filteralite	38
3.1.1 Metode og Utstyr	38
3.1.2 Undersøkelse av tilbakespyling resultater	40
3.1.3 Funn og Resultat	42
3.2 Filtergjennombrudd	44
3.2.1 Tilnærming av problemene	44
3.2.2 Metode og Utstyr	44
3.2.3 Funn og Resultat	45
4 DISKUSJON	49

4.1 Tap av Filteralite	49
4.2 Filtergjennombrudd	50
5 KONKLUSJON/ ANBEFALINGER.....	55
5.1 Tap av filteralite	55
5.2 Filtergjennombrudd	55
REFERANSER.....	57
VEDLEGG	60
1. Drikkevannforskriften	60
2. Trend bilder.....	61

TABELLISTE

Tabell 1 Nye Oset vannbehandlingsanlegg. Drikkevannets fysiske-kjemiske egenskaper i rensset vann.....	13
Tabell 2 Beskrivelse av To – Filtermediet i Oset vannrenseanlegg.....	22
Tabell 3 To–media filter egenskaper.....	24
Tabell 4 Sikteanalyse fra leverandør (Dansk Kvarts Industri A/ S) til Oset Vba.....	29
Tabell 5 Fluidisering og tilbakespyling hastighet ved bruk av Wen og Yu.....	34
Tabell 6 Tabellen viser UV-stråling doser (kilde fra Folkehelseinstituttets nettsider.).....	36
Tabell 7 Undersøkelse av tilbakespyling resultater oppsummert i tabell.....	40
Tabell 8 Nivå måling av filtrene i Nord og i Syd fra overflate til gangbanen på midten av filtret.....	43
Tabell 9 Produkt Spesifikasjon av Filteralite 1.5 – 2.5mm.....	65
Tabell 10 Filteralite media kvalitet og størrelse.....	66
Tabell 11 Sikte Analyse av Quartz Sand.....	67
Tabell 12 Egenskaper av vanlig Filter Media(Cleasby and Fan, 1981).....	68
Tabell 13 Filter design criteria (AWWA Third Edition 1988).....	69
Tabell 14 Dynamic and kinematic viscosity.....	70
Tabell 15 PAX-16 produkt spesifikasjon.....	71
Tabell 16 PAX-18 produkt spesifikasjon.....	72

FIGURLISTE

Figur 1 Maridalsvannet Oset vannrenseanlegget kilde	12
Figur 2 Vannbehandling anlegget i Oset vannbehandlingsanlegg.....	13
Figur 3 Turbiditet måling som viser sesong variasjon.	15
Figur 4 Farge måling som viser sesong variasjon.	15
Figur 5 Skisse av filter seng i Oset vannbehandlingsanlegg	23
Figur 6 Grafisk fremstilling av sikteanalyse og kurve fra Tabell 4	29
Figur 7 Filtersyklus kart basert på general vannproduksjon parametere i Oset vba	31
Figur 8 Tilbake spyling og første filtrat turbiditet måling mot tid (ripening periode).....	38
Figur 9 Prøve taking beger og fiskestangen	41
Figur 10 Filterseng 7 som viser lekkasje under renne i Nord.....	42
Figur 11 Spyleslamvann TSS(mg/l) måling Filter 7 i Syd	45
Figur 12 Spyleslam resultat TSS mg/l Filter 5 i Syd	46
Figur 13 Turbiditet mot tid måling fra filtre i Nord	46
Figur 14 Tilbakespyling Vs turbiditet måling Filtre I Syd	47
Figur 15 Tilbakespyling Vs turbiditet måling Filter 4 og 5 I Syd	47
Figur 16 Viser”Boiling” under tilbakespyling.....	49
Figur 17 Trendbilde som viser spike og filterbrudd ved endringer i flatebelastning Filter 7 i Nord.....	51

Figur 18 Trendbilde som viser spike og filterbrudd ved endringer i flatebelastning Filter 4 i Nord.....	51
Figur 19 Trendbilde som viser spiker og filterbrudd ved endringer i flatebelastning Filter 6 i Nord	52
Figur 20 Akkumulert mengde av vann til Filtrene i Nord.....	53
Figur 21 Akkumulert mengde av vann til Filtrene i Syd.....	54
Figur 22 Trendbilde som viser filtergjennombrudd Filter1 i Nord i mai 2010	61
Figur 23 Trendbilde som viser filtergjennombrudd Filter 4 i Nord i mai 2010	61
Figur 24 Trendbilde som viser filtergjennombrudd Filter7 i Nord i mai 2010	62
Figur 25 Trendbilde som viser Filtergjennombrudd Filter 1 Syd i mai 2010.....	62
Figur 26 Trendbilde som viser Filtergjennombrudd Filter 4 i Syd i mai 2010.....	63
Figur 27 Trendbilde som viser Filtergjennombrudd Filter 7 i Syd i mai 2010.....	63
Figur 28 Tilbakespyling luft og vannspyling og vannspyling rampene i Syd.....	64
Figur 29 Filtrering mellom to tilbakespyling periode	64

FORKORTELSER

ETSW	Extended Terminal Subfludization Wash
Vba	Vannbehandlingsanlegg
NOM	Natural Organiske Materiale
NTU	Nephelometric Turbidity Unit
PAX	Polyaluminium klorid
TOC	Total organisk karbon
SS	Suspended Solids
CO ₂	Karbon dioksid
Kg	Kilogram
g	gram
l	liter
t	time
mS/m	miliSimens per meter
mekv/l	milliekvivalenter per liter
l/sec	liter per sekund
m ³ /dag	kubikkmeter per døgn
m ³ /sec	kubikkmeter per sekund
mg/l	milligram per liter
m ²	Kvadratmeter
m ³	kubikkmeter
mm	millimeter
min	minutt
mg	milligram

1. INNLEDNING

1.1 GENERAL

Overflatevann er svært tilgjengelig i Norge og brukes dermed i de fleste vannbehandlingsanleggene som vannkilde og karakteriseres ved høyt humus innhold, lav turbiditet, lav pH, lav innhold av kalsium og lav alkaliet og ofte utsatt for forurensingen, miljøgifter og mikroorganismer. (Eikebrokk, 1999) (Odegaard et al., 1999). I tillegg til det leder regnværsituasjon og snøsmelting perioder til ukontrollbar avrenning som kan øke forurensingen mere. Det er demonstrert i stor grad ved forskjellige studier at antall mikroorganismer som *Cryptosporidium* øker under den våte sesongen. (Pejman et al., 2009), (Vannforsyningens ABC, Kapittel D – Vannbehandling)

1.2 BAKGRUNN

Den nye Oset vannbehandlingsanlegg består av flere enhetsprosesser som inkluderer: flokkulering, sedimentering, to-media filtrering, UV-behandling.

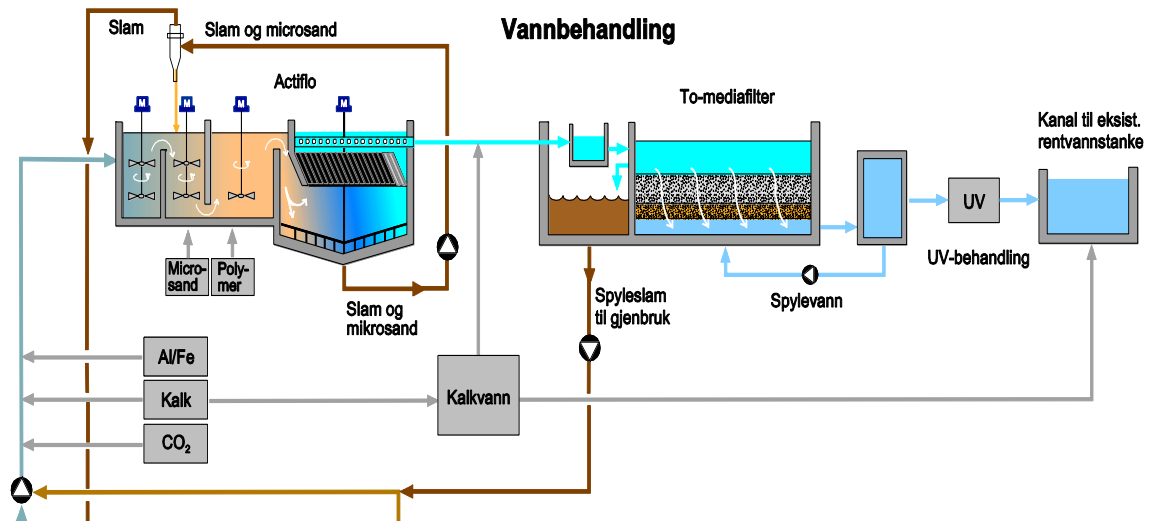
Oset vannbehandlingsanlegg er Skandinavias største kommunale vannbehandlingsanlegg med behandlingsskapasitet på 390.000 m³/d som bruker Maridalsvannet som kilde.



Figur 1 Maridalsvannet Oset vannrenseanlegget kilde

Nye Oset vannbehandlingsanlegg betjener meste parten av Oslo og Ski kommune som leverer vann til mer enn 500 000 mennesker. Det er bygget ut for å tilfredsstillere kravene i drikkevannsforskriften om blant annet to uavhengige hygieniske barrierer og for å overholde alle vannkvalitetsparametere i forskriften.

Vannbehandlingsprosessen består av følgende deler: Koagulering, flokkulering, og sedimentering i Actiflo anlegget, og etterfølgende filtrering i to-media nedstrøms filter som utgjør den første hygieniske barrieren. Videre følger et, UV- anlegg som har til formål å desinfisere vannet. UV utgjør andre hygieniske barriere. Alkalisering og pH – justering følger til slutt.



Figur 2 Vannbehandling anlegget i Oset vannbehandlingsanlegg

Tabell 1 Nye Oset vannbehandlingsanlegg. Drikkevannets fysiske-kjemiske egenskaper i rensset vann (Oslo kommune vann og Avløpsetaten webside)

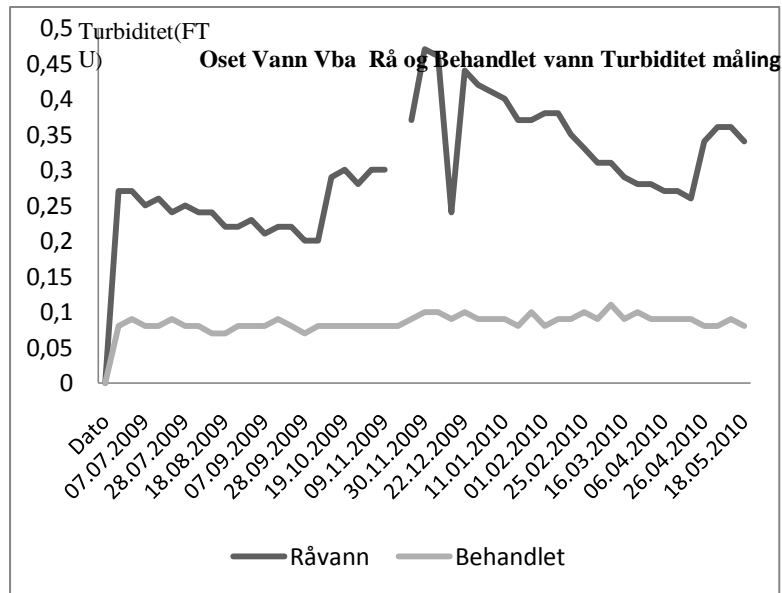
Drikkevannets egenskaper	
pH Verdi	7,70 – 8,00
Konduktivitet	13,0 – 15,0 mS/m
Alkalitet	0,85 – 1,1 mmol/l
Fargetall	3 – 5 mg Pt/l-skala
Turbiditet	0,07 – 0,10 F TU
Kalsium	23 - 27 mg Ca/l
Hardhet	3,0 – 3,8 °dH

Kommunen har stilt krav til at maksimalt 10 l/s avløpsvann som utgjør kun 0,2 % av vannmengden som behandles kan sendes til kommunalt avløpsledningsnett på grunn av lav kapasitet. Anlegget resirkulerer derfor prosessvannet i svært stor grad.

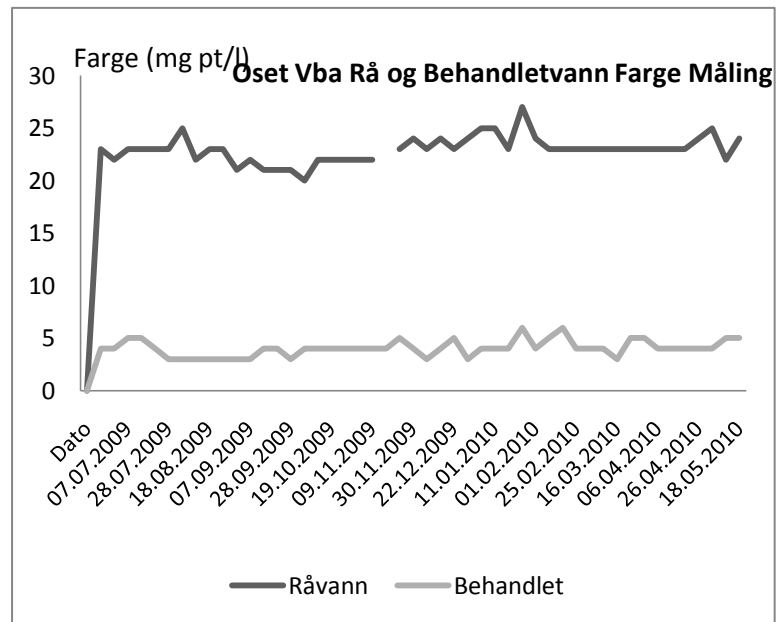
Det er planlagt å knytte en ny drikkevannkilde til anleggene på Oset(Langlivann eller Holsfjorden). Rejektvann fra sentrifugeringen vil dermed kunne inneholde mikroorganismer som er fremmede i Maridalsvassdraget. Selv om avløpsvannet fra prosessen vil bli avledet via det kommunale avløpssystemet, vil det alltid foreligge en risiko for overløps utslipp fra avløpsledningsnettets og dermed kontaminering av nedstrøms vassdrag som Akerselva.

Dette er begrunnelsen for at det i prosjektet er stilt krav til desinfeksjon av avløpsvannet fra sentrifugene (rejektsvannbehandling) slik at levende organismer ikke skal kunne overføres fra et vassdrag til et annet.

Ved optimalisering av en vannbehandling prosess bør man vurdere og legger stor vekt på forandringer i forbindelse med sesong variasjoner. Dette påvirker prosessen og fjerning av partikler. God kjennskap til potensielle forurensingskilder i nedbørfeltet og sesong variasjon er nøkkel i optimalisering hvor innholdet av naturlig organisk materiale (NOM), temperatur og, pH er svært viktige parameter for å oppnå optimal koagulant dose.



Figur 3 Turbiditet måling som viser sesong variasjon.



Figur 4 Farge måling som viser sesong variasjon.

Denne oppgaven omhandler å avklare driftsproblemene ved Oset vannbehandlingsanlegg i følge Kari Aaesbø, funksjonsleder for vannrensning i Vann- og avløpsetaten i Oslo Kommune orientering. Det er flere mulige punkter og forhold i anlegget som trenger avklaring og eventuelt optimalisering.

Optimalisering er å oppnå effektiv bruk av hver enhetsprosess i vannrensing anlegget ved å bruke effektive metoder som forbinder hele prosessen og gir en konstant og best mulig kvalitet av behandlet vann innenfor en akseptabel økonomisk ramme.

Selv om alle enhetsprosesser bør være effektive i ytelse, fokuserer denne studie på to – media filter prosessen, hvor hyppige filtergjennombrudd resulterer i redusert vannkvalitet og store driftsproblemer.

Partikkel- og forurensingsfjerning fra vannet er den viktigste i filtreringsprosessen. Disse partikler inkluderer leire, naturlig organisk og uorganiske materiale, mineraler og mikroorganismer(bakterier, parasitter, virus, etc).

Riktig dimensjonert og utformet filter i et vannbehandlingsanlegg produserer filtrert vann som har lavere turbiditet enn 0,1 NTU. Selv om studier tyder på at lav turbiditet ikke sikrer at partikler er fraværende, er det et utmerket mål for anleggets optimalisering og beskyttelse av folks helse. (Lechevallier and Norton, 1992)

Optimal løsning for en filterdrift ytelse er sammensatt av flere faktorer som media type, dybden av filtermedia, media kornstørrelse, filtermedia egenskaper, belastning, virkning av temperatur og pH verdi. Disse faktorer undersøkes nærmere for et resultat av høy vannkvalitet.

1.3 KVALITET KRAV FOR VANNBEHANDLING

Turbiditet måling brukes i vannkvalitet for evaluering vannbehandling prosessen fra råvann til ferdig behandlet vann. Nå for tiden brukes mest turbiditet målingen for å overvåke partikkel fjerning i filtrering prosess og gir en del overslag av fjerning av cryptosporidium oocysts (4-5 μm). (Gregory, 1998).

Mange studier tyder på at filtrering er den viktigste barriere for cryptosporidium pavarum fjerning og partikler som passerer sedimentering prosessen og partikler på flukt etter koagulering svikt. Partikletelling er viktig for å detektere tidlig filterbrudd for lave turbiditet verdier som kan ikke detekter ved turbidometer. Derfor kan bruk av partikkel telling forbedre overvåking og kontroll av filter prosessen.

Godt utformet filteranlegg gir konsistent filter utløp og lav turbiditet $< 0,2$ NTU og < 50 partikkeler/ml partikkel telling, 2-log fjerning av Giardia og cryptosporidium spesies, lang og prediktabel filtreringstid og konsistent i alle filtrene i systemet og minimum eller ikke noe tidlig filterbrudd.

Den enkelte vannbehandlingsmetode bør inaktivere bakterier og virus med minimum 99,9 % (3-log) og eventuelle parasitter med 99 % (2-log), for å bli betraktet som en hygienisk barriere. (Drikkevannforskriften)

1.4 PROBLEMSTILLING

Filterdriften som følger etter Actiflo prosessen er den prosessen i anlegget som skaper størst problemer for operatørene ved nye Oset vannbehandlingsanlegg. Det var et ønske fra Kari Aasebø å fokusere på dette. Følgende problemer skulle studeres:

- Tap av Filteralite som er en viktig del av filtermedie er et annet stort problem og det er rapportert at mye Filteralite føres ut sammen med spyleslammet tilbake til råvann kanalen. Derfra følger det med råvannet tilbake til Actiflo prosessen og sedimenterte fnokker og slam sammen med fnokkene. Sedimenterte fnokker og slam pumpes til hydrosyklonene hvor tyngre mikrosand resirkuleres og går tilbake til Actiflo, mens slammet går ut over toppen av hydrosyklonen og til slam fortykker. Man mistenker at Filteralite kan skade belegget (liner) innvendig i syklonene. Hva er årsaken til Filteralite tapet og hvordan kan dette forhindres eller reduseres er et meget viktig og sentralt spørsmål.

- Filter driften i anlegget er programmert slik at når et av filtrene settes ut av drift, fordeles vannet automatisk til andre gjenværende filtre og flatebelastningen i filtrene øker. Det er denne økningen i flatebelastning som forårsaker gjennombrudd i filtrene. Hvordan kan gjennombrudd forhindres?

2 TEORI

2.1 KILDE

Maridalsvannet er kilde for Oset vannbehandling anlegg. Området er beskyttet og klausulert i henhold til drikkevannforskriften. For å redusere mikrobiell risiko i drikkevann og bekymringer om kilden har vannkvaliteten krevet flere barrieretilnæringer for å beskytte forbrukerne mot fysisk, kjemisk og biologisk risiko fra forurensingen og vannbårne sykdommer. God desinfeksjonspraksis bør legge vekt på rå- og ferdig behandlet vannkvalitetsnivå, tilstrekkelig hygienisk barrierevirkning og overvåknings- og kontrolltiltak for vannkilde og vannbehandlingsanlegg. Inntaksdypet ligger 35 meter under sprangsjiktet og ved å ta hensyn til variasjon i klimaforandringer, kan vannkilde brukes som en barriere.

2.2 KARBONATISERING OG pH-JUSTRERING (FOR KOAGULERING)

Overflatevannet i Norge er bløtt, har lav alkalitet, lav pH og høyt humus innhold. Når pH i vannet er lavere enn 7, betegnes vannet som surt. Ved lavt kalsium innhold har vannet liten evne til nøytraliserer surhet. Syren i vannet er på grunn av CO₂ tilsetning og råvannets eget surhetsnivå. I Oset vannbehandlingsanlegg, skjer justering av pH ved dosering av kalkvann og CO₂ i råvannskanal og rent vannskanal.

Denne justering er styrt av kravet til prosesstrinet som hygienisk barriere. Dette innebærer at restmetallinnholdet skal være høyest 0,1 mg/l, turbiditeten ut av filtercelle < 0,2 FNU, fargen < 10 og i 95 % av tiden < 5 mg Pt/l, TOC < 3 mg/l

pH-verdien i ferdig behandlet vann skal ligge på rundt 8 og alkaliteten nivået for rent vann ligger på 1,1 mekv/l ± 0,1 mekv/l. Kalkvann dosering i rent vannkanaler er for korrosjon beskyttelse. (Oset renseanlegg proseshåndbok)

2.3 KOAGULERING, FLOKKULERING, OG SEDIMENTERING (ACTIFLO™ PROSESSEN)

Actiflo prosessen er basert på en patentert kjemisk fellingsprosess i lamellseparering med tilsetning av aluminium basert koagulant kombinert med flokkulering med mikrosand. Systemet er utformet for enhver koagulant type i flytende form. I begynnelsen var polyaluminiumklorid (PAX-18) i bruk og byttet til polyaluminiumklorid (PAX-16).

Koagulant tilsetning i råvannet for fjerning av ladning fra kolloid partikler resulterer i reaksjoner som produserer mange hydrolyse positivt ladet produkter "spesies" (Aluminium Hydroksid). Disse "spesies" binder seg til kolloid partikler som oftest bærer negativ elektrisk ladning. Deretter tilsettes mikrosand og polymer i injeksjon bassenget og blandes inn og binder partiklene med mikrosand sammen og danner større og tyngre fnokker som eventuell fjernes ved sedimentering prosess i lamell sedimentering basseng. Effektiv partikkel fjerning er resultat av riktig koagulering.

Optimal dose av koagulant for overflatevann er ofte avhengig av konsentrasjon av NOM i vannet. Riktig miksing er også viktig i effektivitet og optimal koagulant dose bestemmes ved rest aluminium verdier. (Eikebrokk, 1999)

Operatøren bestemmer koagulant dose fra jar test forsøk og erfaring som resulterer i akseptabel driftkostnad og god kvalitet vannproduksjon.

Aluminium innhold i og grad av alkaliet er viktige faktorer i koagulant evaluering. Polyaluminiumklorid inneholder høy positiv ladning og reagerer ikke som andre koagulanter ved pH øking. Dette leder til mindre forbruk av alkaliet og lav påvirkning i ortofosfat ion felling som påvirker pH i vannet. Optimal pH i felling avhenger av rå vannets egenskaper, valg og mengde av koagulant. Minst rest alkaliet bør være 10 mg/l Ca CO₃ for effektive koagulering. (Bottero et al., 1980) (Kemira)(Oset renseanlegg proseshåndbok)

2.4 TO - MEDIA FILTRERING

2.4.1 Dybde Filtrering

Hurtig filtrering (dybdefiltrering) er en av de viktigste prosesser i vannbehandling som brukes til å fjerne partikulært materiale. Dannelse av biologisk aktivitet i mediet har også store betydning for å forbedre kvaliteten av filtrert vannet basert på prinsipp mere på fysikalsk -kjemisk aktivitet. Hurtigfiltrering med en, to eller flere filtermedia anvendes for partikler mellom 0,1 μm og 500 μm .

Sand og granulært materielle som filtralite, antrasitt og plastikk brukes som mediet. Dybden for filterseng er vanligvis mellom 0,4 m – 2 m. (Tor Håkonsen, 2005)

To – media filtre av Oset vannrenseanlegg består av sand og granulært materielle, filtralite. Filtralite MC kornstørrelse 1.5-2.5 mm er ekspandert leir aggregater (leca) med en partikkel tetthet på 1300 kg/m³ som topplaget. Filteralite har spesielt egenskaper som å holde tilbake partikler i pores areal og skjærekraft har ikke tilgang til å løsrive tilbakeholdt materiale som er igjen vel beskrevet i studie(Mitrouli et al., 2009)

Kvarts Sand kornstørrelse er 0,4-0,8 mm i bunnlaget med en partikkel tetthet på ca 2650 kg/m³ brukt som filter material med effektiv størrelse 0,5 mm, ulikhets koeffisient < 1.3.

Støttesandlaget med kornstørrelse på 1.2-3.0 mm ligger i bunnen av filterets seng. Støtte laget er bare for å gi en støtte til medier over som hjelper til jevn fordeling av vannstrømmen over filteret seng i løpet av filtrering og tilbakespyling periode. Dette hindrer sand tap fra filteret under operasjonen. Filtrering er nedstrøms hvor filtret inneholder minkende kornstørrelse nedover i filtersenga fra lag til lag.

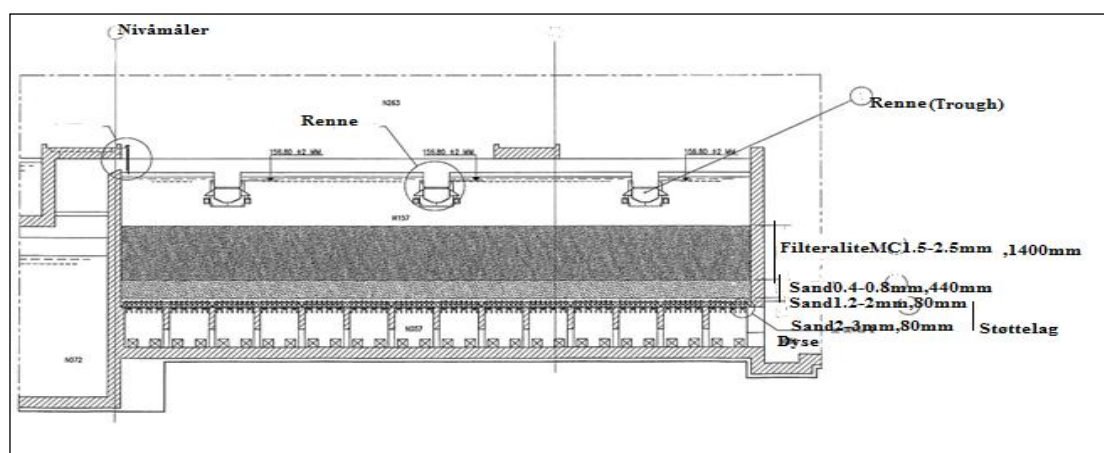
Filteralite laget har større korn størrelse med lavere tetthet som ligger på øverst og tillater partikler å trenge inn mellom porene og hindrer trykktap utvikling. Sand media med små kornstørrelse og større tetthet ligger under og sikrer produksjon av høy vannkvalitet.

Drenering systemet er en viktig del av dybdefiltreringen og fungerer som samling av filtrert vann, filter mediet støtte og jevn fordeling av tilbakespylesvannet. En av de alvorlige problemer i dybdefiltrering prosessen kan oppstå på grunn av underdrenerings svikt. Dysene som er i drenering delen brukes for tilbakespyling av vann og luft tilførsel og samtidig passerer filtrert vann gjennom dysene i filtreringsfasen.

Tabell 2 Beskrivelse av To – Filtermediet i Oset vannrenseanlegg

Type	To - Media
Antall filter senger (7 filtre i Syd og 7 filtre i Nord)	14
Dimensjon (lengde, bredde, dybde)(m)	14×5×2
Første filtrat vannmengde (m ³ /t)	800
Filter overflate areal (m ²)	70
Produksjonsmengde (i hvert anlegg) (m ³ /d)	195 000
Vannmengde variasjon (m ³ /t)	800 – 1350
Snitt hydraulisk flatebelastning (m ³ /t.m ²)	17
Driftstid(tid mellom to tilbakespyling)(t)	24 i starten, → ~ 13-14
Media 1 – Filtralite 1.5-2-5 mm dybde	1,400 m
Media 2 – Quartz Sand 0,4-0,8 mm dybde	0,440 m
Støtte lag	
Quartz Sand 1,2 -2,0 mm dybde	0,080 m
Quartz Sand 2,0 – 3,0 mm dybde	0,080 m
Spylesyklus styring (trykktap, turbiditet, produksjon vannmengde, tid)	vannmengde ,tid, filterbrudd, turbiditet ≥0.2

<p>Luftspyling 50-60 m³/m².t</p> <p>Luft (50 m³/m².t)og vannspyling(10 m³/m².t)</p> <p>Tilbakespyling vann 45 m³/m².t</p> <p>Sekvens</p> <p>(Senking av vann i filtret, luftspyling, luft og vann spyling, Utlifting, Vannspyling, fylling av spylevann basseng, første filtrat)</p>	<p>Senking av vann (~7,6 min(Vanligvis)</p> <p>luftspyling 1,5 min</p> <p>luft og vann spyling-5 min(vanligvis)3min</p> <p>Utlifting 8 min (pausetid),</p> <p>Vannspyling 5,5 min,</p> <p>første filtrat 20min, deretter 40 min eller turbiditet< 0,2)</p>
<p>Spylesyklus lengde inkludering første filtrat(min)</p>	<p>60-75</p>



Figur 5 Skisse av filter seng i Oset vannbehandlingsanlegg

Tabell 3 To-media filter egenskaper

Parameter	Filtralite MC	Qvartz Sand
Partikkel størrelse, mm	1.5 – 2.5	0.4 – 0.8
Partikkel tetthet, tørr kg/m ³	1300	2650
Bulk tetthet, tørr kg/m ³	550	1560
Effektive størrelse (d ₁₀), mm	1.7	~ 0,5
CU(coefficient of uniformity)	< 1.5	<1.3
Void i %	58	40

2.4.2 MEKANISME AV PARTIKKEL FJERNING I FILTRERING

Partikler tilbakeholdelse i filtrering skjer når vannet passerer gjennom filtermediet. Partikkel tilbakeholdelse mellom media korn (fysisk straining) er viktig mekanisme for større partikler fjerning eks(protozo og helminths) og er ikke dominerende i dybde filtrering.(Tufenkji et al., 2004, Yao et al., 1971).

For små partikkel som er mye mindre enn porene mellom filtre media involverer andre mekanismer som kan ledes partiklene til å bli holdt i filtret.

(1) transportert til filterkorn som driven inn i mediet og danner bro eller ”stikk” på kornene og aktor som samler av andre partikler(Stephan and Chase, 2001) (Tobiason, 1989)

(2) kolloid filtrering

- a) sedimentering partikler som forlates strømlinje og sedimentere seg på korn overflate. Det er størrelse og tetthet som drives mekanismen

- b) oppfangning(interception) partikler som følger strømlinje og kolliderer med kornoverflate
- c) diffusjon er kontakt med brownian bevegelse fastholding til mediet korn(stikking) og har mer effekt i kollisjon og adhesjon som inkludert ”van der waal force”, hydrasjon, elektrisk interaksjon (Gregory, 1993) (Spielman and Goren, 1970, Amirtharajah and Raveendran, 1993)

(3) Når strømming i filtre økes løsriver partikler som er tilbakeholdt fra før og suspendert igjen i dybden vel presentert i studie(Yao et al., 1971).

2.4.3 FILTRERING PROSESS

For å produsere nok og tilfredsstillende vannkvalitet som kreves på hver etterspørsel i ulike situasjoner er Nye Oset oppbygget med flere filter senger i parallell og syv i en linje og 14 i alt. Filteret er oppbygget med innløpskanalen som fører vannet inn til filterene. Der fordeles vannet til de filterene som er i drift og ledes inn oven filtermaterialet og styres av en utløpsregulering i form av en ventil for å holde konstant vannspeil over filtret.

Koagulant (PAX-16) og kalk tilsettes i kanalen ut fra Actiflo delen og dosering skjer proporsjonalt med vannmengden i kanalen. Koagulant dosering før filterene anvendes i forbindelse med Actiflo anlegget for å binde til seg restpolymer og kolloidene som kommer til innløpet av filterene. Kalk dosering før filter er for pH justering og det er 5-10 % av dosering i råvannskanalen. Doserings punkt er plassert ved 90 graders bøyning etter Actiflo der det påregnes den største turbulensen til innblanding og lengst mulig etterfølgende innblandingstid fra avgrensingen til de enkelte filterene.

Dersom det skjer filtergjennombrudd vil hypokloritt dosering virke som hygienisk barriere og doseres automatisk i Actiflo kanalen i vannet som skal infiltreres og vil beskytte mot groing av bakterier og alger. (Oset vannverk prosess håndboka)

2.4.4 Trykktap

Ved filtrering vil tilbakeholdte partikler minke permeabiliteten i filtret som leder til øking av filtermotstanden og dermed trykktapet. Dette fenomen beskrives av Darcy's lov (Gerhardt, 1992) som øking i vannhastighet vil også øke trykktap i filtret (Tor Håkonsen, 2005)

$$V = KI \dots\dots\dots(1)$$

hvor, hydraulisk gradient, I beskrives som

$$I = dH / dL \dots\dots\dots(2)$$

der,

V = filtreringshastighet (m/s)

K = permeabilitet av filterlaget (m/s)

I = Hydraulisk gradient(m/m)

H =trykktap (m)

L = Dybde av filterlag med(m)

Kozenys ligning gir en mer eksplisitt sammenheng for en ren filterseng:

$$(dH/dL)_0 = 5 \mu v(1-\varepsilon)^2 (6/\psi d)^2 / (\rho g \varepsilon^3) \dots\dots\dots(3)$$

der,

$(dH/dL)_0$ = initial hydraulisk gradient (tid t=0)

μ = vannets absolutte viskositet (kg/m s)

ε = filterlagets porøsitet

ψ = filterkornform (sfærisitet, =1 for kuler og <1 for avvik fra kule formen)

d = filterkorndiameter (m)

ρ = vannets tetthet (kg/m^3)

g = gravitasjon (m/s^2)

Ved å summere de initiale hydrauliske gradienter over alle lag i en filterseng, fås det totale initiale trykktapet (ren seng) over filtersengens totale dybde L :

$$\int_0^L dH = 5\mu v \int_0^L (1-\varepsilon)^2 (6/\psi d)^2 / (\rho g \varepsilon^3) dL$$

$$H_0 = 5\mu v \int_0^L ((1-\varepsilon)^2 (6/\psi d)^2 / (\rho g \varepsilon^3)) dL \dots \dots \dots (4)$$

Etter som partikler avsettes i filtersengen, kan trykktapsutviklingen beskrives ved en modifisert Kozeny ligning:

$$\partial H / \partial L = (dH/dL)_0 + k\sigma \dots \dots \dots (5)$$

der σ = tids- og dybdeavhengig spesifikk avsetning (volum av avsetning/enhetsvolum i filterseng) og K er konstant.

Filteret formål er å tilbakeholde partikler som ikke er sedimentert i Actiflосlamellsedimentering basseng og å få turbiditet måling mindre enn 0,2 NTU i lengre tid og konsistent i alle filtrene. Dette kan føre til en lang filtersyklus som er likt i alle filtrene og minimalisere filterbrudd. Da hjelper tilbakespyling til å fjerne akkumulert avsetningen og forurensingen materials som i et punkt forringer vannkvaliteten på grunn av trykktap oppbygging eller filterbrudd.

2.4.5 TILBAKESPYLING

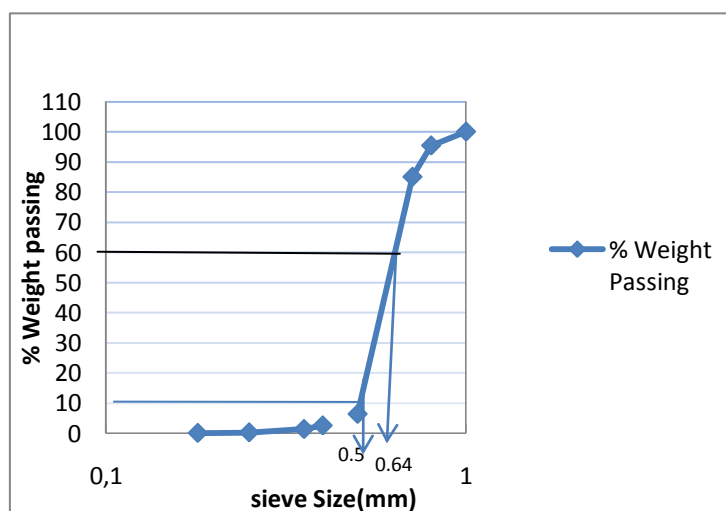
Filter media korn størrelse har viktig rolle i filtrering effektivitet og tilbakespyling hastighet. Det aktuelle mediet kornstørrelse bestemmes av en sikte analyse. Filter mediets egenskaper beskrives med forskjellige parametere som effektiv størrelse (ES) som ofte tas som d_{10} og den enhetlighet koeffisienter (UC) beskriver som ratio d_{60}/d_{10} . Den d_{90} størrelse bruker man til å beregne tilbake spyling hastighet for et filter medium. For å beregne d_{90} vi bruker likning av media korn størrelse distribusjon UC (Fitzpatrick, 1998)

$$UC = d_{60} / d_{10} \dots\dots\dots (6)$$

$$d_{90} = d_{10} (10^{1.67 \log UC}) \dots\dots\dots (7)$$

Tabell 4 Sikteanalyse fra leverandør (Dansk Kvarts Industri A/ S) til Oset Vba

Sikte størrelse åpning(mm)	Sand mengde gjennom sikte(%))	Sand mengde på sikte(%)	Vekt i gram
0	0	0	0
0,18	0	0,2	0,23
0,25	0,2	1,1	1,11
0,355	1,3	1,2	1,21
0,4	2,5	3,8	3,78
0,5	6,3	78,7	78,95
0,71	85	10,4	10,44
0,8	95,4	4,6	4,57
1	100	0	0,04

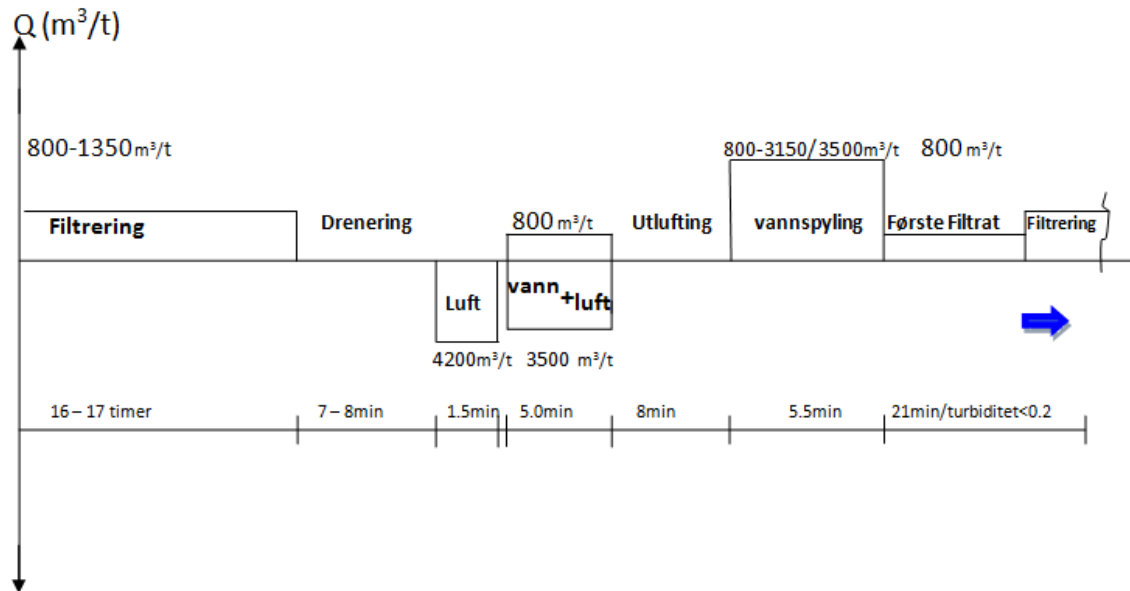
**Figur 6** Grafisk fremstilling av sikteanalyse og kurve fra Tabell 4

Mediet bør være hydraulisk kompatibel for å unngå miksing ved spyling. Voldsom intermiksing av filterlagene leder til kortere syklus resultat av mindre porevolum i øverste laget. Man må unngå dette ved å velge media som er kompatible og deles samme fluidisering hastighet for å få lik hastighet.

For å produsere høy vannkvalitet er tilbakespyling en av de nødvendige og viktige delene av filtrering prosessen. Den riktige tilbakespyling hastighet og prosent av filter sengen utvidelse bør bestemmes av filter media type, kornstørrelse og enhetlighet koeffisienter. ”Colapse pulsing” tilbakespyling med vann og luft samtidig gjør mer effektiv fluidisering enn spyling med bare vann som et ledd for å opprettholde en ren filterseng med lavere trykktap og gir konsekvent kvalitet filtrert vann vel beskrevet i studier (Chipps et al., 1995) (Amirtharajah, 1993)

Tilbakespyling utføres på et regelmessig program ved etterfølgende: Luft spyling, luft og vann spyling for å få fluidisert mediet og følger med bare vannspyling nok til å spyle ut løsrevet fnokker. Filtrene må tilbakespyles når en av de tre følgende som først nås:

1. avsetning i filtermassen gjør trykktapet høy på et bestemt nivå,
2. vannmengden som er behandlet er mer enn 80,000 m³ eller
3. turbiditeten i ferdig filtrert vann stiger enn 0,2 NTU.



Figur 7 Filtersyklus kart basert på general vannproduksjon parametere i Oset vba

Spyle tiden og spylingshastighet som bestemt på forhånd uten å ta hensyn til forandring i innløp kvalitet føres til undervasking eller overvasking. (Dharmarajah and Cleasby, 1986) Filtermedia som ikke er tilstrekkelig ekspandert blir ikke fri for partikler som er holdt tilbake i mediet og kan føre til ”mud ball” formasjon og andre problemer. Studie tyder på at mediene bør utvides i størrelsesorden 20 til 50 % av det totale utvidbare mediet. Prosent bed utvidelsen beregnes ved å dele med dybden av utvidelsen media ved dybden av utvidbare medier.

Studier viser at feil i tilbakespyling prosedyre fører også til filtermedia tap. For eksempel, ved ventilerstenging og åpning: I tilbakespyling syklusen kommer vannspyling etter luft og vannspyling, og da bør operatoren være nøye å stenge luft ventilen i tide for ellers kan det ofte lede til filtermedia tap.

2.4.6 FLUIDISERING

Fluidisering av filter media i filter celle skjer når den oppstrøm trykket balanseres vekt av filtermediene korn. Oppstrøms hastighet mellom pores medier filter resultat i hydraulisk gradient som reduserer korn til korn trykk mellom mediet. Ved "incipient" fluidisering, nedstrøms trykk lik oppstrøms hastighet. Etter dette punket V_{mf} "incipient fluidisering" ingen mere trykk tap uansett hvor stor hastighet blir. Flere studier har utviklet forskjellige modeller for tilnærming dette problem. (Dharmarajah and Cleasby, 1986) utviklet en modell som korrelert til å forutsi "velocity – voidage."

Minimum fluidisering hastighet, V_{mf}

Korn størrelse d_{90} av filtermedia med høyere mediet korn størrelse bestemmes fluidisering hastighet og er viktig i forhold til tilbakespylings hastigheten bestemmelse. (Wen and Yu, 1966). For media med to forskjellige tetthet bør fluidisering hastighet være rundt samme. Ellers media med lav hastighet går tapt under spyling og media som trenges større hastighet blir ikke fluidisert nok til å løsrive akkumulert partikler fra kornoverflate eller undervasking som leder til å forme "mud ball" eller media sprekk.

$$V_{mf} = \mu / \rho d_{eq} (33.7^2 + 0.0408 G_n)^{0.5} - 33.7 \mu / \rho d_{eq} \dots \dots \dots (9)$$

$$G_n = d_{eq}^3 \rho (\rho_s - \rho) g / \mu^2 \dots \dots \dots (10)$$

μ = absolute viscosity of water, N s/m²

ρ = tetthet av vann, kg/m³

ρ_s = tetthet av sand, kg/m³

d_{eq} = d_{90} sikter størrelse i stedet for d_{eq}

g = gravitational acceleration m/s²

Gn = Galileo number

$$\mu = 0.00152 \text{ N s/m}^2, = 0.00152 \text{ kg/cm s at } 5^\circ\text{C}, 20^\circ\text{C } \mu = 0.001002 \text{ N s/m}^2$$

Spherical partikler, McCabe, Smith, and Harriott (2001) anbefalt at ε ligger mellom 0,40 - 0,45 øking ved partikkel størrelse.

Fluidisering og tilbakespylingshastighet beregnet basert på sikteanalyse resultat fra Tabell 5,9,10 og liknings 6,7 9 og 10. D_{90} og d_{60} størrelse for Filteralite antatt fra tabell10 og fra UC

Tabell 5 Fluidisering og tilbakespylingshastighet ved bruk av Wen og Yu

	Filtralite MC(1,5-2,5 mm)	Quartz Sand(0,4-0,8mm)
d_{10} (mm) Effektiv størrelse	1,7	0,50
d_{60} (mm)	~2,2	0,64
$UC = d_{60}/d_{10}$	< 1,5	< 1,3
d_{90} (mm)	~2,24	0,77
Tetthet, ρ Kg/m ³	1300	2650
Temp °C	5/10	5/10
Galileo nummer, G (vann viskositet 5°C, 1.52×10^{-3} N-s/m ²)	14316,9	3198,4
Min. Fluidiseringshastighet, V_{mf} (m/t)	18,98	13,23
Tilbakespylingshastighet, $V_B = 1,1 V_{mf}$ (m/t)	20,88	(14,55)20,88
$V_B = 1.3 V_{mf}$ (m/t)	24,67	(17,20)24,67
Galileo nummer, G (vann viskositet 10°C, 1.31×10^{-3} N-s/m ²)	19274,88	4306
Min. Fluidisering hastighet, V_{mf} (m/t)	21,35	15,42
Tilbakespylingshastighet, $V_B = 1.1 V_{mf}$ (m/t)	23,49	(16,96)23,49
$V_B = 1.3 V_{mf}$ (m/t)	27,76	(20,05)27,76

Filter design criteria (AWWA Third Edition 1988)

*Minimum fluidisering hastighet av Filtralite bestemmes tilbakespylinghastighet

* ρ_w (kg/m³) = 998.2 ved 20 °C, 1000kg/m³ ved 4°C, V_B – Tilbakespyling hastighet

Resultater viser i Tabell 5 at minimum fluidisering hastighet for Filteralite laget er rundt 30 % mere enn sand korn. Spylevannshastighet er lavere enn det som er i virkeligheten. Filtermedia laget som har Sand 1.2 mm – 3 mm (gravel) som støttelaget brukes spylevannshastighet vanligvis 10 % mer enn minimum fluidisering hastighet, ($1,1V_{mf}$) for å hindre støtte laget ("gravel") flukt. (Cleasby & logsdon 1999)

Filtrering ved lav hastighet for første omgang etter tilbakespyling kan øke effektiviteten av filtrering prosessen for å fjerne rester etter løsrevet partikler ved spyling. Partikkel løsrevet fra filtermediet korn og suspendert i vannet er unngåelig som ofte er grunn for tidlig filterbrudd i først omgang av filtrering etter spyling. (Bucklin et al., 1991)

For å unngå tidlig filterbrudd etter tilbakespyling, den utvidede terminalen fluidisering vask (ETSW) er en avansert tilbakespyling måte som har lengre spyling tid enn vanlig. Spylevannsmengden rampes ned og dette minsker rester fra tilbakespyling som kan passere gjennom filteret for neste filtrering periode (Amburgey and Brouckaert, 2005).

2.5 UV-BEHANDLING

UV-bestråling er effektiv desinfeksjon for parasitter som *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia* spesiell for inaktiverer oocyster/cyster bakterie og virus. UV- anlegget i Oset vannbehandlingsanlegg har tilformål desinfiserer vannet ved å bestråle med en UV-dose på 400-450 J/m². Prosess område består av 3 UV reaktor som fungerer parallelt og som er installert etter to-media filteranlegget.

Tabell 6 Tabellen viser UV-stråling doser (kilde fra Folkehelseinstituttets internettsider.)

Parameter	Enhet	Indikatorverdi	Merknader
UV-stråledose (dose = stråleintensitet x bestrålingstid)	mWs/cm ²	> 30	Anses som en hygienisk barriere ovenfor bakterier, virus og parasitter. Beregning basert på volumveid gjennomsnittsstråleintensitet i kammeret og gjennomsnittlig oppholdstid i aktiv del av kammeret.
	(mJ/cm ²)	>40	Anses i tillegg som en hygienisk barriere mot bakteriesporer. Denne doseverdien er basert på en biosimetertest med <i>Bacillus subtilis</i> sporer utført enten i henhold til østerriksk ÖNORM M5873 eller tysk standard, DVGW Arbeitsblatt W294.

Tabellen øverst viser at hvilke strålingsdoser som skal til for at UV-bestråling skal kunne fungere som hygienisk barriere overfor bakterier, virus, parasitter og bakteriesporer.

2.6 NET VANNPRODUKSJON

Vann produseres fra filter i filtrering syklus

$$Q_{\text{Net}} = (24 / t_p) (V_f \cdot t_f - v_s \cdot t_s) \dots \dots \dots (11)$$

Q_{Net} - daglig netto vannproduksjon ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{d}$)

V_f , filtreringshastighet $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{t}$, V_s - tilbakespylingshastighet ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{t}$), t_f , tid for filtrering(t), t_s , tilbakespyling(t), og t_l , luftspylingtid(t), t - tid for ventil manøvrering(t)

t_p , total tid mellom tilbakespyling ($t_f + t_s + t_l + t$).

$$Q_{\text{sp}} = (24 / t_p) (v_s \cdot t_s) \dots \dots \dots (12)$$

Q_{sp} -daglig produksjon av tilbakespyling vann.

I Oset vannbehandlingsanlegg resirkulerer spyleslammet (føres tilbake til rå vannskanal). Dekantvannet fra fortykkere føres også til råvannskanal. Det er der med kun rejecktsvannet fra avvanning prosessen (sentrifugene) som går tapt (ledes til avløpsnett.)

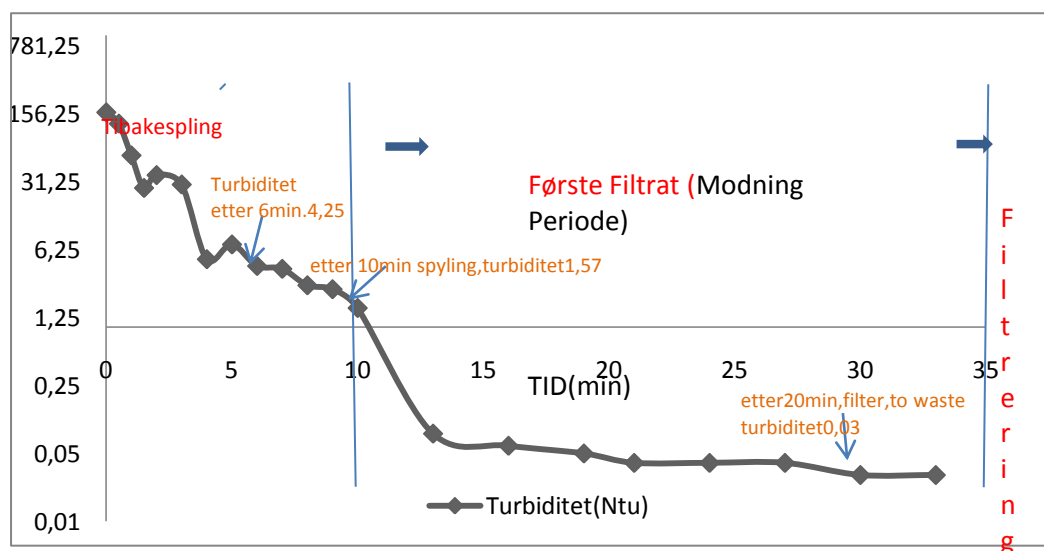
3 RESULTATER

3.1 TAP AV FILTERALITE

3.1.1 METODE OG UTSTYR

- Stikkprøver fra spyleslammet i enkelte filtre.
 - Utstyr: fiskestangen med 30µm filterduk for å få konfirmere filtermedia tap. (figur 9)
- Det ble tatt ut prøver under tilbakespyling for å kvantifisere filtertapet og for å se hvor lang tid Filteralite tap via spyleslammet pågikk.
 - Utstyr: Beger med stang. (figur 9)
- Måling av total filterlagstykkelse, for å se om tap av Filteralite.
- Observert filtrene i spylesekvensens
- Nedsenking, luftspyling, luft og vannspyling og spyling.

Første filtrat – Det første vannet som kommer ut av filteret etter en spyling og som ikke er rent nok til forbruk.



Figur 8 Tilbakespyling og første filtrat turbiditet måling mot tid (ripening periode)

Tilbakespyling verdier målt i laboratoriet (filter 5 i syd figur 16). Første filtrat måling lest fra SCADA.

Første filtrat resultat viser veldig lave verdier. I starten var turbiditeten 1,57 NTU og etter 3 minutter filtrering turbiditeten ble 0,08 NTU som er allerede $< 0,1$ NTU. Deretter ble 0,03 NTU etter 21 minutter og klar til filtrering. Selv om turbiditet måling viser lave verdier det bør bli konsistent for lengre tid for sesong variasjon kan ledes til sårbar situasjon.

3.1.2 UNDERSØKELSE AV TILBAKESPYLING RESULTATER

Tabell 7 Undersøkelse av tilbakespyling resultater oppsummert i tabell

Dato	01/02/2010 - 9.3.2010	Observasjon av filter spyling samt med filtralite tap undersøkelse
Brukt utstyr:	Stoppeklokke, Prøve taking beger 500ml, 1000ml med hånd tak Imhoff beger, 1000ml, Fisk stangen dekket med 30micron filter duk på(fiske stangmetode) **Brukt bare å sjekke filtralite tap i første spyling fase i filter no. 4 og 5 i syd og filter no.5 i Nord Prøve tatt – fra renner som er nær i midten av gangen	

Filter No.	1	2	3	4	5	6	7
NORD							
Filtralite tap ved spyling-	Ja	Ja		Ja	Ja	Ja	Ja
av Filtralite og vann	Nei	Nei	Ikke observert	Nei	Nei	Nei	Ja
*Lekkasje							
Senking - nivå(m) målt fra bunnen	2,85			2,84			2,85
Luft- fordeling 60 m3/m2.t for 1,5 min	I starten gulping (boiling) i forskjellige steder i filter celle og etter hvert jevnt						
Luft og vann fordeling 50 m3/m2.t og 10 m3/m2.t	Jevnt	Jevnt	Jevnt	Jevnt	Jevnt	Jevnt	Jevnt
Nivå etter vann og luft spyling ferdig(m) fra bunnen	3,9			3,9			3,9
SYD							
Filtralite tap ved spyling -	Lite	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
av vann	Nei	Nei	Nei	Nei	Ja	Nei	Nei
*Lekkasje							
Senking - nivå(m)	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,84
Luft- fordeling 60 m3/m2.t	I starten gulping(boiling) i forskjellige steder i filter celle og etter hvert jevnt						
Luft og vann fordeling 50 m3/m2.t og 10 m3/m2.t	Jevnt	Jevnt	Jevnt	Jevnt	Jevnt	Jevnt	Jevnt
Nivå etter vann og luft spyling ferdig(m)	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9

Merknad

*Gulping av filtralite tap i et sted ved kanten, pluss vann og filtermedia lekkasje på kanten av renne mot kanalen i filter 7 i Nord

*Vannlekkasje under renner mot kanalen i filter 5i Syd

Denne observasjon kan være representative så lenge drift situasjonen er samme.

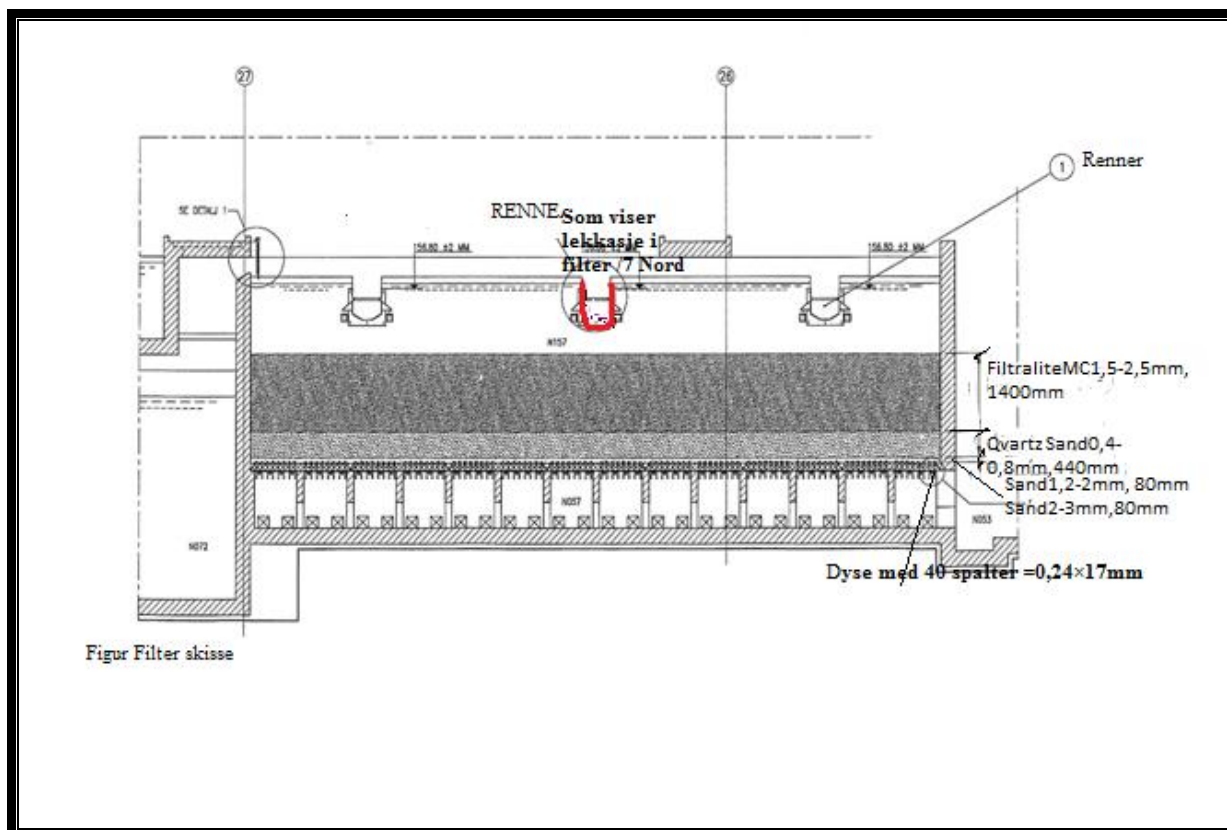
Prøven tatt langs rennen fra forskjellige punktet. I en filtercelle det er tre utløp som renner til kanalen.



Figur 9 Prøve taking beger og fiskestangen

3.1.3 FUNN OG RESULTAT

Lekkasje under renner i Filter 7 i Nord og i Filter 5 i syd



Figur 10 Filterseng 7 som viser lekkasje under renne i Nord

Filter seng dybde vurdering

Denne måling viser hvor ujevnt filter overflate areal er og Filtralite tapet skjer fortsatt. (Tabell 8) For eksempel, Filter 1 i Syd hadde veldig lite tap av Filtralite ved prøve taking periode i januar og februar 2010 og hadde ikke noe filter brudd i løpet av en måned. Dette resultatet ble omvendt i mai og juni 2010 (figur 23). Filtergjennombrudd skjedd ofte i filtrene i Syd.

Tabell 8 Nivå måling av filterene i Nord og i Syd fra overflate til gangbanen på midten av filtret

Filterseng	Syd (målt11/12/2009)	Syd (målt12/02/2010)	Syd (Målt29/06/2010)	Nord (målt11/12/2009)	Nord (målt12/02/2010)	Nord (målt29/06/2010)
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
Filter 1	220	226.0	233	216	217.0	226.5
Filter 2	222	224.5	232	215	217.0	222
Filter 3	220	218.0	226	218	218.5	225
Filter 4	217	216.5	229	219	217.5	225
Filter 5	218	219.0	226	220	216.5	227
Filter 6	222	223.0	229	216	214.0	223
Filter 7	217	220.5	228	215	214.0	221

Laboratoriet resultat av tap av Filteralite etter måling var i snitt 1,5ml/l av spylt vann. Etter observasjon av flere prøver i spyletiden fra 13 filtre ser man at filter mediet tapet skjer i de første 30sek av spyletiden.

Basert på dette kan vi beregne mengden av Filteralite tap. Men med dette resultat kan vi ikke representere helheten, og skaper stor usikkerhet på grunn av at anlegget ikke driftes helt likt hver dag. Årsaker til usikkerhet, blant annet:

- eksistens av tre utløp i hvert filter celle
- i tillegg kan luft tilbakeholdelse føre til stor tap i et øyeblikk(gulping)
- lekkasje under renner som vi ikke har kontroll på å se eller måle

3.2 FILTERGJENNOMBRUDD

3.2.1 TILNÆRMING AV PROBLEMENE

- Studert de hydrauliske forholdene for filterne generelt og ved spyling av ett filter spesielt
- Prøver analysert fra slamvannet fra tilbake spyling
 - Turbiditet/SS

3.2.2 METODE OG UTSTYR

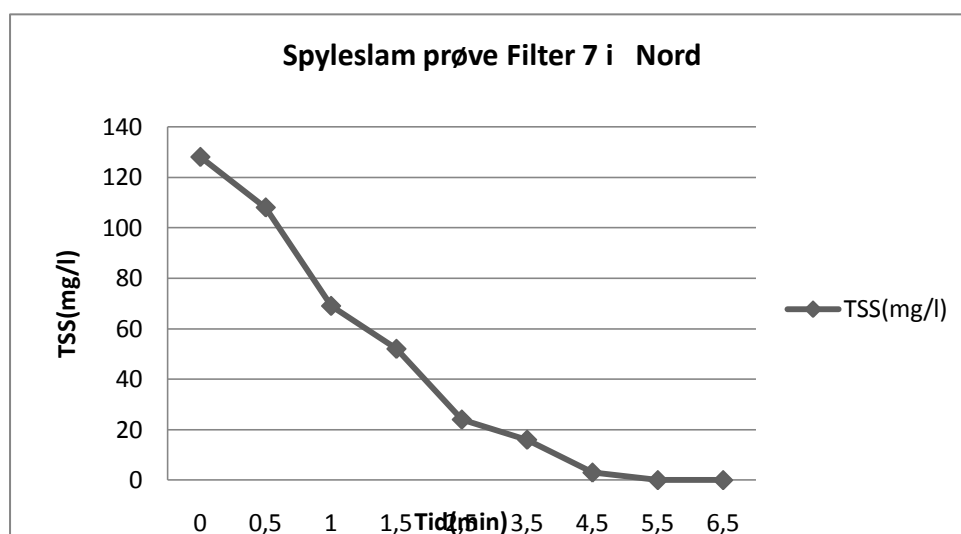
Laboratoriet utstyr brukt: Turbidometer 2100, Spectrometer 2800, beger 500 ml og 1000 ml første prøver tatt når spyleslamvann begynn til å spyle over utløpet. De første 4 prøver tatt hver 30 sekunder etter start og resten tatt hvert minutt fra Filter 3, 4,5,6 i Syd and Filter 5,6 og 7 i Nord

Analyser - turbiditet (NTU), SS (mg/l), Trend bilde

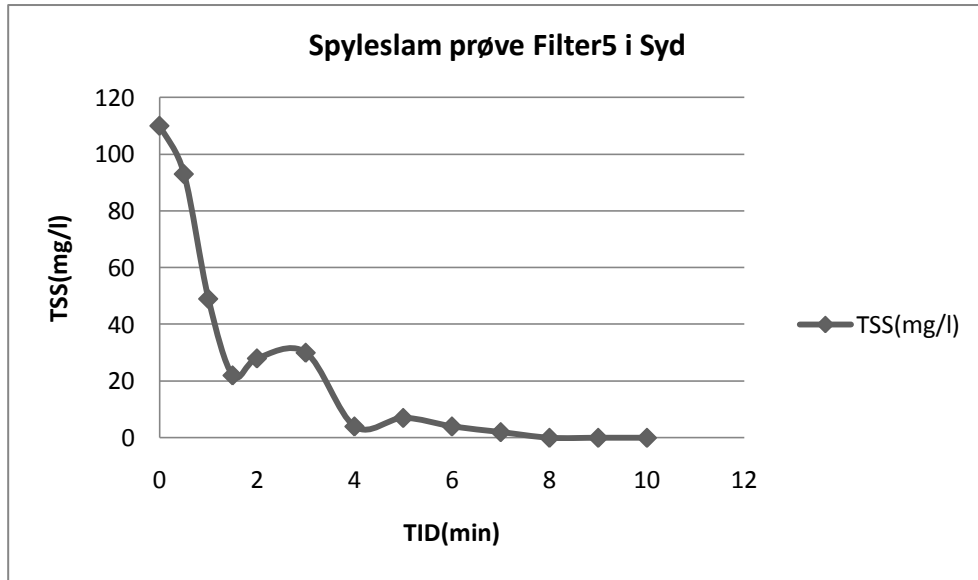
3.2.3 FUNN OG RESULTAT

Analyse av spyleslammet under tilbakespyling

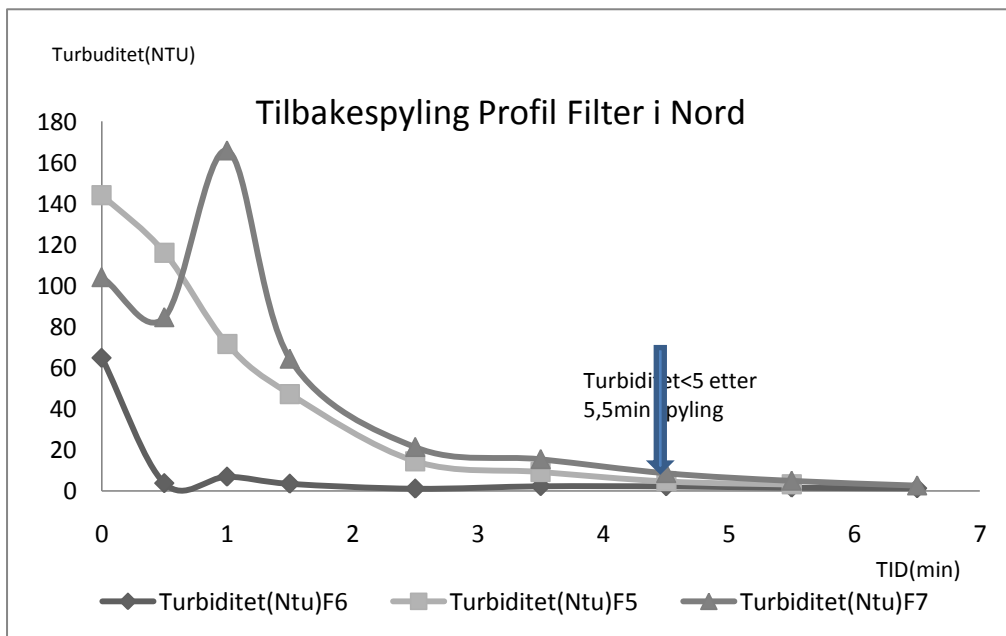
Fra tilbakespyling profil og SS måling kan man se hvor raskt konsentrasjon av slammet forandret seg over tid. Hvor lang spylingstid trenges for å få tilfredsstillende vasking av filterene. Det hjelper også for å forutsi hvor avsetning lagres mest i filter seng. Dette er utført for filtre i Syd og i Nord.



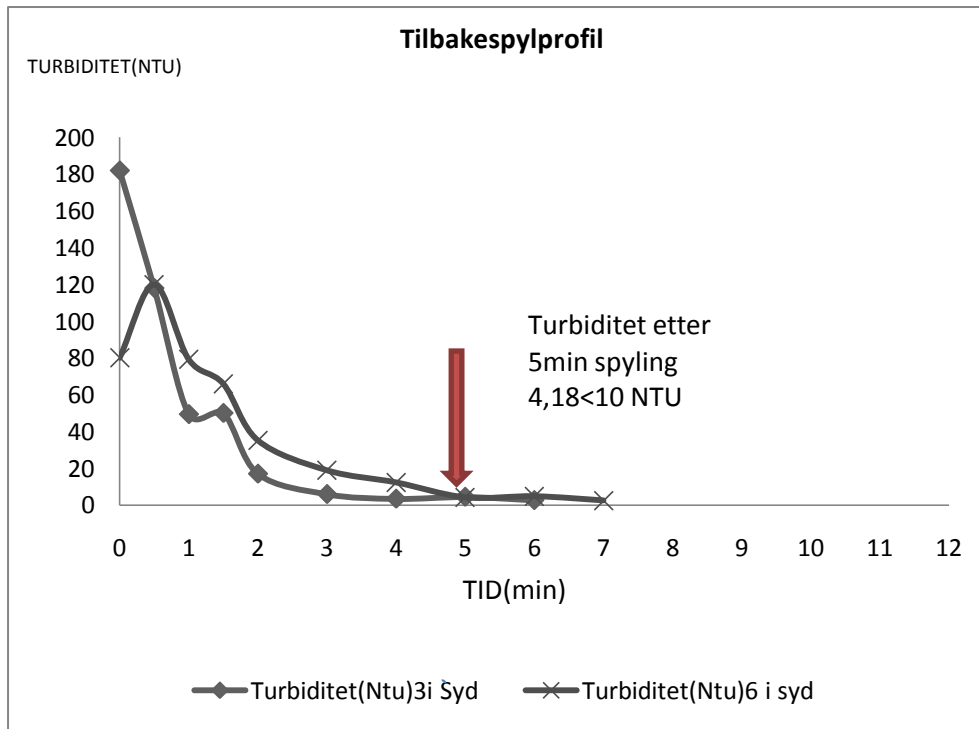
Figur 11 Spyleslamvann TSS(mg/l) måling Filter 7 i Syd



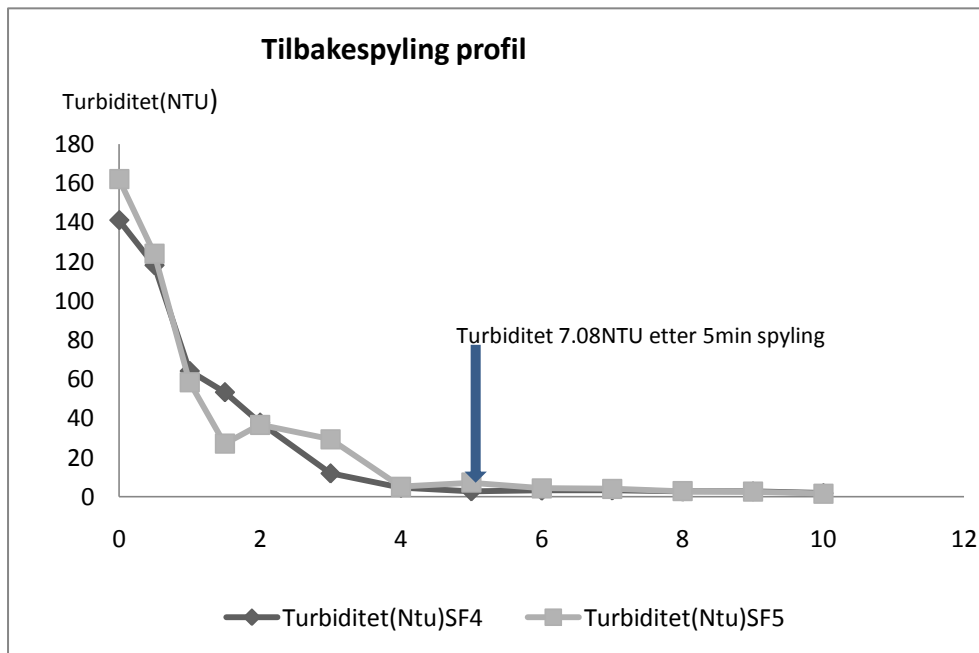
Figur 12 Spyleslam resultat TSS mg/l Filter 5 i Syd



Figur 13 Turbiditet mot tid måling fra filtre i Nord



Figur 14 Tilbakespyling Vs turbiditet måling Filtrere I Syd



Figur 15 Tilbakespyling Vs turbiditet måling Filter 4 og 5 I Syd

I alle figurene det første minuttet etter spyling minsket verdiene veldig raskt og vannet blir klart etter kort spyletid. Stor reduksjon i konsentrasjon viser at avsetning skjer i øverste delen av filterlaget. Turbiditet målingene viser < 10 NTU innen spyling lengde.

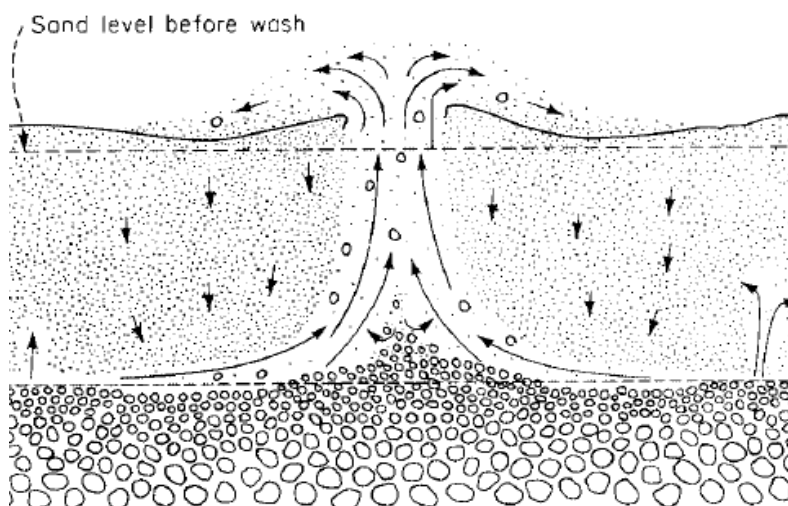
4 DISKUSJON

4.1 TAP AV FILTERALITE

I forbindelse med observasjon av filterspyling, ble det oppdaget lekkasje under renne som fører til tap av filtermasse (se figur 10). I tillegg ble det observert gulping med Filteralite spylt over renne ved siste del av spylesyklusen. Dette tapet går tilbake til råvann og filtermassen ender i Actiflo.(se Tabell 8)

Vann nivå på nivå måler er senket til rundt 2,82m før luft spyling starter. Med dette vannnivå vil det stå luft rett over filtermassen. Dette kan lede til luftinntrenging i mediet og gulping vil da skje i vannspyletiden. Dette øker Filteralite tapet.

Tap av Filteralite kan også være en årsak til at filter drifttiden (filtersyklus) blir for kort. I starten av anlegget var 24 timer filter drifttid.



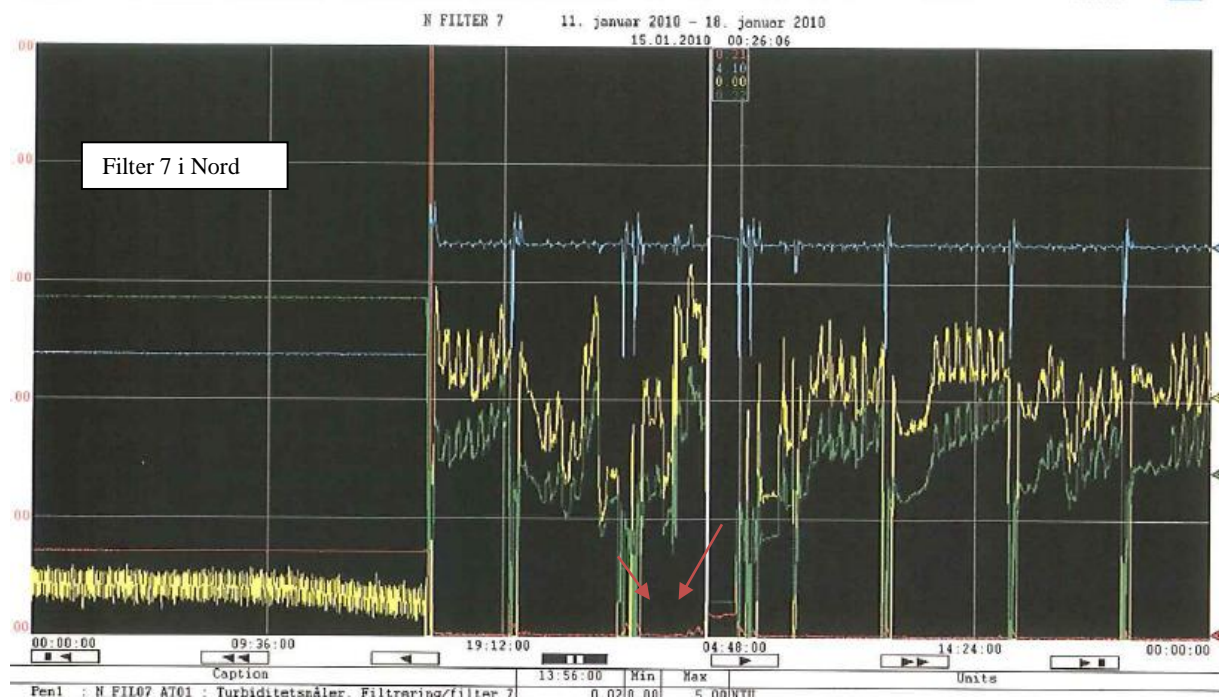
Figur 16 Viser "Boiling" under tilbakespyling

(GRANULAR BED AND PRE COAT FILTRATION, **John L. Cleasby, Ph.D., P.E**)

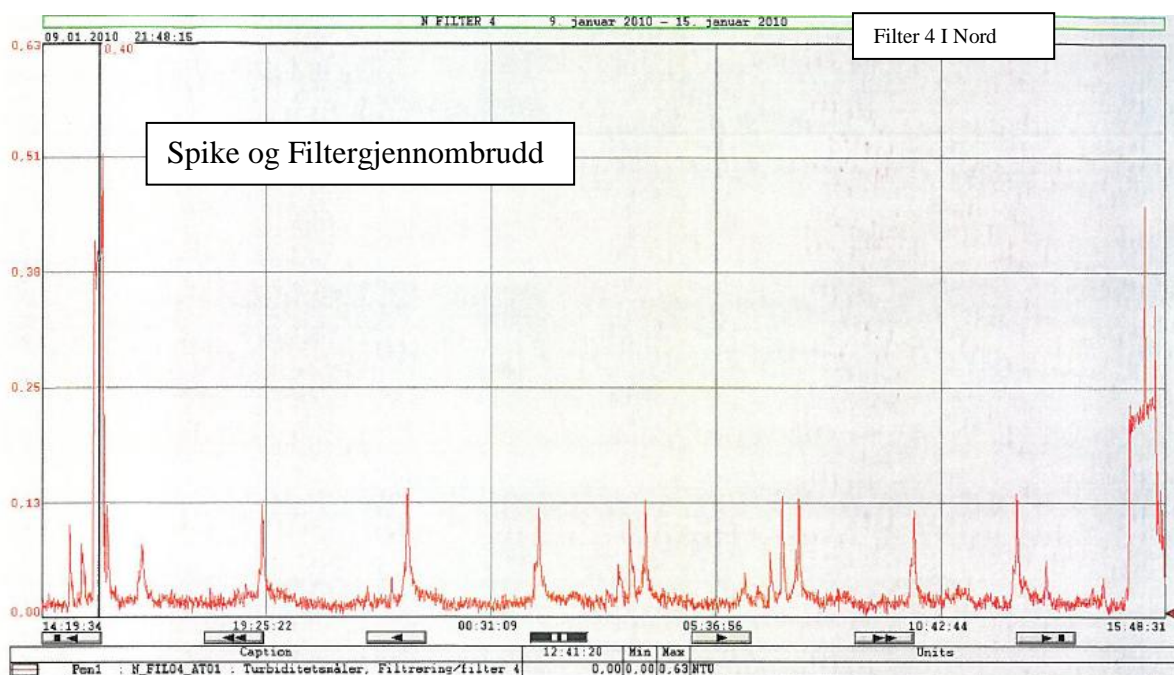
4.2 FILTERGJENNOMBRUDD

Filterbrudd på grunn av flatebelastning var et av problemene i anlegget. Det er flere studier som viser (Han et al., 2009, Cleasby, 1969, Cleasby, 1993) rask økning i flatebelastning eller høy flatebelastning ledet til løsriving på grunn av at skjærekraft mellom media korn og partikler resulterte i øking av partikkel telling og trykktap utvikling som fører til gjennombrudd.

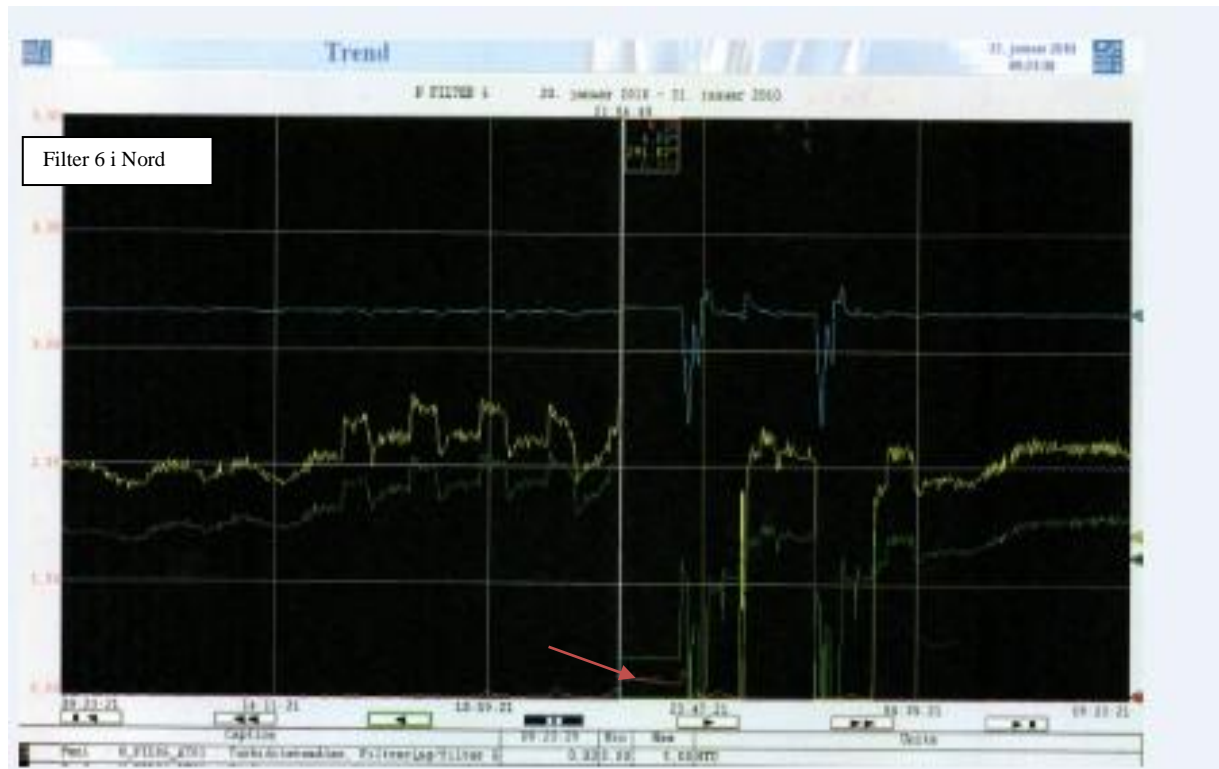
Partikler som trenger lenger inn i dybden av filtersengen reduserer trykktapp utvikling gjennom filteret og gir lengre filtersyklus fordi hele dybden blir brukt for tilbakeholdelse. Ved optimalisering av koagulering og flokkulering prosessen kan sterkere fnokker dannes som klarer å bli holdt tilbake i porene i filtermassen selv ved høyflatebelastning og rask endring i flatebelastningen.



Figur 17 Trendbilde som viser spike og filtergjennombrudd ved endringer i flatebelastning Filter 7 i Nord



Figur 18 Trendbilde som viser spike og filtergjennombrudd ved endringer i flatebelastning Filter 4 i Nord



Figur 19 Trendbilde som viser spiker og filterbrudd ved endringer i flatebelastning Filter 6 i Nord

Utløpsventilene for hvert filter er nivåstyrte på Oset. Det betyr at når vannet i innløpskanalen til filtrene staker seg opp mot ende veggen ved filter 7, så blir nivået høyere og utløpsventilene åpner mer for å redusere nivået. Dermed går det mer vann gjennomfilter 7 enn filter 1.

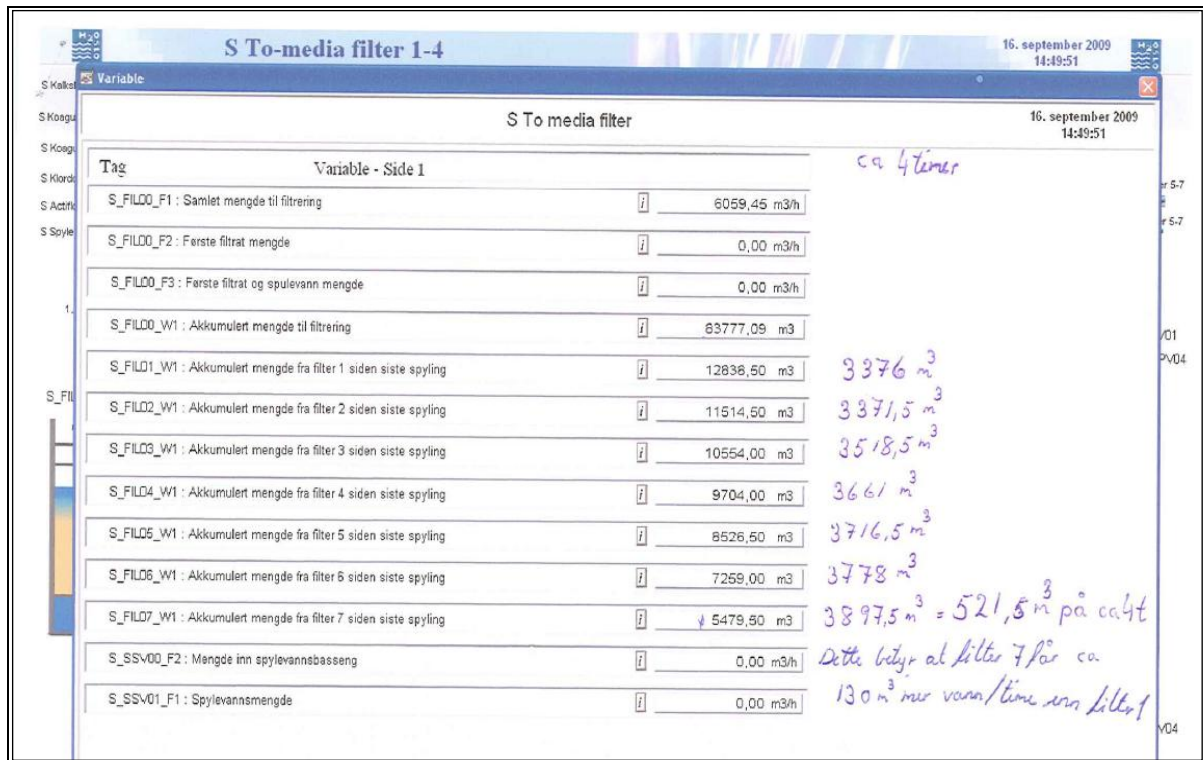
Rask økning i flatebelastning på grunn av at et filter går i spyling er en vanlig årsak til filtersvikt i Oset to - media filteranlegget. Større flatebelastning vil også øke hastigheten i porene og lettere transportere tilbakeholdte partikler ut i filterbrudd. Dette fenomen skjer mest i slutten av filtrering syklusen hvilket er rimelig siden slamakkumuleringskapasiteten da er nesten blitt brukt opp.

Fra registrert data av akkumulert vann for filter i Nord, fikk filter 7 rundt 125 m³ mer vann per time enn filter 1 i Nord på grunn av skjev belastning.(figur 20)

N To-media filter 1-4		17. september 2009 21:25:16	
Variable - Side 1		N To media filter	
Tag	Variable - Side 1		
N_FIL00_F1 : Samlet mengde til filtrering	i	6563,04 m ³ /h	
N_FIL00_F2 : Første filtrat mengde	i	0,00 m ³ /h	
N_FIL00_F3 : Første filtrat og spulevann mengde	i	0,00 m ³ /h	
N_FIL00_W1 : Akkumulert mengde til filtrering	i	70963,00 m ³	
N_FIL01_W1 : Akkumulert mengde fra filter 1 siden siste spyling	i	14680,00 m ³	6397,5 m ³
N_FIL02_W1 : Akkumulert mengde fra filter 2 siden siste spyling	i	13616,50 m ³	6386,5 m ³
N_FIL03_W1 : Akkumulert mengde fra filter 3 siden siste spyling	i	12740,50 m ³	6622 m ³
N_FIL04_W1 : Akkumulert mengde fra filter 4 siden siste spyling	i	11513,50 m ³	6890 m ³
N_FIL05_W1 : Akkumulert mengde fra filter 5 siden siste spyling	i	10130,00 m ³	6977,5 m ³
N_FIL06_W1 : Akkumulert mengde fra filter 6 siden siste spyling	i	8864,50 m ³	7133 m ³
N_FIL07_W1 : Akkumulert mengde fra filter 7 siden siste spyling	i	7572,00 m ³	7272,5 m ³ = 875 m ³ mer på ca. 7l
N_SSV00_F2 : Mengde inn spylevannsbasseng	i	0,00 m ³ /h	Dette betyr at filter 7 får ca
N_SSV01_F1 : Spylevannsmengde	i	0,00 m ³ /h	125 m ³ mer vann/t. enn filter 1

Figur 20 Akkumulert mengde av vann til Filtrene i Nord

Tilsvarende akkumulert resultat viser at rundt 130m³/t mer vannmengde får filter 7 i Syd enn filter 1 i Syd. (figur 21) Filtergjennombrudd i begynnelsen av studie var ofte i filtrene i Nord, men filtergjennombrudd skjedd mere i mai og juni 2010 i Syd.



Figur 21 Akkumulert mengde av vann til Filtrene i Syd

5 KONKLUSJON/ ANBEFALINGER

Optimal løsning oppnås ved å holde på god kontroll på forskjellige parametrene i hver del av prosessen som gjør drift kostnaden effektiv og resulterer i godkvalitet av filtrert vann produksjon.

5.1 TAP AV FILTERALITE

Det ble i denne undersøkelsen påvist glipp mellom renne og betong som bidro helt klart til tap av filtermasse, og dette ble rettet.

Nedtapping av vannet i filtret rett før luftspyling bør heves på et høyere nivå slik at filtermassen alltid er dekket med vann og får noe motvekt når luftinnblåsing settes i gang. Det vil redusere problemet bobledannelse ("air intruding") og dermed redusere kasting av Filteralite opp i spylerenne og redusere tapet av Filteralite.

Tap av filtermasse fører til redusert filterdybde. Den siste dybde måling viser at Filteralite tap er større i Syd. (fig 8). Dette vil redusere filterets slamakkumuleringskapasitet og dette leder til at mindre slam kan lagres før filtregjennombrudd oppstår. Da blir filtersyklusen for kort og drift kostnaden øker.

5.2 FILTERGJENNOMBRUDD

Filtergjennombrudd skjedde oftere i filtrene i linje Nord enn i linje Syd i begynnelsen av undersøkelsen i januar som viste på trend bilde observasjon (se figur 17,18 og 19) I tillegg hadde filter 7 i Nord ujevn overflate og utviklet (krater) i filter som ble jevnet ut etter et vedlikeholdsarbeid hvor filter massen måtte graves opp i slutten av februar i 2010. Så ble det motsatt ved at filtre i Syd ofte får filtergjennombrudd. Dette viser i trend bilde for både Nord i mai(fig. 22,23,24) og Syd i mai 2010 (fig. 25,26,27).

Filter mediets kornstørrelse har en viktig rolle i effektiv filtrerings og tilbakespylings hastighet bestemmelse. Selv om filtermedia tapet ble redusert, er filtergjennombrudd fortsatt et problem.

Det er anbefalt å undersøke filter media, utløpsdrenasje(dyser) og støttelaget som videre arbeid. I tillegg er det anbefalt å unngå skjev belastning og rask endring i overflatebelastning ved å studere tidligere filterbrudd data og unngå større flatebelastning("peak flow")ved deling av vannmengde når et av filtrene går i spyling. Man vurderer også om utløpsventilene styres etter vannmengde i stedet for nivå.

REFERANSER

- AMBURGEY, J. E. & BROUCKAERT, B. M. 2005. Practical and theoretical guidelines for implementing the extended terminal subfluidization wash (ETSW) backwashing procedure. *Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua*, 54, 329-337.
- AMIRTHARAJAH, A. 1993. OPTIMUM BACKWASHING OF FILTERS WITH AIR SCOUR - A REVIEW. *Water Science and Technology*, 27, 195-211.
- AMIRTHARAJAH, A. & RAVEENDRAN, P. 1993. DETACHMENT OF COLLOIDS FROM SEDIMENTS AND SAND GRAINS. *Colloids and Surfaces a-Physicochemical and Engineering Aspects*, 73, 211-227.
- BOTTERO, J. Y., CASES, J. M., FIESSINGER, F. & POIRIER, J. E. 1980. STUDIES OF HYDROLYZED ALUMINUM-CHLORIDE SOLUTIONS .1. NATURE OF ALUMINUM SPECIES AND COMPOSITION OF AQUEOUS-SOLUTIONS. *Journal of Physical Chemistry*, 84, 2933-2939.
- BUCKLIN, K. E., MCFETERS, G. A. & AMIRTHARAJAH, A. 1991. PENETRATION OF COLIFORMS THROUGH MUNICIPAL DRINKING-WATER FILTERS. *Water Research*, 25, 1013-1017.
- CHIPPS, M. J., BAUER, A. J. & BAYLEY, R. G. 1995. ACHIEVING ENHANCED FILTER BACKWASHING WITH COMBINED AIR SCOUR AND SUB-FLUIDIZING WATER AT PILOT AND OPERATIONAL SCALE. *Filtration & Separation*, 32, 55-62.
- CLEASBY, J. L. 1969. FILTER RATE CONTROL WITHOUT RATE CONTROLLERS. *Journal American Water Works Association*, 61, 181-&.
- CLEASBY, J. L. 1993. STATUS OF DECLINING RATE FILTRATION DESIGN. *Water Science and Technology*, 27, 151-164.
- DHARMARAJAH, A. H. & CLEASBY, J. L. 1986. PREDICTING THE EXPANSION BEHAVIOR OF FILTER MEDIA. *Journal American Water Works Association*, 78, 66-76.
- EIKEBROKK, B. 1999. Coagulation-direct filtration of soft, low alkalinity humic waters. *Water Science and Technology*, 40, 55-62.
- FITZPATRICK, C. S. B. 1998. Media properties and their effect on filter performance and backwashing. *Water Science and Technology*, 38, 105-111.
- GREGORY, J. 1993. THE ROLE OF COLLOID INTERACTIONS IN SOLID-LIQUID SEPARATION. *Water Science and Technology*, 27, 1-17.
- GREGORY, J. 1998. Turbidity and beyond. *Filtration & Separation*, 35, 63-67.
- HAN, S. J., FITZPATRICK, C. S. B. & WETHERILL, A. 2009. The impact of flow surges on rapid gravity filtration. *Water Research*, 43, 1171-1178.

- LECHEVALLIER, M. W. & NORTON, W. D. 1992. EXAMINING RELATIONSHIPS BETWEEN PARTICLE COUNTS AND GIARDIA, CRYPTOSPORIDIUM, AND TURBIDITY. *Journal American Water Works Association*, 84, 54-60.
- MITROULI, S. T., KARABELAS, A. J., YIANTSIOS, S. G. & KJOLSETH, P. A. 2009. New granular materials for dual-media filtration of seawater: Pilot testing. *Separation and Purification Technology*, 65, 147-155.
- ODEGAARD, H., EIKEBROKK, B. & STORHAUG, R. 1999. Processes for the removal of humic substances from water - An overview based on Norwegian experiences. *Water Science and Technology*, 40, 37-46.
- PEJMAN, A. H., BIDHENDI, G. R. N., KARBASSI, A. R., MEHRDADI, N. & BIDHENDI, M. E. 2009. Evaluation of spatial and seasonal variations in surface water quality using multivariate statistical techniques. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 6, 467-476.
- SPIELMAN, L. A. & GOREN, S. L. 1970. CAPTURE OF SMALL PARTICLES BY LONDON FORCES FROM LOW-SPEED LIQUID FLOWS. *Environmental Science & Technology*, 4, 135-&.
- STEPHAN, E. A. & CHASE, G. G. 2001. A preliminary examination of zeta potential and deep bed filtration activity. *Separation and Purification Technology*, 21, 219-226.
- TOBIASON, J. E. 1989. CHEMICAL EFFECTS ON THE DEPOSITION OF NON-BROWNIAN PARTICLES. *Colloids and Surfaces*, 39, 53-77.
- TUFENKJI, N., MILLER, G. F., RYAN, J. N., HARVEY, R. W. & ELIMELECH, M. 2004. Transport of Cryptosporidium oocysts in porous media: Role of straining and physicochemical filtration. *Environmental Science & Technology*, 38, 5932-5938.
- YAO, K. M., HABIBIAN, M. M. & OMELIA, C. R. 1971. WATER AND WASTE WATER FILTRATION - CONCEPTS AND APPLICATIONS. *Environmental Science & Technology*, 5, 1105-&.
- Filter Assessment EPA Guidance manual, 1999 (Vurdering av filter ytelse)
- EPA Guidance manual turbidity provision, 1999
- Chitosan, a coagulant for drinking water treatment, Tor Hånkonsen, Doctor of philosophy (ph.D.) Thesis: 2005
- Vannforsyningens ABC, Kapittel D – Vannbehandling Oslo kommune vann og avløpsetaten nettsider
- Veiledning til bestemmelse av god desinfeksjonspraksis Norsk vann Rapport 170/2009
Filter media (sand) spesifisering WWW.nature.com

GRANULAR BED AND PRE COAT FILTRATION, ,John L. Cleasby, Ph.D., P.E.

Professor Emeritus Department of Civil and Construction Engineering Iowa State
University Ames, Iowa

Gary S. Logsdon, D.Sc., P.E. Director, Water Process Research Black and Veatch,
Engineers-Architects Cincinnati, Ohio

AWWA . 1990. Water Quality and Treatment

AWWA 2002 (Filter evaluation procedure for granular media)

Filter maintenance and operations guidance manual Av Alan F. Hess, Michael J. Chipps,
Anthony Rach

Filter design criteria (AWWA Third Edition 1988)

VEDLEGG

1. DRIKKEVANNFORSKRIFTEN

Drikkevannforskriften har til formål for sikre forsyning av tilfredsstillende kvalitet og mengede av drikkevann. Vannet skal ikke inneholde helse skadelig forurensning og må være helsemessig tryggende. Bestemmelse rundt vannbehandlingen er gitt i paragrafene under:

§12 Krav til kvalitet

Drikkevann skal, når det leveres til mottakeren, jf. §5, vær hygienisk betryggende, klart og uten framtreddende lukt, smak eller farge. Det skal ikke inneholde fysiske, kjemiske eller biologiske komponenter som kan medføre fare for helseskade i vanlig bruk. Drikkevann skal oppfylle kvalitetskravene i vedlegget i denne forskriften.

§14 – Vannkilde og vannbehandling

Eier av vannforsyningssystem skal påse at det planlegges og gjennomføres nødvendig beskyttelse av vannkilden(e) for å forhindre fare for forurensning av drikkevannet, og om nødvendig erverve rettigheter for å opprettholde slik beskyttelse.

Vannbehandlingsprosessene skal være tilpasset den aktuelle rå vannkvalitet, forholdene i tilsigsområdet, materialene i og utformingen av transportsystemet.

For å sikre hygienisk betryggende drikkevann, skal eier av godkjeningspliktig vannforsyningssystem og meldepliktig vannforsyningssystem gjennom valg av vannkilde(r), beskyttelse av denne/disse og etablering av vannbehandling sørger for at det til sammen finnes minimum to hygieniske barrierer i vannforsyningssystemet. En av disse skal sørge for at drikkevann blir desinfisert eller behandlet på annen måte for å fjerne, uskadeliggjøre eller drepe smittestoffer.

I drikkevannsforskriften står det oppført definisjoner for ulike begreper innen vann og vannforsyningssystem. Et av begrepene, som omhandler bakterie og virusfjerning, er hygienisk barriere. Nedenfor er det tatt et utdrag fra forskriften som definerer hygienisk barriere.

§3 – pkt. 2 Hygienisk barriere

”Naturlig eller tillaget fysisk eller kjemisk hindring, herunder tiltak for å fjerne, uskadeliggjøre eller drepe bakterier, virus, parasitter mv., og/eller fortenne, nedbryte eller fjerne kjemiske eller fysiske stoffer til et nivå hvor de aktuelle stoffene ikke lenger representerer noen helsemessig risiko.”

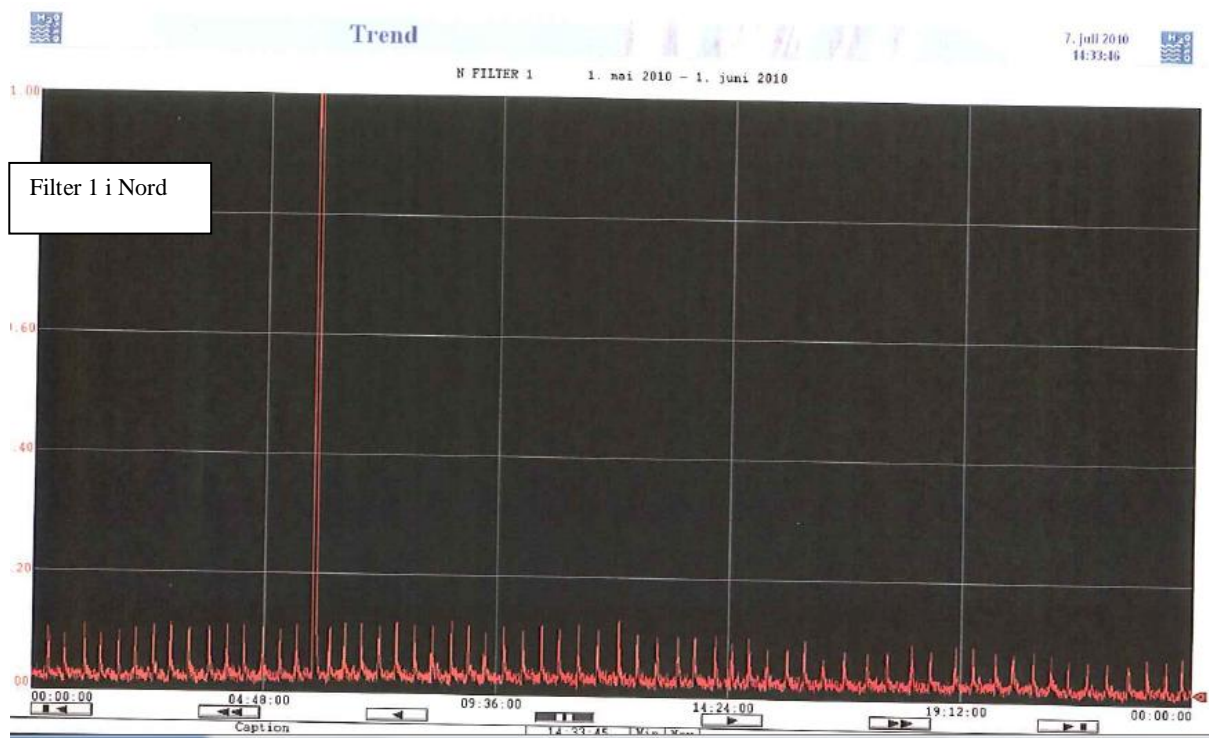
”Fastsettelsen av de hygieniske barrierene skal være basert på en helhetstenking, dvs. en vurdering av både vannkilde med tilhørende tilsigsområde og beskyttelse av disse, vannbehandling og distribusjon. Barrierene skal være uavhengige, og skal sikre at mulige sykdomsfremkallende organismer, fysiske og kjemiske stoffer ikke representerer noen helsemessig trussel eller betenkelighet i drikkevannet når det stilles til disposisjon for brukeren”

Indikatorparametrene forventes å inngå i driftskontrollprogrammet for behandlingsanlegget.

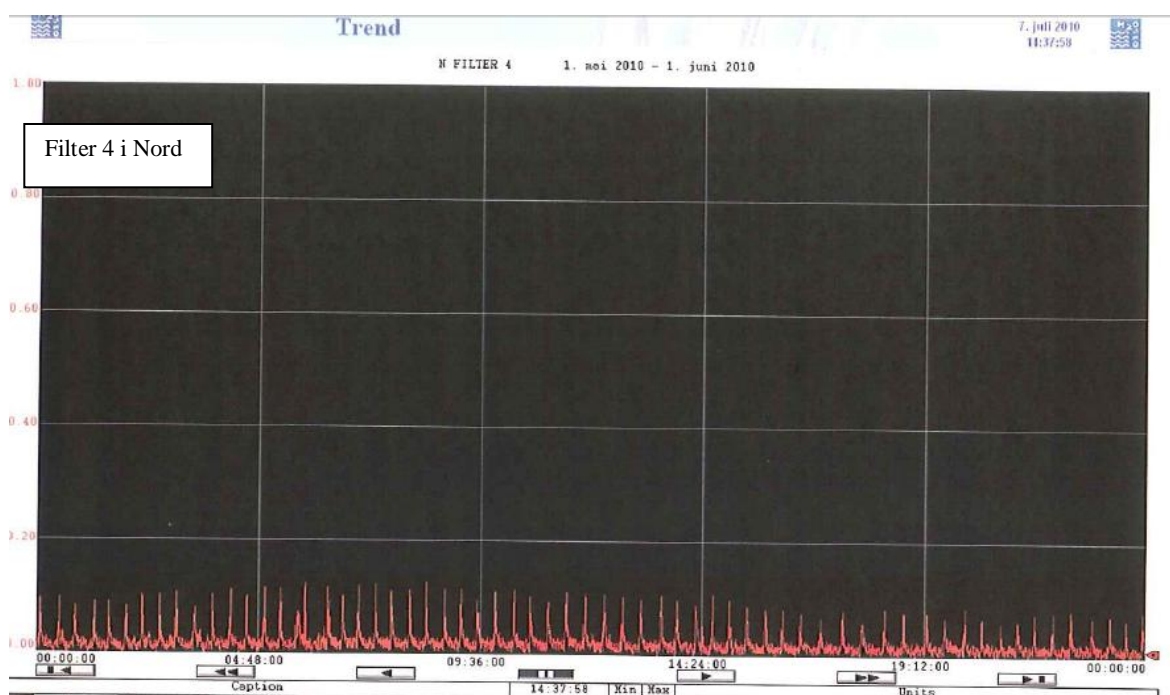
Det bør være individuell overvåking av hver enkelt behandlingslinje for alle driftsparametere som er angitt for det enkelte behandlingsalternativ.

Den enkelte vannbehandlingsmetode bør inaktivere bakterier og virus med minimum 99,9 % (3-log) og eventuelle parasitter med 99 % (2-log), for å bli betraktet som en hygienisk barriere.

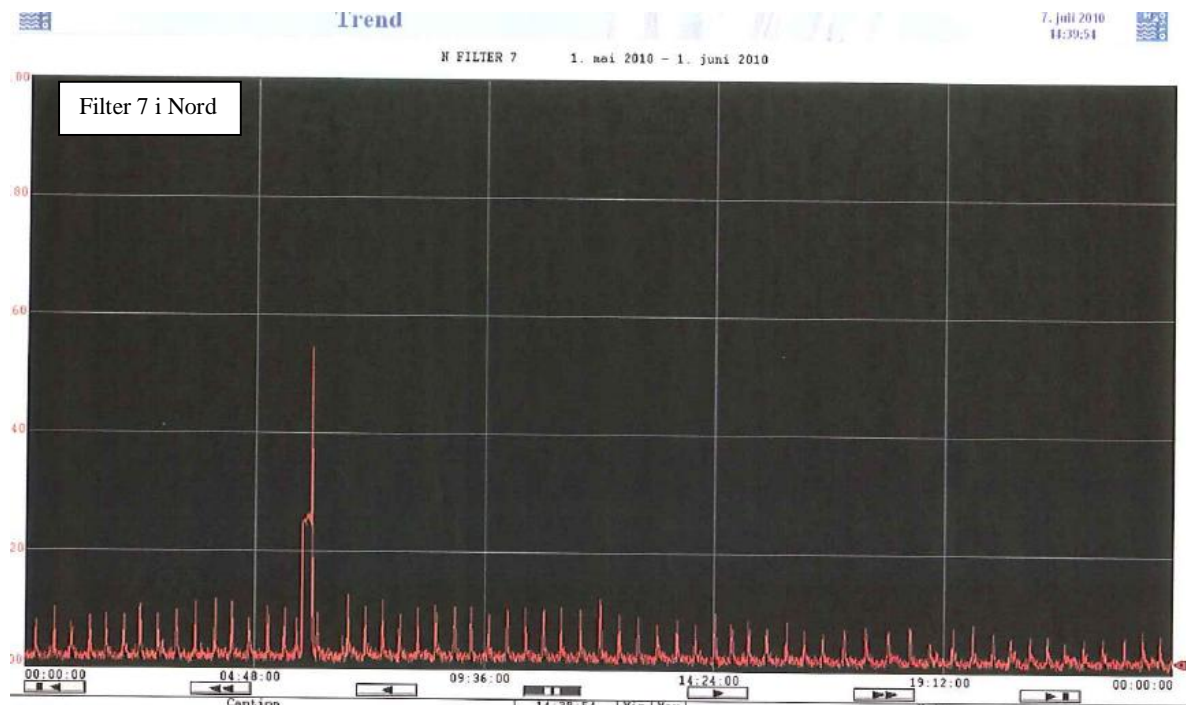
2. TREND BILDER



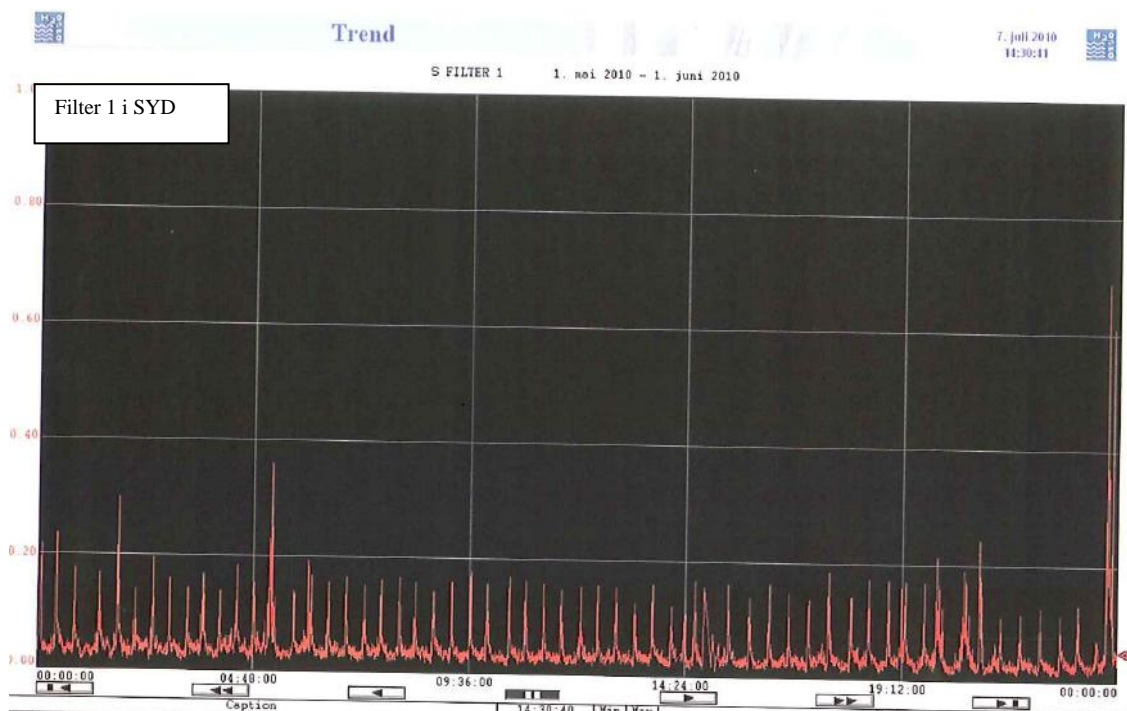
Figur 22 Trendbilde som viser filtergjennombrudd Filter1 i Nord i mai 2010



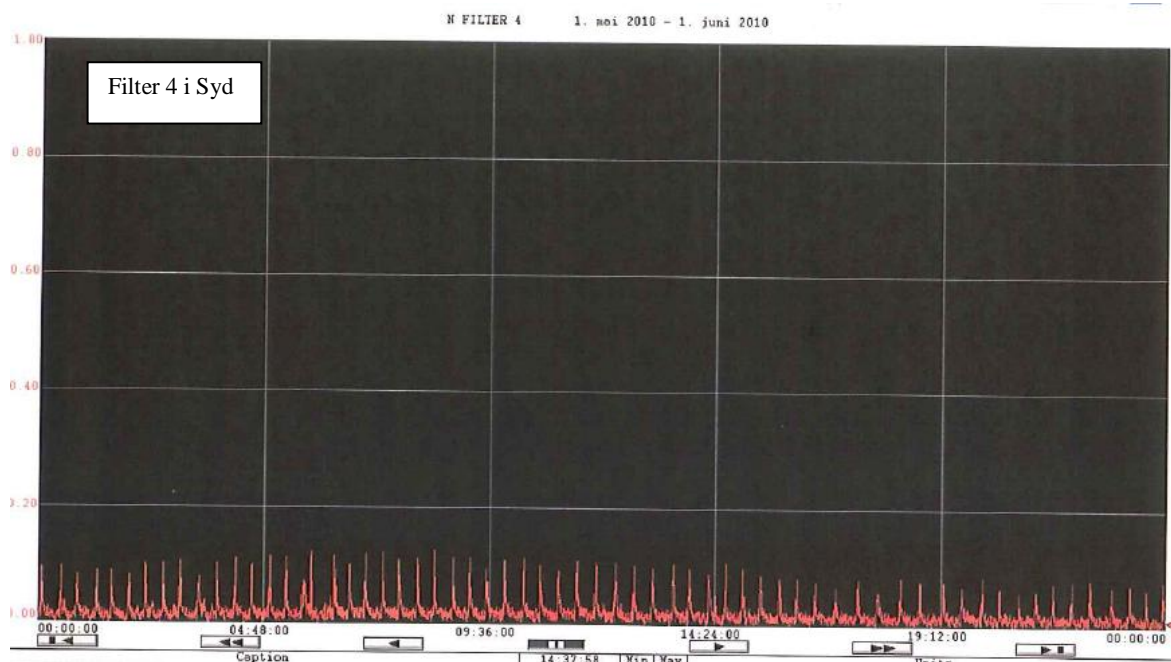
Figur 23 Trendbilde som viser filtergjennombrudd Filter 4 i Nord i mai 2010



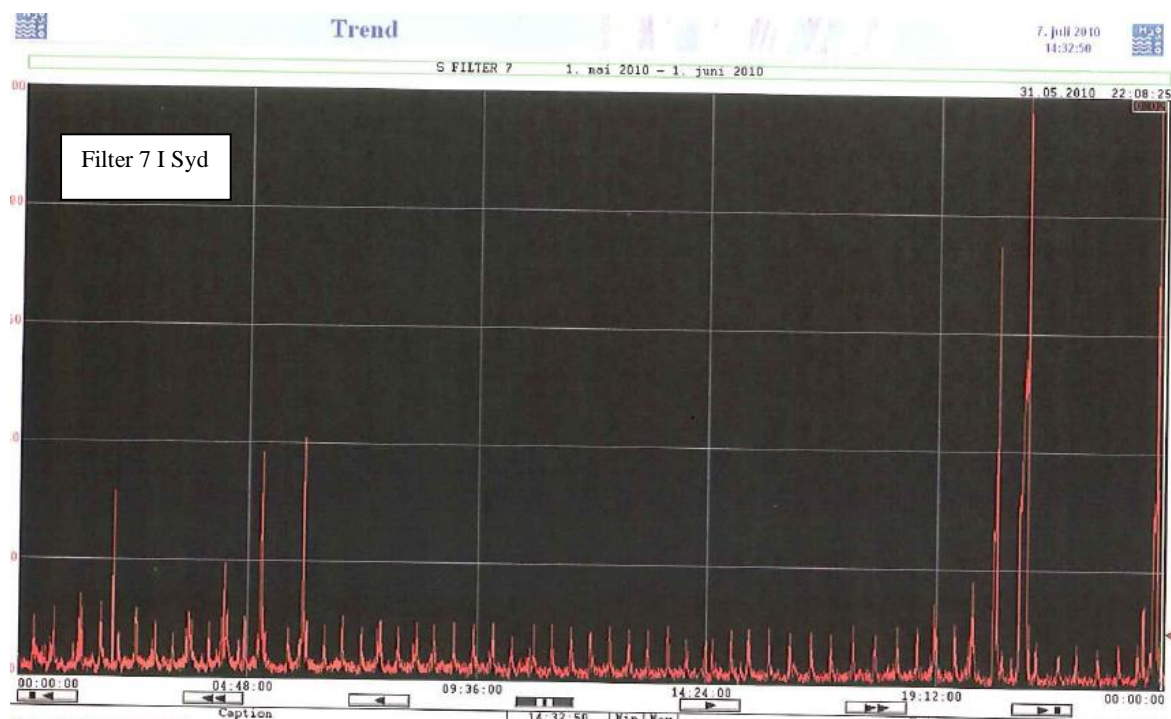
Figur 24 Trendbilde som viser filtergjennombrudd Filter7 i Nord i mai 2010



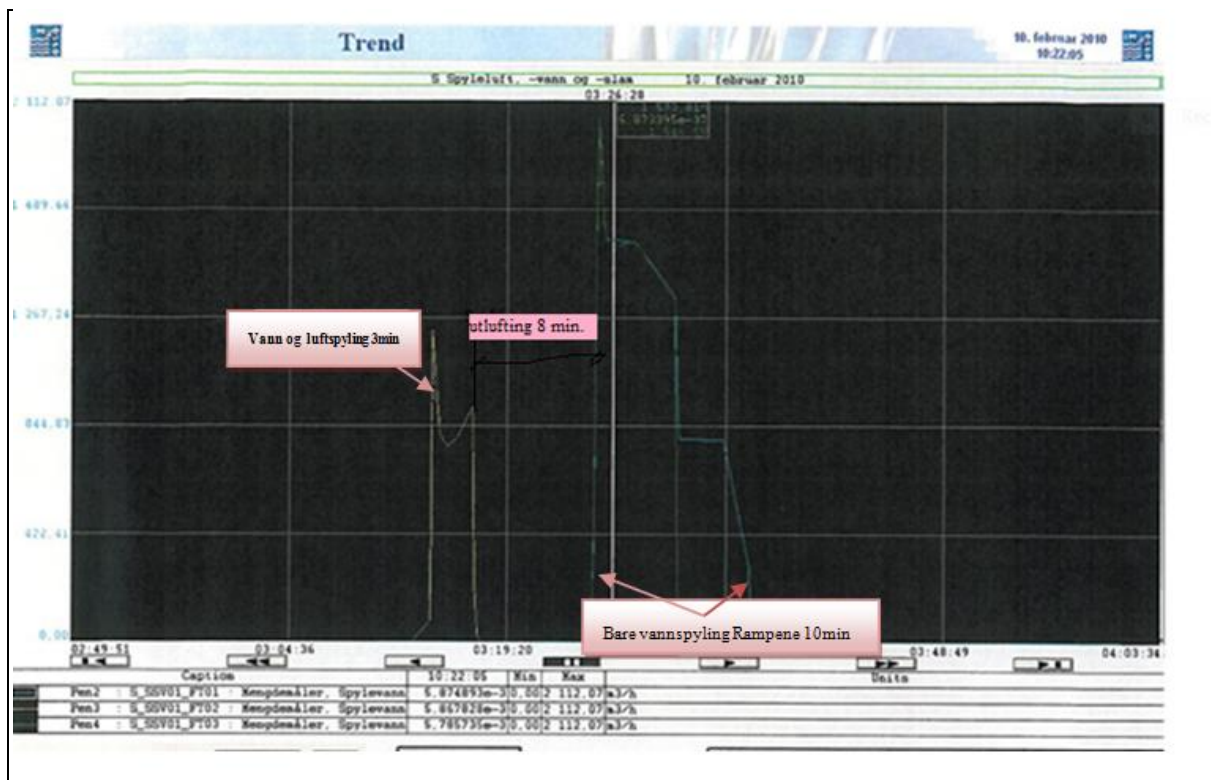
Figur 25 Trendbilde som viser Filtergjennombrudd Filter 1 Syd i mai 2010



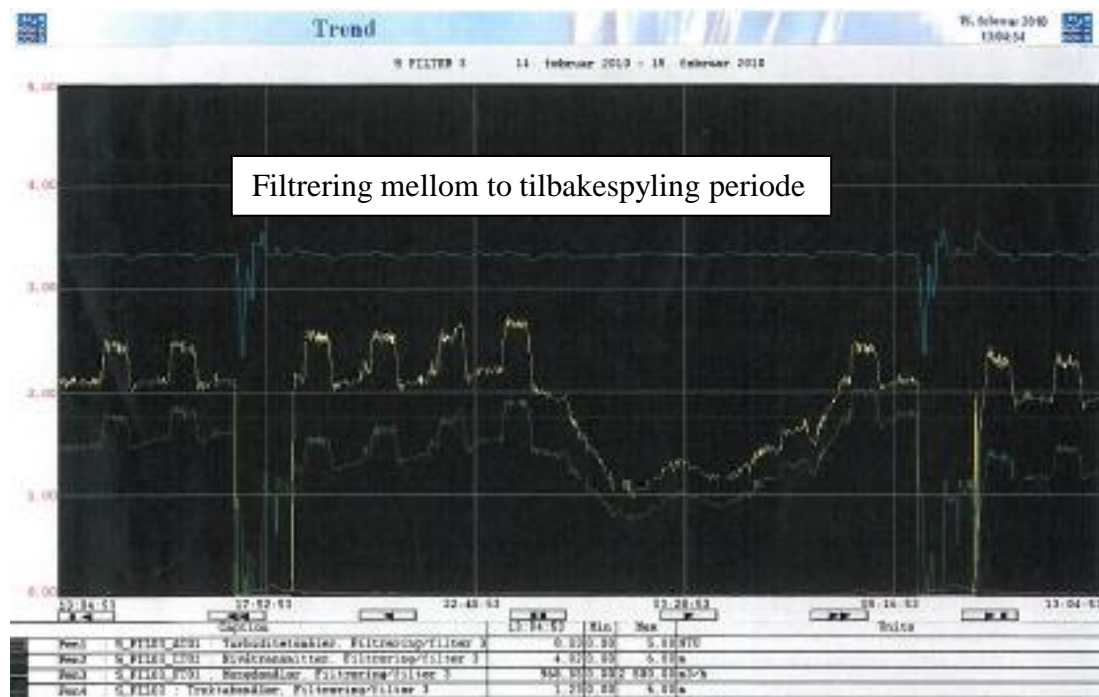
Figur 26 Trendbilde som viser Filtergjennombrudd Filter 4 i Syd i mai 2010



Figur 27 Trendbilde som viser Filtergjennombrudd Filter 7 i Syd i mai 2010



Figur 28 Tilbakespyling luft og vannspyling og vannspyling rampene i Syd



Figur 29 Filtrering mellom to tilbakespyling periode

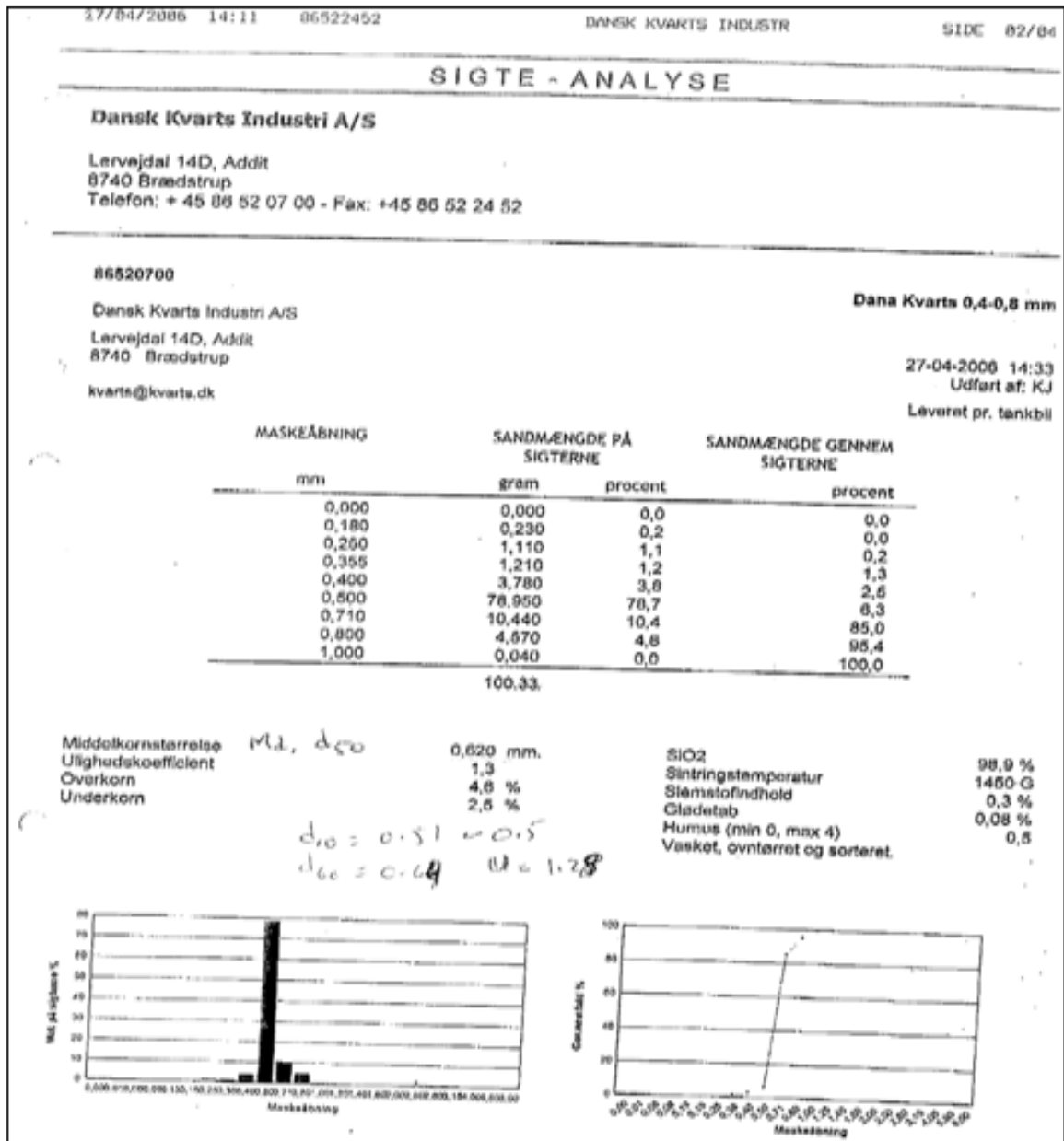
Tabell 9 Produkt Spesifikasjon av Filtralite 1.5 – 2.5mm

PRODUCT SPECIFICATION OF FILTRALITE® Filter media							
FILTRALITE® MC 1,5-2,5							
Commercial name	FILTRALITE® MC 1,5-2,5 mm						
Density	Bulk density: 550 kg/m ³ particle density: 1300 kg/m ³						
Type of material	Expanded clay						
Appearance	Crushed particles, porous surface structure						
Manufactured by	maxit Leca Rælingen, Norway						
Size and weight	Value	Deviation	Comments				
Effective size	1,7 mm	± 0,3 mm	d ₁₀				
Particle size range	1,5-2,5 mm	< 1,4 mm max. 3 % +Δ < 0,125 mm > 2,5 mm max. 5 %					
Coefficient of uniformity	< 1,5		d ₆₀ / d ₁₀				
Bulk density, dry	550 kg/m ³	± 75 kg/m ³	EN 1097-3				
Particle density, dry (PDD)	1300 kg/m ³	± 150 kg/m ³	Exclay Norm				
Other properties	Value	Comments					
Floating particles	< 2 %	Maximum volume floating particles after 2 days in water.					
Particle porosity	52 %	Porosity internal particle: (1-PDD/2700 kg/m ³)*100					
Voids	58 %	EN 1097-3					
Acid solubility	< 5 %	EN 12902					
Water adsorption 1 day	26 %	Approximately value. Exclay Norm					
Water adsorption 28 days	40 %	Approximately value. Exclay Norm					
Chemical composition, average values:							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	K ₂ O	MgO	CaO	Na ₂ O	C _{tot}
62%	18%	7%	4%	3%	3%	2%	0,02%

Tabell 10 Filtralite media kvalitet og størrelse

maxit maxit Group		PRODUCTION OF FILTER LECA AND DELIVERY TO SITE. FILTRALITE MC 1,5-2,5 Special			Page 4 of 3 SIGN: kjv	
QUALITY PLAN		Issue:	3		Approved:	
Ref.no:		Audit:	0		Date: 14.12.06	
No	Activity	Requirements	Procedures	Frequency	Resp	
3.9	Approval checks	See art. 3.1, 3.2, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7	Exclay norm	3 times for the 1 st 100 m ³	NBI	
4.0	STORE	Internal				
4.1	Storage and handling procedures		QA-handbook, level II, chap. 11		mLR	
5.0	DELIVERY FROM VENDOR					
5.1	Apparent settled density	$0,475 < d_{app} < 0,625$	EN 12905	200 m ³	mLR	
5.2	Actual direct density	$1,15 < d_r < 1,35$	EN 12905	200 m ³	mLR	
5.3	Particle under size	$< 1,4 \text{ mm, max. } 10\% \pm \Delta$ ($\Delta = \text{dust} < 0,125 \text{ mm}$)	EN 12905	200 m ³	mLR	
5.4	Particle over size	$> 2,24 \text{ mm, max } 10\%$	EN 12905	200 m ³	mLR	
5.4	Coefficient of uniformity	$C_u < 1,5$	Exclay norm	200 m ³	mLR	
5.5	Effective size	$1,4 \text{ mm} < T.E < 2,0 \text{ mm}$	Exclay norm	200 m ³	mLR	
6.0	REPORT					
6.1	Test report at delivery from vendor	See art. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5		Each shipment	mLR	

Tabell 11 Sikte Analyse av Quartz Sand



Tabell 12 Egenskaper av vanlig Filter Media(Cleasby and Fan, 1981)

TABLE 8.2 Typical Properties of Common Filter Media for Granular-Bed Filters (Cleasby and Fan, 1981; Dharmarajah and Cleasby, 1986; Cleasby and Woods, 1975)

	Silica sand	Anthracite coal	Granular activated carbon	Garnet	Ilmenite
Grain density, ρ_s , Kg/m ³	2650	1450–1730	1300–1500*	3600–4200	4200–4600
Loose-bed porosity ϵ_0	0.42–0.47	0.56–0.60	0.50	0.45–0.55	**
Sphericity ψ	0.7–0.8	0.46–0.60	0.75	0.60	**

* For virgin carbon, pores filled with water, density increase when organics are adsorbed.
 ** Not available.

Tabell 13 Filter design criteria (AWWA Third Edition 1988)

FILTER DESIGN CRITERIA	
Parameter	AWWA/ASCE, Third Edition (1988)
Rate	5 m/hr typical 24-37 m/hr for deep-bed uniform anthracite filters
Bed depth	0.6-0.9 m (single medium sand) 0.15-0.3 m sand and 0.46-0.76 m anthracite (dual media) 1.2-1.8 m (up to 2.4 m) in uniform deep-bed filters
Backwash	20-50 % expansion with 37-56 m/hr for 3-15 minutes (for "water wash only")
18-36 m/h	British practice: 18-36 m ³ /h/m ² air for 3-5 min followed by 12-18 m/hr water for single-medium sand media with ES=0.6-1.2 mm (air and water applied seperately)
36-90 m/h	US practice: 36-90 m ³ /h/m ² air followed by 37-56 m/hr water for dual-media or multimedia (air and water applied seperately)
108-144 m/h	Concurrent air/water wash for deep-bed filters: (36-72mg/L) 0.6-1.2 m ³ /min/m ² air and 1.4 m/h water (ES = 1.2 mm) and 1.8-2.4 m ³ /min/m ² air and 15.4-18.3 m/hr water (ES = 2.6 mm). Concurrent wash for 5-10 minutes followed by water wash for 5-10 minutes. Final water wash rate is 1 or 2 times that used with air. 2x 18.3=36.6 0 37 m/h.
d ₁₀ (ES)	0.35-0.6 mm (single medium sand) 0.4-0.55 mm sand and 0.8-1.1 mm anthracite (dual media)
Size limits	50 sieve (0.3 mm) to 16 sieve (1.18 mm) (single medium sand) Relatively coarse (from 0.5 mm to 6.0 mm) in uniform deep-bed filters
UC	1.3-1.8 (single medium sand) 1.2-1.3 with values up to 1.5 (deep-bed filters)
Mixing	Coarse coal size/fine sand size = 3
Primary coagulant	Metal salts Cationic polymer
Filter aid	Nonionic or anionic polymers (for coarse-to-fine media only) 0.02-0.05 mg/L for gravity filters
Coagulant aid	Nonionic or anionic polymers
Head losses	Clean bed = 0.3-0.6 m Clogging head loss = 2.4 to 3.0 m
Inlet/Outlet velocities	Influent conduits = 0.6 m/sec Filtered water and washwater = 0.9-1.8 m/sec
Water depth	Minimum 1 m above media to avoid air binding High filtration rates necessitate 1.5 m or more

Tabell 14 Dynamic and kinematic viscosity

Dynamic and Kinematic Viscosity of Water in SI Units:

Temperature - t - (°C)	Dynamic Viscosity - μ - (Ns/m ²) x 10 ⁻³	Kinematic Viscosity - ν - (m ² /s) x 10 ⁻⁶
0	1.787	1.787
5	1.519	1.519
10	1.307	1.307
20	1.002	1.004
30	0.798	0.801
40	0.653	0.658
50	0.547	0.553
60	0.467	0.475
70	0.404	0.413
80	0.355	0.365
90	0.315	0.326
100	0.282	0.294

Tabell 15 PAX-16 produkt spesifikasjon

Kemwater TM PAX-16		PRODUKTINFORMASJON																																																																																															
<p>Kemwater PAX-16, polyaluminiumklorid, er et flytende fyllingsmiddel for vannrensing og inneholder aktive 6-verdige aluminiumsforbindelser. PAX-16 egner seg for overflate- og grunnvannsrensing i de fleste renseprosesser og papirhydrofobering.</p> <p>Kjemisk data</p> <table border="0"> <tr> <td>Aluminium (Al³⁺)</td> <td>8,05 ± 0,15</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Jern (Fe_{tot})</td> <td><0,01</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>1,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tetthet</td> <td>1,33 ± 0,02</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>Uløst stoff</td> <td><0,05</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Klorid (Cl⁻)</td> <td><240</td> <td>g/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Sulfat (SO₄²⁻)</td> <td><1,0</td> <td>g/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Krystallisasjonstemp</td> <td>-30°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aktiv stoff (Me)</td> <td>ca 3,0</td> <td>mol/kg (3,9 mol/l)</td> </tr> </table> <p>Sporstoff</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>Typiske analyseverdier</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bly (Pb)</td> <td>1,0</td> <td>mg/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Kadmium (Cd)</td> <td>< 0,05</td> <td>mg/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Kobolt (Co)</td> <td><1,0</td> <td>mg/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Kobber (Cu)</td> <td><1,0</td> <td>mg/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Krom (Cr)</td> <td><1,0</td> <td>mg/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Kvikksølv (Hg)</td> <td>< 0,05</td> <td>mg/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Nikkel (Ni)</td> <td><1,0</td> <td>mg/kg PAX-16</td> </tr> <tr> <td>Sink</td> <td><2,0</td> <td>mg/kg PAX-16</td> </tr> </table> <p>Dosering</p> <p>Dosering av PAX-16 skjer med pumper i korrosjonsbeskyttet utførelse. Rørledninger og ventiler skal være utført i plast eller gummiert stål. PAX-16 doseres uten fortykning direkte fra lagertank.</p> <p>Godkjenning</p> <p>PAX-16 er godkjent av SNT som fyllingsmiddel ved drikkevannsrensing.</p> <p>Kvalitet og miljø</p> <p>Kemira Chemicals er sertifisert iht ISO9001/PR2 og ISO 14001.</p> <p>Omregningstabell for dosering</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ml PAX-16/ m³</th> <th>g PAX-16/ m³</th> <th>g Al/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>26</td><td>2,09</td></tr> <tr><td>40</td><td>52</td><td>4,19</td></tr> <tr><td>60</td><td>78</td><td>6,28</td></tr> <tr><td>80</td><td>104</td><td>8,37</td></tr> <tr><td>100</td><td>130</td><td>10,47</td></tr> <tr><td>120</td><td>156</td><td>12,56</td></tr> <tr><td>140</td><td>182</td><td>14,65</td></tr> <tr><td>160</td><td>208</td><td>16,74</td></tr> <tr><td>180</td><td>234</td><td>18,84</td></tr> <tr><td>200</td><td>260</td><td>20,93</td></tr> <tr><td>300</td><td>390</td><td>31,40</td></tr> <tr><td>400</td><td>520</td><td>42,64</td></tr> <tr><td>500</td><td>650</td><td>52,33</td></tr> </tbody> </table> <p>Håndtering</p> <p>Beskyttelsesbriller skal benyttes ved åpen håndtering av PAX-16. Personlig vemeutstyr benyttes ve behov.</p> <p>Lagertanker og beholdere skal merkes:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>IRRITERENDE VÆSKE POLYALUMINIUMKLORID- HYDROKSID</p> </div> <p>Lagring</p> <p>Holdbarhet minst 12 måneder. Lagertank bør utføres i glassfiber-armert polyester eller gummiert stål. Lagertank bør inspiseres og rengjøres 1 gang per år.</p> <p>Vernetiltak</p> <p>PAX-16 er irriterende. Kroppsdeler som kommer i kontakt med væsken skal skylles med rikelig mengder vann. Øynene skylles godt med øyenskyllevann fra spyleflaske i minst 5 minutter. Ved varig irritasjon i øynene eller på huden bør lege kontaktes. Ved søl bør det spyles med vann og nøytraliseres med kalk eller kalkstensmel.</p> <p style="text-align: center;"> KEMIRA CHEMICALS AS, ØRRAVN 14, 1630 GAMLE FREDRIKSTAD, TELEFON: 69 35 85 85, TELEFAX: 69 35 85 95 OSLOKONTOR: HAMANG TERASSE 55, 1336 SAUNDVIKA, TELEFON: 69358585 TELEFAX: 69358577 e-mail: kemira.no@kemira.com, website: www.kemira.no </p> <p style="text-align: right; font-size: small;">K200 16-0000</p>			Aluminium (Al ³⁺)	8,05 ± 0,15	%	Jern (Fe _{tot})	<0,01	%	pH	1,0		Tetthet	1,33 ± 0,02	g/cm ³	Uløst stoff	<0,05	%	Klorid (Cl ⁻)	<240	g/kg PAX-16	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	<1,0	g/kg PAX-16	Krystallisasjonstemp	-30°C		Aktiv stoff (Me)	ca 3,0	mol/kg (3,9 mol/l)		Typiske analyseverdier		Bly (Pb)	1,0	mg/kg PAX-16	Kadmium (Cd)	< 0,05	mg/kg PAX-16	Kobolt (Co)	<1,0	mg/kg PAX-16	Kobber (Cu)	<1,0	mg/kg PAX-16	Krom (Cr)	<1,0	mg/kg PAX-16	Kvikksølv (Hg)	< 0,05	mg/kg PAX-16	Nikkel (Ni)	<1,0	mg/kg PAX-16	Sink	<2,0	mg/kg PAX-16	ml PAX-16/ m ³	g PAX-16/ m ³	g Al/m ³	20	26	2,09	40	52	4,19	60	78	6,28	80	104	8,37	100	130	10,47	120	156	12,56	140	182	14,65	160	208	16,74	180	234	18,84	200	260	20,93	300	390	31,40	400	520	42,64	500	650
Aluminium (Al ³⁺)	8,05 ± 0,15	%																																																																																															
Jern (Fe _{tot})	<0,01	%																																																																																															
pH	1,0																																																																																																
Tetthet	1,33 ± 0,02	g/cm ³																																																																																															
Uløst stoff	<0,05	%																																																																																															
Klorid (Cl ⁻)	<240	g/kg PAX-16																																																																																															
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	<1,0	g/kg PAX-16																																																																																															
Krystallisasjonstemp	-30°C																																																																																																
Aktiv stoff (Me)	ca 3,0	mol/kg (3,9 mol/l)																																																																																															
	Typiske analyseverdier																																																																																																
Bly (Pb)	1,0	mg/kg PAX-16																																																																																															
Kadmium (Cd)	< 0,05	mg/kg PAX-16																																																																																															
Kobolt (Co)	<1,0	mg/kg PAX-16																																																																																															
Kobber (Cu)	<1,0	mg/kg PAX-16																																																																																															
Krom (Cr)	<1,0	mg/kg PAX-16																																																																																															
Kvikksølv (Hg)	< 0,05	mg/kg PAX-16																																																																																															
Nikkel (Ni)	<1,0	mg/kg PAX-16																																																																																															
Sink	<2,0	mg/kg PAX-16																																																																																															
ml PAX-16/ m ³	g PAX-16/ m ³	g Al/m ³																																																																																															
20	26	2,09																																																																																															
40	52	4,19																																																																																															
60	78	6,28																																																																																															
80	104	8,37																																																																																															
100	130	10,47																																																																																															
120	156	12,56																																																																																															
140	182	14,65																																																																																															
160	208	16,74																																																																																															
180	234	18,84																																																																																															
200	260	20,93																																																																																															
300	390	31,40																																																																																															
400	520	42,64																																																																																															
500	650	52,33																																																																																															

Tabell 16 PAX-18 produkt spesifikasjon

Kemwater TM PAX-18		PRODUKTINFORMASJON																																																																																													
<p>Kemwater PAX-18, jernfri polyaluminiumklorid, er et flytende fellingsmiddel som inneholder aktive ferverdige aluminiumsforbindelser. PAX-18 egner seg for overflate- og grunnvannrensing i de fleste renseprosesser samt papirhydrofobering og avløpsrensing.</p> <p>Kjemisk data</p> <table border="0"> <tr> <td>Aluminium (Al³⁺)</td> <td>9,0 ± 0,3</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Jern (Fe_{tot})</td> <td><0,01</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>1,0 ± 0,5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tetthet</td> <td>1,36 ± 0,02</td> <td>g/cm³ (25°C)</td> </tr> <tr> <td>Uløst stoff</td> <td><0,05</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>Klorid (Cl⁻)</td> <td>210 ± 2,0</td> <td>g/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Sulfat (SO₄²⁻)</td> <td><1,0</td> <td>g/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Krystallisasjonstemp</td> <td>-20°C</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aktiv stoff (Me)</td> <td>3,3</td> <td>mol/kg (4,5 mol/l)</td> </tr> </table> <p>Sporstoff Typiske analyseverdier</p> <table border="0"> <tr> <td>Bly (Pb)</td> <td>1,0</td> <td>mg/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Kadmium (Cd)</td> <td>< 0,05</td> <td>mg/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Kobolt (Co)</td> <td><1,0</td> <td>mg/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Kobber (Cu)</td> <td><1,0</td> <td>mg/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Krom (Cr)</td> <td><1,0</td> <td>mg/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Kvikksølv (Hg)</td> <td>< 0,05</td> <td>mg/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Nikkel (Ni)</td> <td><1,0</td> <td>mg/kg PAX-18</td> </tr> <tr> <td>Sink</td> <td><2,0</td> <td>mg/kg PAX-18</td> </tr> </table> <p>Dosering Dosering av PAX-18 skjer med pumper i korrosjonsbeskyttet utførelse. Rørledninger og ventiler skal være utført i plast eller gummiert stål. PAX-18 doseres uten fortykning direkte fra lagertank.</p> <p>Godkjenning PAX-18 er godkjent av SNT som fellingsmiddel ved drikkevannrensing.</p> <p>Kvalitet og miljø Kemira Chemicals er sertifisert iht ISO9001/PR2 og ISO 14001.</p>			Aluminium (Al ³⁺)	9,0 ± 0,3	%	Jern (Fe _{tot})	<0,01	%	pH	1,0 ± 0,5		Tetthet	1,36 ± 0,02	g/cm ³ (25°C)	Uløst stoff	<0,05	%	Klorid (Cl ⁻)	210 ± 2,0	g/kg PAX-18	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	<1,0	g/kg PAX-18	Krystallisasjonstemp	-20°C		Aktiv stoff (Me)	3,3	mol/kg (4,5 mol/l)	Bly (Pb)	1,0	mg/kg PAX-18	Kadmium (Cd)	< 0,05	mg/kg PAX-18	Kobolt (Co)	<1,0	mg/kg PAX-18	Kobber (Cu)	<1,0	mg/kg PAX-18	Krom (Cr)	<1,0	mg/kg PAX-18	Kvikksølv (Hg)	< 0,05	mg/kg PAX-18	Nikkel (Ni)	<1,0	mg/kg PAX-18	Sink	<2,0	mg/kg PAX-18	<p>Omregningstabell for dosering</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>ml PAX-18/ m³</th> <th>g PAX-18/ m³</th> <th>g Al/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>27</td><td>2,43</td></tr> <tr><td>40</td><td>54</td><td>4,86</td></tr> <tr><td>60</td><td>81</td><td>7,29</td></tr> <tr><td>80</td><td>108</td><td>9,72</td></tr> <tr><td>100</td><td>135</td><td>12,15</td></tr> <tr><td>120</td><td>162</td><td>14,58</td></tr> <tr><td>140</td><td>189</td><td>17,01</td></tr> <tr><td>160</td><td>216</td><td>19,44</td></tr> <tr><td>180</td><td>243</td><td>21,87</td></tr> <tr><td>200</td><td>270</td><td>24,30</td></tr> <tr><td>300</td><td>405</td><td>36,45</td></tr> <tr><td>400</td><td>540</td><td>48,60</td></tr> <tr><td>500</td><td>675</td><td>60,75</td></tr> </tbody> </table> <p>Håndtering Beskyttelsesbriller skal benyttes ved åpen håndtering av PAX-18. Personlig verneutstyr benyttes ved behov.</p> <p>Lagertanker og beholdere skal merkes:</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>IRRITERENDE VÆSKE POLYALUMINIUMKLORID- HYDROKSID</p> </div> <p>Lagring Holdbarhet minst 12 måneder. Lagertank bør utføres i glassfiber-armert polyester eller gummiert ståltank. Lagertank bør inspiseres og rengjøres 1 gang per år.</p> <p>Vernetiltak PAX-18 er irriterende. Kroppsdeler som kommer i kontakt med væsken skal skylles med rikelig mengder vann. Øynene skylles godt med øyenskyllevann fra spyleflaske i minst 5 minutter. Ved varig iritasjon i øynene eller på huden bør lege kontaktes. Ved søl bør det spyles med vann og nøytraliseres med kalk eller kalkstensmel.</p>	ml PAX-18/ m ³	g PAX-18/ m ³	g Al/m ³	20	27	2,43	40	54	4,86	60	81	7,29	80	108	9,72	100	135	12,15	120	162	14,58	140	189	17,01	160	216	19,44	180	243	21,87	200	270	24,30	300	405	36,45	400	540	48,60	500	675
Aluminium (Al ³⁺)	9,0 ± 0,3	%																																																																																													
Jern (Fe _{tot})	<0,01	%																																																																																													
pH	1,0 ± 0,5																																																																																														
Tetthet	1,36 ± 0,02	g/cm ³ (25°C)																																																																																													
Uløst stoff	<0,05	%																																																																																													
Klorid (Cl ⁻)	210 ± 2,0	g/kg PAX-18																																																																																													
Sulfat (SO ₄ ²⁻)	<1,0	g/kg PAX-18																																																																																													
Krystallisasjonstemp	-20°C																																																																																														
Aktiv stoff (Me)	3,3	mol/kg (4,5 mol/l)																																																																																													
Bly (Pb)	1,0	mg/kg PAX-18																																																																																													
Kadmium (Cd)	< 0,05	mg/kg PAX-18																																																																																													
Kobolt (Co)	<1,0	mg/kg PAX-18																																																																																													
Kobber (Cu)	<1,0	mg/kg PAX-18																																																																																													
Krom (Cr)	<1,0	mg/kg PAX-18																																																																																													
Kvikksølv (Hg)	< 0,05	mg/kg PAX-18																																																																																													
Nikkel (Ni)	<1,0	mg/kg PAX-18																																																																																													
Sink	<2,0	mg/kg PAX-18																																																																																													
ml PAX-18/ m ³	g PAX-18/ m ³	g Al/m ³																																																																																													
20	27	2,43																																																																																													
40	54	4,86																																																																																													
60	81	7,29																																																																																													
80	108	9,72																																																																																													
100	135	12,15																																																																																													
120	162	14,58																																																																																													
140	189	17,01																																																																																													
160	216	19,44																																																																																													
180	243	21,87																																																																																													
200	270	24,30																																																																																													
300	405	36,45																																																																																													
400	540	48,60																																																																																													
500	675	60,75																																																																																													

KEMIRA CHEMICALS AS, ØRAVN 14, 1630 GAMLE FREDRIKSTAD,
 TELEFON: 69 35 85 85, TELEFAX: 69 35 85 95

OSLOKONTOR: HAMANG TERASSE 55, 1338 SANDVIKA, TELEFON: 69358585 TELEFAX: 69358577
 e-mail: kemira.no@kemira.com, website: www.kemira.no

E-COOL 11688