

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka

Tutkintotyö

Veli-Ville Vihersalo

**LAMELLISELKEYTTIMEN SOVITUS MAATIALAN VEDENPUHDISTAMON
PROSESSIIN**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2004

Lehtori Anne Ojala
Nokian kaupunki, valvojana käyttöinsinööri Matti Tamski

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kemiantekniikka

Kemiantekniikka

Vihersalo, Veli-Ville

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Toukokuu 2006

Hakusanat

Lamelliselkeyttimen sovitus Maatialan vedenpuhdistamon prosessiin

53 sivua + 9 liitesivua

Lehtori Anne Ojala

Nokian kaupunki, valvojana käyttöinsinööri Matti Tamski

lamelliselkeytin, esiselkeytys, pintakuorma

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä etsittiin ja arvioitiin erilaisia mahdollisuuksia lamelliselkeytyksen hyödyntämiseen Maatialassa. Tavoitteena on ollut hukkaveden osuuden pienentäminen alle 10 prosenttiin koko tuotosta.

Työtä varten kerättiin tietoa Maatialan prosessista. Enimmäkseen käytettiin kirjallisia lähteitä ja aiempia selvityksiä ja tutkimuksia. Osa tiedoista hankittiin kokeellisesti tai havainnoimalla. Prosessia verrattiin muihin lamelliselkeytystä käyttäviin prosesseihin.

Työssä löydettiin kolme eri vaihtoehtoa:

- raakaveden esiselkeytys kokonaisuudessaan
- raakaveden osittainen esiselkeytys
- huuhteluveden selkeytys ja palautus prosessiin.

Kutakin vaihtoehtoa arvioitiin ja vertailtiin toteutettavuuden ja kannattavuuden suhteen. Työn perusteella suositeltiin huuhteluveden käsittelyä ja kierrätystä. Vaihtoehto on helpoin toteuttaa ja edullinen. Työssä havaittiin välttämättömäksi selvittää flokkauksen apuaineiden käyttöä ennen suunnittelun jatkamista.

TAMPERE POLYTECHNIC

Chemical Engineering

Chemical Engineering

Vihersalo, Veli-Ville

Engineering Thesis

Thesis Supervisor

Commissioning Company

May 2006

Key Words

Adapting lamella clarifier in Maatiala water treatment process

53 pages + 9 appendices

Lecturer Anne Ojala

The Town of Nokia, Supervisor: Operating Engineer Matti Tamski

lamella clarifier, pre-settling, surface load

ABSTRACT

Possibilities of using lamella clarification in Maatiala were looked into and assessed in this study. The aim was to cut proportion of waste water under 10 % of production.

For this thesis data from Maatiala process was collected. Most used were written sources and earlier studies and reports. Some data had to be acquired by experiments or observation. Process was compared to other processes using lamella clarification.

Three options were found:

- wholesome pre-settling of raw water
- partial pre-settling of raw water
- clarification and re-use of rinsing water.

All options were evaluated and compared by their feasibility and cost-efficiency. Treatment and re-use of rinsing water was recommended based on findings of this study. It is easiest to carry out and affordable. In the thesis it was found necessary to determine the use and the need of flocculation agents before proceeding with the plans.

Sisällysluettelo

Termejä.....	7
1 JOHDANTO.....	9
2 RAAKAVESI.....	9
3 PROSESSI.....	10
3.1 Lyhyt kuvaus prosessista.....	10
3.1.1 Prosessin kemiallinen toiminta.....	12
3.1.2 Automaatio.....	14
3.1.3 Huuhtelu.....	14
3.2 Prosessin tehokkuus.....	15
3.2.1 Kemiallinen tehokkuus.....	15
3.2.2 Toiminnallinen tehokkuus.....	16
4 TEORIA.....	17
4.1 Lamelliselkeytin.....	17
4.1.1 Rakenne.....	17
4.1.2 Toiminta.....	19
4.2 Laskeutustapahtuma.....	20
4.3 Pintakuormateoria.....	21
4.4 Turbulenttisuus.....	22
4.5 Lamellien väli ja lietevirta.....	23
4.6 Vedentarpeen kehitys.....	25
4.7. Mitoitusvirtaama.....	27
5 TIETOJENKERUU.....	28
5.1 Vertailu vanhaan prosessiin.....	29
5.2 Lietteen määrä.....	30
5.2.1 Raakavesi.....	30
5.2.2 Huuhteluvesi.....	31
5.3 Käytettävissä olevat tilat.....	32

6 MALLIT	33
6.1 Kokoselkeytykys	33
Laitteisto	33
Selkeytysteho	34
Lisälaitteet	34
Muutostyöt	37
Muita vaihtoehtoja	38
Apuenergiat	39
6.2 Osaselkeytykys	39
Laitteisto	39
Teho	40
Lisätarvikkeet	40
Apuenergiat	41
6.3 Huuhteluveden selkeytykys	41
Laitteet	41
Järjestelyt	42
Aikataulu	42
Teho	44
Apuenergiat	44
Selkeytyksen ongelma	45
6.4 Mallien kustannusten vertailu	46
7 SUOSITUS	47
7.1 Paras malli	48
7.2 Jatkotoimenpiteet	49
Lähteet	51

Symboliluettelo

F_g	Painovoima	N
F_n	Nostevoima	N
F_v	Vastusvoima	N
m	Massa	kg
g	Maan vetovoiman kiihtyvyys	9,81 m/s ²
V	Tilavuus	m ³
ρ	Tiheys	kg/m ³
C_D	Newtonin vastuskerroin	
A_C	Projektion pinta-ala	m ²
v	Nopeus	m/s
pk	Pintakuorma	m/s, m/h
Q	Tilavuusvirta	m ³ /h, m ³ /s
n	Lamellien lukumäärä	kpl
w	Lamellien leveys	m
l	Lamellien pituus	m
α	Lamellin ja vaakatason välinen kulma	astetta
Re	Reynoldsin luku	dimensioton
d	hydraylinen halkaisija	m
η	Dynaaminen viskositeetti	Pas
ν	Kinemaattinen viskositeetti	
A	Pinta-ala	m ²
P	Piiri	m
h_p	Vesipatsaan korkeus	m
E	Energia	J, kWh
P	Teho	W
n	Pyörimisnopeus	1/s
D	Potkurin halkaisija	m
k	Sekoittimen vakio tai karkeustekijä	
f	Vastuskerroin	
ζ	Paikallisvastus	

Alaindeksi h viittaa siihen, että kyseinen suure on nimenomaan veteen suspendoitunutta hiukkasta koskeva suure.

Termejä

- AOX** Adsorboituvat orgaaniset halogeeniyhdisteet. AOX:ä syntyy halogeenien liittyessä orgaaniseen aineeseen. Yleinen ongelma jos humuspitoista vettä desinfioidaan kloorilla.
- CAS** Chemical Abstract System. Amerikkalainen järjestelmä kemiallisten aineiden luokitteluun ja tunnistamiseen. Jokainen aine voidaan yksilöllisesti tunnistaa CAS-numeron avulla.
- COD** Chemical Oxygen Demand. Kemiallinen hapenkulutus eli hapettuvuus. Mitataan kaliumpermanganaatin kulutukseen perustuvalla titrauksella. Voidaan ilmoittaa joko kiumpermanganaattilukuna tai sitä vastaavan happiekvivalenttina. Kertoo orgaanisten yhdisteiden määrästä vedessä.

Flokkulaatio

Hiukkasten kiinnittyminen toisiinsa ja flokkien muodostaminen.

- FNU** Formazin Nephelometric Unit. Sameuden yksikkö joka on yleisesti käytössä Euroopassa. Ei välttämättä suoraan verrannollinen muihin yksiköihin (FAU, NTU).
- Humus** Humus tarkoittaa vedessä esiintyvää orgaanista ainesta. Humusta on Suomen vesissä yleisesti paljon ja se antaa tunnusomaisen ruskeankeltaisen värin.

Johnson Lamella

Ruotsissa valmistettu lamelliselkeytinmerkki, josta on markkinoilla kolme standardimallia. Laitteen ratkaisut on patentoitu

Kolmenkulma

Nokian, Tampereen ja Ylöjärven rajalle rakennettava suuri liike- ja pienteollisuuskiinteistöjen keskittymä. Arvellaan valmistuvan 2020.

- LP** Johnson Lamellan malli, jossa on teräskehikkoon rakennettu avonainen selkeytsaltaaseen upotettava lamellipakka.
- LS** Johnson Lamellan malli, joka on kokonaan suljettu. Voidaan varustaa esiflokkaussäiliöllä ja lietekaapimella. Ei tarvitse välttämättä asentaa altaaseen.
- LT** Johnson Lamellan malli, joka on kokonaan suljettu. Voidaan varustaa esiflokkaussäiliön ja lietekaapimen lisäksi suurella lietteen tiivistyssäiliöllä. Ei tarvitse välttämättä asentaa altaaseen.
- PIX-322** On nestemäinen saostusaine eli flokkauksen apuaine. Vaikuttava aine on rauta(III)sulfaatti. PIX-322 sopii niin juoma- kuin jätevesillekin.
- TOC** Total Organic Carbon. Orgaanisen hiilen kokonaismäärä. Orgaanisella hiilellä on merkitystä etenkin vedessä elävien mikrobin ravintona. TOC sinällään ei kerro paljonkaan veden mikrobiologisesta laadusta.

Tritonet Oy Vesihuollon ja ympäristötekniikan suunnittelutoimisto.

Vodapro Oy Vesihuollon ratkaisuihin keskittynyt yritys, joka maahantuo, markkinoi ja asentaa mm. Johnson Lamella –selkeyttimiä.

1 JOHDANTO

Maatilan vesilaitos otettiin Nokialla käyttöön 50-luvun alussa. Tulevina vuosikymmeninä prosessia paranneltiin mm. kaksinkertaistamalla kapasiteetti ja tehostamalla kalkin käyttöä. 2002 – 2003 prosessi saneerattiin perusteellisesti Tritonet Oy:n suunnitelmien pohjalta. Kalkista luovuttiin ja otettiin käyttöön ilmastustorni. Tässä yhteydessä nousi esille myös lamelliselkeytyksen mahdollisuus prosessin tehostamisessa. Lamelliselkeytystä on kaavailtu etenkin esiselkeytyksessä käytettäväksi. /15/

Tässä työssä pyritään tarkastelemaan mahdollisuuksia lamelliselkeyttimen hyödyntämiseen mahdollisimman monipuolisesti. Työn puitteissa selvitetään myös näkökohtia, jotka liittyvät selkeyttimen sijoittamiseen Maatilan prosessiin.

2 RAAKAVESI

Maatilan vedenkäsittelylaitos ottaa raakavetensä viidestä kaivosta, jotka sijaitsevat Vihnusjärven rannalla Maatilanharjun pururadan varressa. Vihnusjärvi taas saa vetensä etupäässä Myllypurosta, mutta on myös yhteydessä Pyhäjärveen. /7/ Arvioiden mukaan vedestä noin yksi kolmasosa on pohjavettä, yksi kolmasosa tekopohjavettä ja viimeinen kolmannes rantapenkan läpi suodattunutta vettä. Operaattoreiden käyttökokemusten mukaan kaivojen yhteinen antoisuus on noin 200 m³/h.

Taulukossa 1 on esitetty raakaveden seurantatutkimuksista laskettuja tunnuslukuja vuosina 2002 – 2005 tehdyistä 13 tutkimuksesta. /17/

Taulukko 1. Raakaveden laatu Maatialassa 2002 - 2005

Raakavesi	Fe	Mn	AOX	COD	pH	O ₂	väri	sameus	TOC
Yksikkö	mg/l	mg/l	yg/l	mg/l O ₂		mg/l	mg/l Pt	FNU	mg/l
Keskiarvo	3,60	0,20	16,00	2,17	6,41	0,67	26,43	12,00	3,37
Min.	2,80	0,17	5,00	1,80	6,30	0,13	15,00	4,70	2,80
Maks.	4,40	0,23	38,00	2,70	6,60	1,60	55,00	20,00	4,10
Vaihtelu	1,60	0,06	33,00	0,90	0,30	1,47	40,00	15,30	1,30
Hajonta	0,46	0,02	19,05	0,26	0,10	0,59	13,76	5,12	0,67
Mediaani	3,50	0,20	5,00	2,10	6,40	0,47	25,00	12,00	3,20

Tietojen tulkinta on vaikeaa, koska raakavedelle ei ole säädetty kattavia raja-arvoja kuten talousvedelle. Tuloksia voidaan verrata asetukseen kotitalouksien kaivovesistä ja maanlaajuisiin pohjavesitutkimuksiin.

Raakaveden pH on 0,1 yksikköä suurempi kuin pohjavesissä yleensä, mutta vesi ei sellaisenaan kelpaa talouskäyttöön syövyttävän vaikutuksensa vuoksi. Laitoksen toimintaan pH ei juuri vaikuta, koska pH säädetään joka tapauksessa. /20/

Myös raudan ja mangaanin pitoisuudet ylittävät talouskäytön suositukset. Rautaa ja mangaania on myös reilusti enemmän kuin pohjavesissä keskimäärin. Joissakin suomalaisissa pohjavesissä on tosin vielä enemmän näitä metalleja. Myös väri ja sameus ylittävät laatusuosituksia, mutta sen voidaan olettaa johtuvan suuresta rauta- ja mangaanipitoisuudesta. /20; 23/

Orgaanisen aineksen määrältään vesi vastaa keskiarvoa ja kelpaa kaivovedeksi. TOC on yleensä puhtaissa pohjavesissä alle 0,5 mg/l, mutta tässä tapauksessa arvon ylittyminen ei viittaa saastumiseen, vaan siihen, että raakavesi sisältää jonkin verran humusta. Humuspitoisuus on keskimääräistä korkeampi, mutta silti vielä tavanomainen Suomen oloissa. /20; 22/

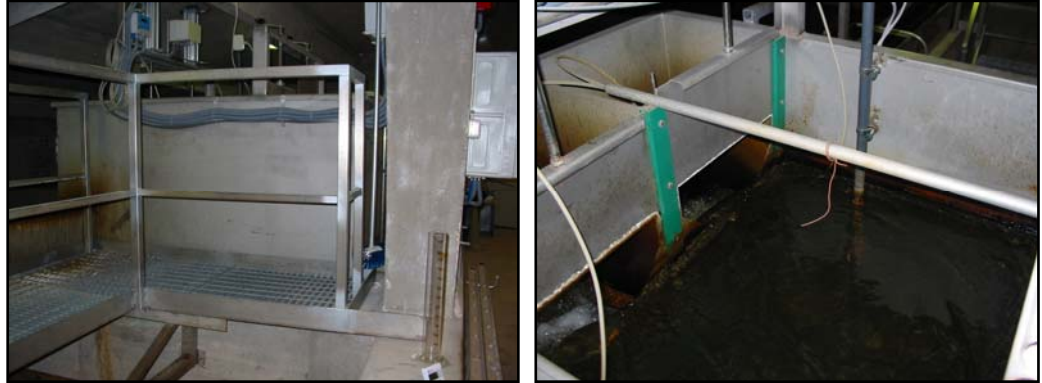
3 PROSESSI

3.1 Lyhyt kuvaus prosessista

Raakavesi saapuu laitokselle haponkestäviä teräsputkia pitkin. Tuloputkeen pumpataan veden pH:n nostamiseksi 50-prosenttista natriumhydroksidia (CAS 1310-73-2) jo aikaisessa vaiheessa, joten turbulenttinen virtaus sekoittaa NaOH:in tehokkaasti veteen. Seuraavaksi vesi pumpataan vanhaan kalkkisiiloon rakennettuun ilmastustorniin. /12/

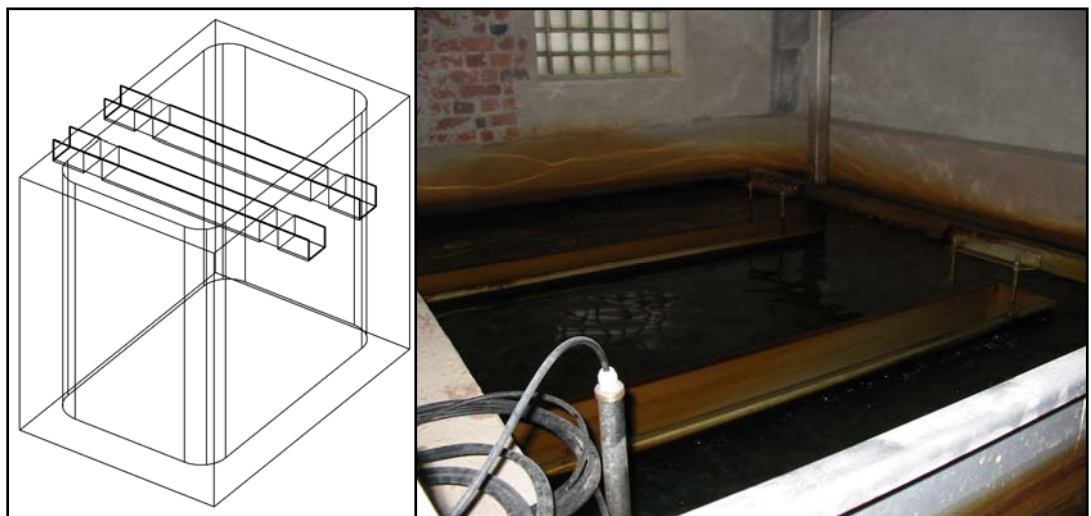
Ilmastustornin tilavuus on noin 37 m³ ja siinä on täyteenä n. 30 kuutiometriä muovisia täytekappaleita. Vesi virtaa painovoimaisesti täyteen läpi ja kohtaa ilman. Ilma johdetaan sisään alhaalta ja pidetään liikkeessä huippuimurilla. Torni on mitoitettu käsittelemään 4500 m³ vuorokausivirtaamaa ja maksimissaan 225 m³ tuntivirtaamaa. /14/

Tornista vesi johdetaan edelleen painovoimaisesti jakolaatikkoon (kuva 1), jossa siihen lisätään 15-prosenttista natriumhypokloriittiliuosta (CAS 7681-52-9). Jakolaatikosta vesi johdetaan avokanavia pitkin uusiin suodatusaltaisiin ja putkea pitkin vanhaan suodatusaltaaseen.



Kuva 1. Jakolaatikko ulkoa ja sisältä

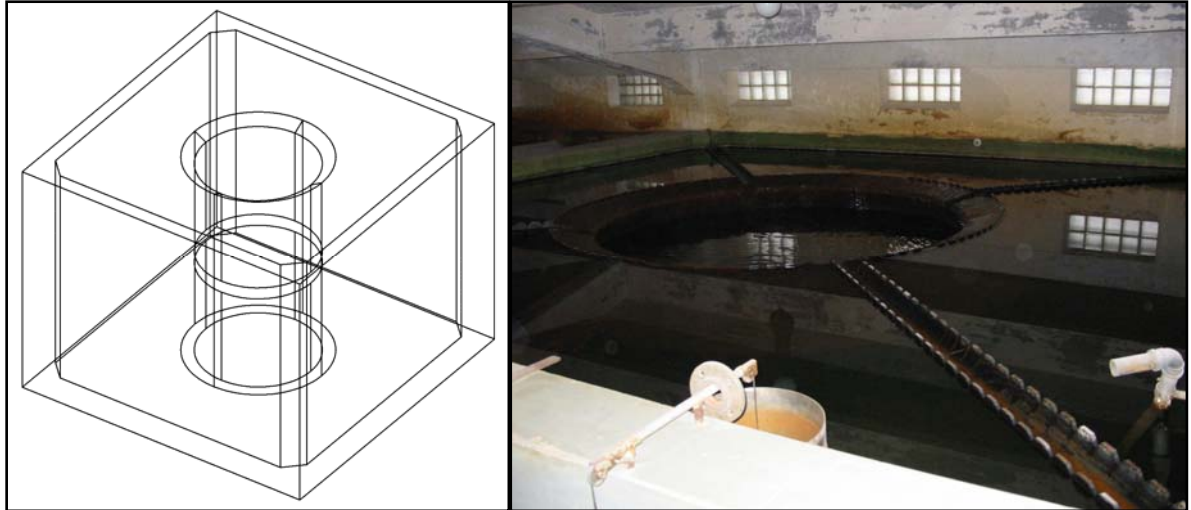
Uusia suodatusaltaita on 4 kappaletta ja yhden pinta-ala on $14,4 \text{ m}^2$. Niiden kokonaissyvyys on noin 4 metriä, jolloin altaan tilavuudeksi tulee $57,6 \text{ m}^3$, josta on vettä $45\text{-}50 \text{ m}^3$. Hiekkapatjan paksuus vaihtelee hieman altaissa, mutta se on noin 2 metriä. Vesi tulee altaisiin yläpuolisista kouruista säädettävien V-patoluukkujen kautta. Suodattimet huuhdellaan vastavirtaan vedellä ja paineilmalla, jolloin huuhteluvesi ja liete kulkeutuvat ylivuotokouruja pitkin pois. /13/ Kuvassa 2 on havainnollistettu uusia suodattimia.



Kuva 2. Maatilan vesilaitoksen uusi suodatusallas

Vanhoja altaita on vielä yksi käytössä. Tässä altaassa on laskeutusosa ympärillä ja sen keskellä ympyrän muotoinen hiekkasuodatin. Koko altaan yhteispinta-ala on

noin 36 m^2 , josta suodatinta 6 m^2 ja laskeutusallasta 30 m^2 . Vesi syötetään keskuslieriöön suodattimen alapuolelle, mistä se purkautuu seinämän läpi pienistä aukoista ja jakautuu tasaisesti koko kehälle. Seuraavaksi tapahtuu pystysuuntainen kontaktiselkeytys eli vesi nousee ja kulkeutuu ylivuotokouruilla takaisin keskuslieriöön, jossa on hiekkasuodatin. /13/ Kuvassa 3 on vanha allas.



Kuva 3. Maatialan vesilaitoksen vanha suodatusallas.

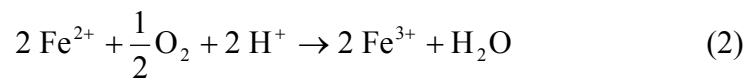
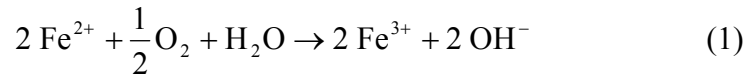
Puhdas vesi johdetaan suodatuksen jälkeen n. 200 m^3 välisäiliöön, niin sanottuun alavesisäiliöön, josta se pumpataan uppopumpuilla verkostoon kahteen eri linjaan. Huuhteluvesi johdetaan pois kahden säiliön järjestelmällä, jota kuvaillaan myöhemmin osassa 3.1.3.

Tavallinen virtaama laitoksella on $130 - 150 \text{ m}^3/\text{h}$. Tällöin vesi viipyy ilmastustornissa muutamia minuutteja, uusilla suodattimilla pari tuntia ja alavesisäiliössä noin 1,5 tuntia. Koko prosessi kestää 3 - 4 tuntia. Vanhalla altaalla viipymä on paljon pidempi, noin seitsemän tuntia.

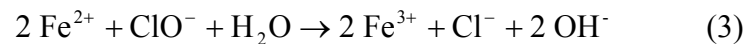
3.1.1 Prosessin kemiallinen toiminta

Prosessissa pyritään hapettamaan Fe(II) muotoon Fe(III) ja Mn(II) johonkin korkeampaan hapetustilaan, ainakin Mn(III) . Varsinainen hapetus tapahtuu etupäässä ilmastuksella eli käytännössä liuottamalla veteen happea ja osittain myös lisäämällä NaClO :ia. /4; 9/

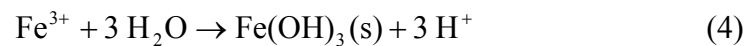
Raudan hapettuminen riippuu pH:sta ja etenkin ilmastuksella hapetettaessa on pH nostettava riittävän korkeaksi, yleensä yli 8:n. Tällöin voi hapettuminen tapahtua kahdella reaktiolla. /4; 9/



Toisaalla prosessissa lisätään veteen natriumhypokloriittia, joka myös hapettaa rautaa, mutta ei ole yhtä riippuvainen pH:sta. Hapettumisreaktio on:



Seuraavassa vaiheessa kolmenarvoinen rauta reagoi yhtälön 4 mukaisesti ja muodostaa rautahydroksidia.



Rauta(III)hydroksidi on juuri se yhdiste, joka ei ole liukoinen vaan muodostaa suspension veden kanssa ja voidaan poistaa joko selkeyttämällä tai suodattamalla.

Maatialassa veden pH ilmastuksessa on 8,6 ja hapettuminen tehokasta. Etenkin rauta hapettuu hyvin. Maatialan raakavesi sisältää kohtalaisesti humusta. Humus on orgaanista ainesta ja saattaa reagoidessaan kloorin kanssa muodostaa adsorboituvia orgaanisia halogeeniyhdisteitä (AOX), joilla saattaa olla haitallisia terveysvaikutuksia. /10/

Raakavedessä on humuksen takia jonkin verran orgaanista hiiltä. TOC pienenee puhdistuksessa vain neljänneksellä. Paitsi halogeenit myös rauta voi sitoutua orgaanisiin aineisiin. Onkin tutkittu, että 1 mg/l TOC:tä sitoisi ja toisi mukanaan 0,1 mg/l rautaa /1, s. 287/. Pelkkä TOC:n läpimeno suodatuksessa voisi Maatialassa aiheuttaa noin 0,26 mg/l rautakonsentraation. Rauta-arvot eivät kuitenkaan ole olleet näin suuria Maatialan puhtaassa vedessä. /1; 22/

TOC:een sitoutunut rauta hapettuu huonosti ilmastuksella eikä sen poistaminen vedestä ole helppoa. Puhtaan veden tuloksista päätellen Maatialan prosessi ilmeisesti kuitenkin pystyy siihen tyydyttävästi.

3.1.2 Automaatio

Prosessi on pitkälle automatisoitu ja melko suuri osa säädöistä voidaan tehdä valvomosta. Natriumhydroksidin ja natriumhypokloriitin syöttö on automaattista ja sitoutumattomasta kloorista on käytössä jatkuvatoiminen mittaus. Uusien suodatusaltaiden ohjaus on automaattista ja tapahtuu virtausvastuksen perusteella ohjatuilla magneettiventtiileillä. Uusien altaiden huuhtelu tapahtuu puoliautomaattisesti niin, että huuhtelu käynnistetään ja sammutetaan käsin.

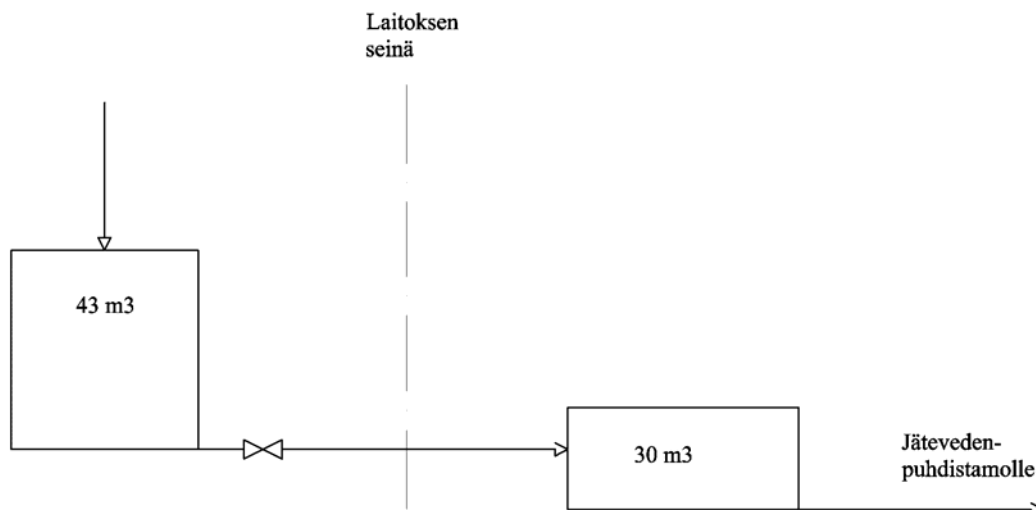
3.1.3 Huuhtelu

Hiekkapatjoille kertynyt rautapitoinen liete poistetaan huuhtelemalla patja vastavirtaan eli alhaalta ylös. Huuhteluun käytetään alussa paineilmaa, joka paisuttaa patjan ja irrottaa tehokkaasti hiukkaset. Mukaan tulee vesihuuhtelu ja sitten pelkkä vesihuuhtelu jatkaa jonkin aikaa yksinään. Vesi nostaa suodatinaltaan pintaa niin, että pintavesi vuotaa ylitse kouruihin, joista se johdetaan pois ja lopulta viemäriin. Paineilman ja huuhteluveden irrottamat hiukkaset nousevat pintaan ja poistuvat ylivuotavan veden mukana.

Huuhtelun maksimivirtaama on hieman yli 400 m³/h. Uusissa altaissa kuluu huuhteluvettä noin 80 m³ ja vanhoissa altaissa vain puolet siitä.

Uudet altaat huuhdellaan säännöllisesti kerran vuorokaudessa ja vanha allas kerran vuorokaudessa tai joka toinen vuorokausi. Huuhtelut jaetaan koko vuorokaudelle niin, että niitä on tasaisin väliajoin.

Likainen huuhteluvesi johdetaan kahden välialtaan kautta viemäriverkoston käsittelemättömänä. Ensimmäinen allas on sisätiloissa ja kooltaan noin 43 m³. Toinen allas sijaitsee laitoksen ulkopuolella ja on vain noin 30 m³:n suuruinen. Ulkopuolella oleva allas ei pysty ottamaan vastaan yhdessä huuhtelussa käytettyä vesimäärää, joten vesi johdetaan ensin isompaan välialtaaseen ja sieltä hiljalleen pienemmän altaan kautta viemäriverkoston. Järjestelmää on havainnollistettu kuvassa 4.



Kuva 4. Kaavio Maatian vesilaitoksen huuhtelun tasausaltaista

3.2 Prosessin tehokkuus

3.2.1 Kemiallinen tehokkuus

Prosessin tehokkuus arvioitiin tässä tapauksessa puhdistustuloksesta. Taulukkoon kaksi koottiin tilastollisia tunnuslukuja, jotka laskettiin vuoden 2005 käyttötarkkailuanalyyseista. Jos tietoja ei ollut saatavilla lähtevästä vedestä, käytettiin verkostosta tehtyjä tutkimuksia vastaavilta osin. /17/

Taulukko 2. Puhtaan veden laadun tunnuslukuja Maatialasta 2005

	pH	Fe	Mn	COD _(Mn-O2)	TOC	Sameus	Johtokyky	AOX
		µg/l	µg/l	mg/l O ₂	mg/l	FNU	µS/cm	µg/l
Keskiarvo	8,13	49,14	2,55	1,42	2,27	0,39	282,75	150
Minimi	7,9	10	1	0,32	1	0,13	202	120
Maksimi	8,4	130	6	2,1	3,2	0,81	327	190
Vaihteluväli	0,5	120	5	1,78	2,2	0,68	125	7
Mediaani	8,15	35,5	1,6	1,7	2,6	0,35	295,5	150
Raja-arvo	6,5 - 9,5	200	50	5	4	1	2500	
Muuta	Suositus	Suositus	Suositus	Suositus	1	2	Suositus	3

Selite taulukkoon 2. /22/

1	On syytä pyrkiä arvoon <2 mg/l
2	Arvon tulee olla käyttäjien hyväksyttävissä
3	Raja-arvoa ei ole määritely

Taulukosta nähdään, että raudan ja mangaanin pitoisuudet ovat suositusten rajoissa. Tosin lähteissä mainitaan raudan ja mangaanin aiheuttavan havaittavia laatuhaittoja

jo pitoisuuksina 50 µg/l ja 20 µg/l. Mangaanilla tälläkään raja ei aiheuta prosessissa ongelmia ja seurannan mukaan viimeisimmät ongelmat mangaanin suhteen ilmenivät maaliskuussa 2004. Rauta sen sijaan ylitti 50 µg/l neljästi vuonna 2005, mutta on epäselvää, kuinka suuri vaikutus tällä on laadun kannalta. /21/

Sähkönjohtavuus ja COD taas ovat yksiselitteisesti laatusuosituksen mukaisia, eivätkä ne aiheuta ongelmia. Sameudessa tulee pyrkiä arvoon, joka on kuluttajien hyväksyttävissä, mutta esimerkiksi pintavesiä käsitteleviä laitoksia kehoitetaan pyrkimään arvoon 1 FNU tai sen alle. Maatilan prosessi poistaa tehokkaasti sameutta. Myös pH on hyvä. AOX-arvosta ei voida sanoa mitään varmaa, koska se mittaa laajaa kemiallista ryhmää, jonka kemikaaleja voi esiintyä eri syistä. Tässä arvot ovat kuitenkin korkeita ja niiden voidaan olettaa johtuvan hypokloriitin ja humuksen reaktioista. AOX:lle ei ole määritetty terveysperustaista raja-arvoa, joten ei ole selvää ovatko arvot liian korkeita ja tulisiko niitä pienentää. Lähdeteoksissa neuvotaan tarkkailemaan arvoa epätavallisten muutosten varalta ja selvittämään mahdollisten muutosten aiheuttajat. /21/

TOC alittaa laatusuosituksen raja-arvon, mutta välillisten haittavaikutusten ehkäisemiseksi TOC:n tulisi olla alempi, alle 2 mg/l. Tärkeämpää on kuitenkin se, ettei TOC:ssa esiinny epätavallisia muutoksia. /21/

Koska suositellut raja-arvot tarkasteltujen suureiden osalta eivät ylity, päätellään että prosessi sinänsä ei ole viallinen.

3.2.2 Toiminnallinen tehokkuus

Prosessin puhdistustulos on riittävä, joten prosessi toimii, mutta se ei välttämättä toimi parhaalla mahdollisella tavalla. Eräs epäkohta on suodattimien huuhtelu.

Huuhteluun käytettävä vesi pumpataan suoraan puhtaan veden säiliöstä, eli se on täysin käsiteltyä käyttökelpoista vettä. Huuhteluun kuluu 320-360 m³ päivässä, joskus enemmän. Kohtuullisen kulutuksen päivänä pumpataan raakavettä käsittelyyn yli kolmetuhatta kuutiometriä, joten huuhteluun voi hyvinkin kulua yli 10 % vuorokauden aikana käsitellystä vesimäärästä. Tämä on merkittävä määrä täysin käsiteltyä vettä, jota ei saada kuluttajien käyttöön, vaan se menee hukkaan.

Laitoksessa on tällä hetkellä viisi suodatinta, joista neljä on uusia ja yksi vanha. Vanha allas käsittelee noin 15 % raakavedestä, mutta se on kooltaan yli kaksi kertaa suurempi kuin uudet altaat. Toisin sanoen, jos ajatellaan että yhden uuden altaan kokoon suhteutettu teho on 1, niin vanhan altaan teho on 0,36, noin kolmannes uuden altaan tehosta.

Laitoksella on tehty kaksi seuranta suodatinkohtaisesta raudanpoistotehosta ja niiden tulokset koottiin taulukkoon 3. /16/

Taulukko 3. Suodatinten raudanpoisto Maatialassa

	Fe (µg/l)	
	Maalis 2005	Heinä 2005
Raakavesi	3700	3100
Puhdasvesi	20	80
Suodatin 1	10	300
Suodatin 2	3	10
Suodatin 3	1	10
Suodatin 4	20	40
Vanha suodatin	20	60

Taulukosta huomattiin, että vanha allas ei ole missään nimessä merkittävästi tehokkaampi raudanpoistaja kuin uudet altaat, vaan todennäköisesti huonompi. Pientä epävarmuutta asiasta on suodataltaan 1 heinäkuun seurannassa. Tulos on poikkeuksellisen korkea, mutta sen merkittävyyttä tai syytä on mahdotonta arvioida tuntematta tutkimuksen olosuhteita.

Vanha allas on kapasiteetiltaan ja puhdistusteholtaan vanhentunut. Se tarvitsee omat säätimensä, koska sitä ei ole automatisoitu yhtä pitkälle kuin uudet altaat. Siihen syötetään klooria omalla pumpulla ja omaa linjaa pitkin suurempia määriä kuin muihin. Kaiken kaikkiaan vanha suodatin tarvitsee tehoonsa nähden paljon huomiota käyttäjiltä.

4 TEORIA

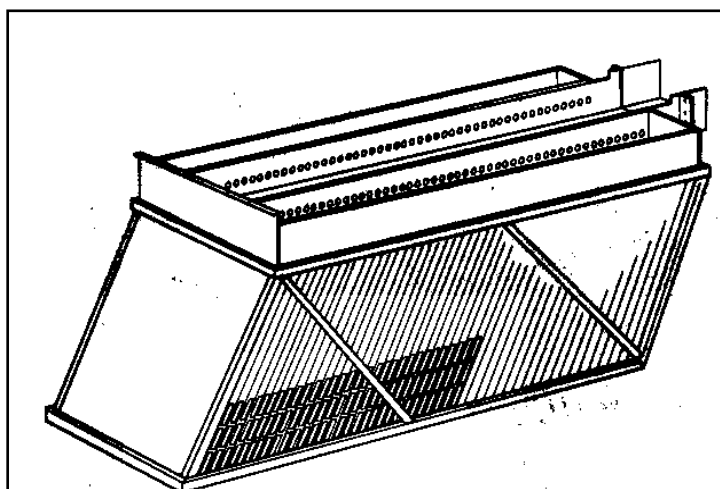
4.1 Lamelliselkeytin

4.1.1 Rakenne

Lamelliselkeytin koostuu useasta levystä eli lamellista, jotka asetetaan viistoon asentoon. Useat levyt yhdessä muodostavat lamellipakan. Vesi johdetaan

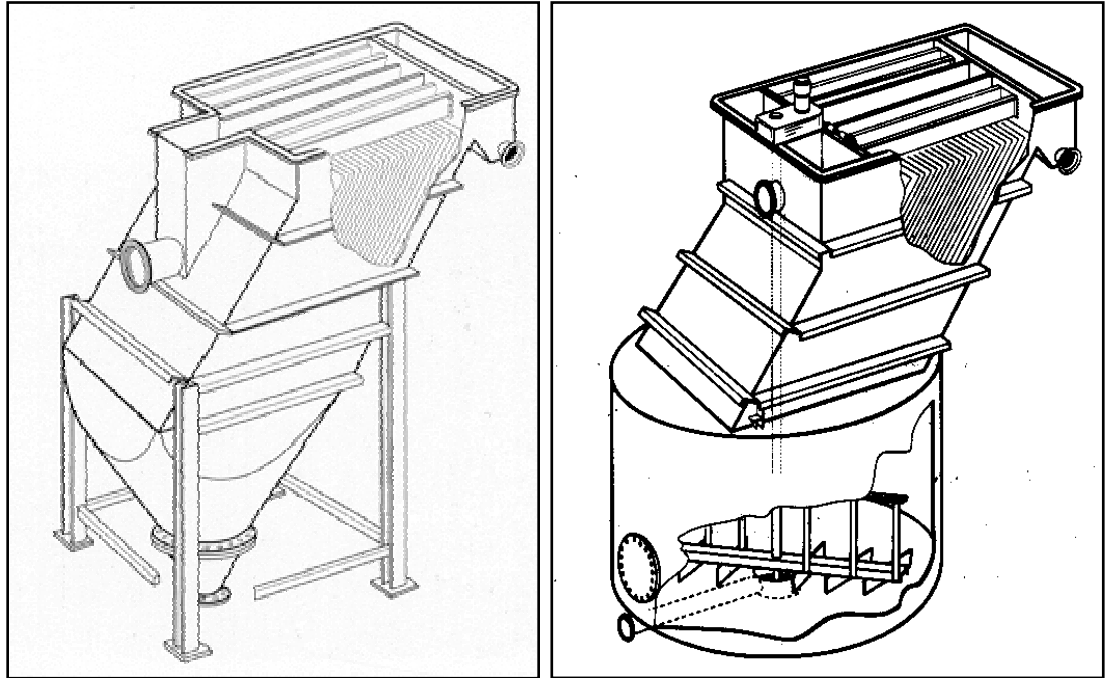
kulkemaan lamellien välisessä tilassa, jolloin näennäinen laskeutuspinta-ala on suurempi. /18/

Yksinkertaisin lamelliselkeytin on sellainen, jossa rakennetaan laskeutusaltaaseen viistoja seinämiä teräskehikon varaan. Tällöin liete poistetaan muun altaan lietteen mukana ja lamellit toimivat oikeastaan vain pinta-alaa lisäävinä täytekkappaleina. Kuvassa 5 on esitetty tällaisia lamelleja sisältävä pakka. /18/ Pakkaan voidaan rakentaa myös sivuseinät, jotka estävät vettä tulemasta lamellien sivureunoilta. Tällöin vesi viipyy pitempään lamellien välitilassa ja laskeutus tehostuu.



Kuva 5. Johnson Lamella -lamellipakka, joka on tarkoitettu asennettavaksi valmiiseen selkeytysaltaaseen tehostamaan laskeutusta.

Hieman monimutkaisempi ratkaisu on koko lamellipakan rakentaminen omaksi laitteekseen. Kuvassa 6 on tällaisia laitteita. Lamellipakka asetetaan metallikehyksiin ja se on kokonaan umpinainen. Virtausvastuksen pienentämiseksi lamellit itse tehdään jostakin sileästä aineesta, yleensä ruostumattomasta teräksestä tai kestävästä muovista, esim. lasikuidusta. Erikoistapauksissa lamellien materiaaliksi soveltuu haponkestävä teräs tai kumitettu ruostumaton teräs. Lamellipakan alapäähän rakennetaan viistoseinäinen keräin ja yhde lietteen poisjohtamiseksi. Ylä- ja alapuolelle tarvitaan myös putkistot veden johtamiseksi ja jakamiseksi selkeyttimeen sekä kirkasteen keräämiseksi ja johtamiseksi edelleen prosessiin. Toisin kuin LP-pakoissa, näissä laitteissa on joitakin liikkuvia osia, joilla avustetaan lietteen siirtymistä. Huollon tarve on silti hyvin vähäinen. /1; 5; 18/



Kuva 6. Jonhson Lamella –selkeyttimien standardimalleja. Vasemmalla LS eli tavallinen suljettu lamelliselkeytin ja oikealla LT eli malli, jossa on suurempi liettasku lietteen tiivistämiseksi.

4.1.2 Toiminta

Toimintaperiaate on varsin yksinkertainen. Vesi johdetaan lamellien välitiloihin. Liete laskeutuu ja keräytyy kaltevan lamellin pinnalle ja alkaa virrata sitä pitkin alaspäin. Näin ollen lamelliselkeytin on jatkuvatoiminen ja sikäli sopiva useisiin prosesseihin. Veden virtaussuunta voi olla ylhäältä alas tai toisin päin, mutta liete virtaa aina alas. Jos vesi johdetaan alhaalta ylös, puhutaan vastavirtalamellista ja toisinpäin johdettaessa myötävirtalamellista. /18/

Myötävirtalamelleissa liete- ja vesivirtojen nopeusgradientti on pienempi ja veden virtaus edesauttaa hiukkasten laskeutumista. Siitä johtuen myötävirtaselkeytin voidaan rakentaa hieman erilaiseksi ja tehokkaammaksi. Vastavirtaperiaatteeseen nojaava selkeytin taas on toiminnaltaan hieman yksinkertaisempi. Oli toimintaperiaate kumpi tahansa, itse lamelliselkeyttimessä ei ole juurikaan liikkuvia osia eikä se tarvitse mittavaa apuenergiaa tai suurimittaista huoltoa.

Etenkin tasaisella kuormituksella se on helppo- ja varmatoiminen lukuun ottamatta lamellivälien tukkeutumisen mahdollisuutta. /1; 5; 18/

Selkeyttimestä saatava hyöty perustuu siihen, että selkeyttämiseen osallistuva pinta-ala on kaikkien lamellien horisontaalisten projektioiden summa. Tällöin pintakuormateorian nojalla tiettyyn selkeytystulokseen päästään huomattavasti pienemmällä tilavuudella kuin perinteisessä laskeutuksessa, parhaimmillaan kymmenesosalla. /18/

4.2 Laskeutustapahtuma

Laskeutuksessa erotetaan kiintoainehiukkasia nesteestä antamalla niiden vajota alaspäin. Pohjalle muodostuu liete, joka johdetaan pois ja pinnalta kerätään kirkaste, joka otetaan prosessiin. Hiukkasia vetää alaspäin painovoima ja hiukkasten liikettä vastustavat nostevoima ja väliaineen vastusvoimat. Näitä kolmea voimaa kuvataan seuraavilla kaavoilla. /4; 5/

$$F_g = m_h \cdot g \quad (5)$$

$$F_n = V \cdot \rho \cdot g \quad (6)$$

$$F_v = C_D \cdot A_C \cdot \rho \cdot \frac{v_h^2}{2} \quad (7)$$

Painovoima F_g riippuu hiukkasen massasta ja maan vetovoiman kiihtyvyydestä. Nostevoimassa F_n huomioidaan hiukkasen syrjäyttämän väliainetilavuuden painovoima eli tiheys, tilavuus ja g . Vastusvoiman F_v tekijöinä on Newtonin vastuskerroin C_D , hiukkasen virtaussuuntaisen projektion pinta-ala A_C , väliaineen tiheys ρ ja hiukkasen suhteellinen nopeus v_h . Kaavat 5, 6 ja 7 voidaan yhdistää Stokesin laiksi, 8. /4; 5/

$$v_h = \frac{g(\rho_h - \rho) \cdot d_h^2}{18 \cdot \mu} \quad (8)$$

Kaavassa v_h on hiukkasen suhteellinen nopeus, g maan vetovoiman kiihtyvyys, $\rho_h - \rho$ hiukkasen ja väliaineen tiheysero, d hiukkasen halkaisija ja μ väliaineen dynaaminen viskositeetti.

Stokesin laki tarkastelee yksittäistä partikkelia, joka on vapaana väliaineessa. Kun hiukkasia on useita, ne myös vaikuttavat toisiinsa, yleensä laskeutumista hidastavasti. Jos kiintoainekonsentraatio on hyvin suuri, tapahtuu niin sanottua vyöhykelaskeutumista. Pienillä pitoisuuksilla laskeutuksessa ei yleensä synny tiivistymisvyöhykettä vaan pelkästään sakka ja kirkaste. Raja-arvona pidetään yleensä konsentraatiota 2500 – 3500 mg/l. /1; 5; 9/

Stokesin laki antaa vain ohjeellisia arvoja, eikä sitä voida luotettavasti soveltaa esimerkiksi selkeytysprosessien mitoittamiseen tai suunnitteluun. Siinä tehtävässä toimii paremmin pintakuormateoria. /5; 18/

4.3 Pintakuormateoria

Kaikkien selkeyttimien mitoittamisessa pintakuormateoria on osoittautunut käytännössä toimivaksi. Se ei ota huomioon aivan kaikkia ilmiöön vaikuttavia asioita, mutta sitä on helppo käyttää ja se on muokattavissa. /5; 18/

Kuvitellaan partikkeli, joka ilmaantuu vaakalasketusaltaan toiseen päähän veden pintaan. Se saa välittömästi horisontaalisen nopeuden, joka johtuu veden virtauksesta ja vertikaalisen nopeuden, joka johtuu partikkelin vajoamisesta tiheyseron vuoksi. Pintakuorma on se nopeus, jolla kappale ehtii laskeutua pinnasta pohjaan juuri altaan mittaisen matkansa aikana. Koska eri hiukkasilla on eri vajoamisnopeudet lähinnä niiden kokoon, muotoon ja tiheyteen perustuen, voidaan pintakuormaa käyttää eräänlaisena puhdistustehokkuuden mittana. /5; 18/

Tässä työssä pintakuorma v_p laskettiin jakamalla tilavuusvirta lamellien yhteenlasketulla horisontaaliseksi projisoidulla pinta-alalla kaavan 9 mukaisesti.

$$pk = \frac{Q}{n \cdot (w \cdot l \cdot \cos(\alpha))} \quad (9)$$

Kaavassa Q on tilavuusvirta, n lamellien lukumäärä, w lamellin leveys, l sen pituus ja α lamellin ja vaakatason välinen kulma. /1; 5; 18/

4.4 Turbulenttisuus

Virtauksen turbulenttisuus tai laminaarisuus vaikuttaa hyvin paljon partikkelien laskeutumiseen, sillä jos virtaus on voimakkaasti turbulenttista floikit tempautuvat virran mukaan ja laskeutuminen hidastuu tai pysähtyy. Virtaus tarkoittaa tässä tapauksessa veden virtausta laskeutuvan partikkelin ohitse. Jos sekä vesi että partikkeli liikkuvat, tulee ottaa huomioon hiukkasen nopeus veden suhteen eli se, liikkuko partikkeli vastavirtaan vai myötävirtaan. Laminaarisuutta kuvataan dimensiottomalla Reynoldsin luvulla, joka on määritelty kaavassa 10. /1; 5; 18/

$$\text{Re} = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\eta} \quad (10)$$

Kaavassa v on suhteellinen virtausnopeus, ρ väliaineen tiheys, η dynaaminen viskositeetti ja d on hydraulinen halkaisija, kaavasta 11, missä A on virtauksen profiili eli virtauksen poikkileikkauksen pinta-ala ja P on saman alan piiri.

$$d_h = \frac{4A}{P} \quad (11)$$

Lisäksi dynaamisella ja kinemaattisella viskositeetilla on seuraava yhteys.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (12)$$

Sijoittamalla kaavaan 10 kaavat 11 ja 12 saadaan kaava 13, joka on hyvin käyttökelpoinen.

$$\text{Re} = \frac{v \cdot 4A}{\nu \cdot P} \quad (13)$$

Turbulenttisuus vaikuttaa kahdella tavalla. Ensinnäkin lamellien välitila voidaan mieltää kanavaksi, jossa on tietynlainen virtaus. Jos tämä virtaus on turbulenttista, ei tehokasta laskeutumista tapahdu, ja virtaus voi itse asiassa temmata mukaansa jo laskeutunutta ainetta. Lisäksi voidaan tarkastella turbulenttisuutta laskeutuvan hiukkasen välittömässä läheisyydessä. Tällöin Reynoldsin luku määrää, miten Newtonin vastuskerroin C_D lasketaan.

Reynoldsin luvun raja-arvot vaihtelevat sovellutusten ja lähteiden mukaan, mutta virtaus jaetaan aina kolmeen luokkaan, jotka ovat täysin laminaarinen virtaus,

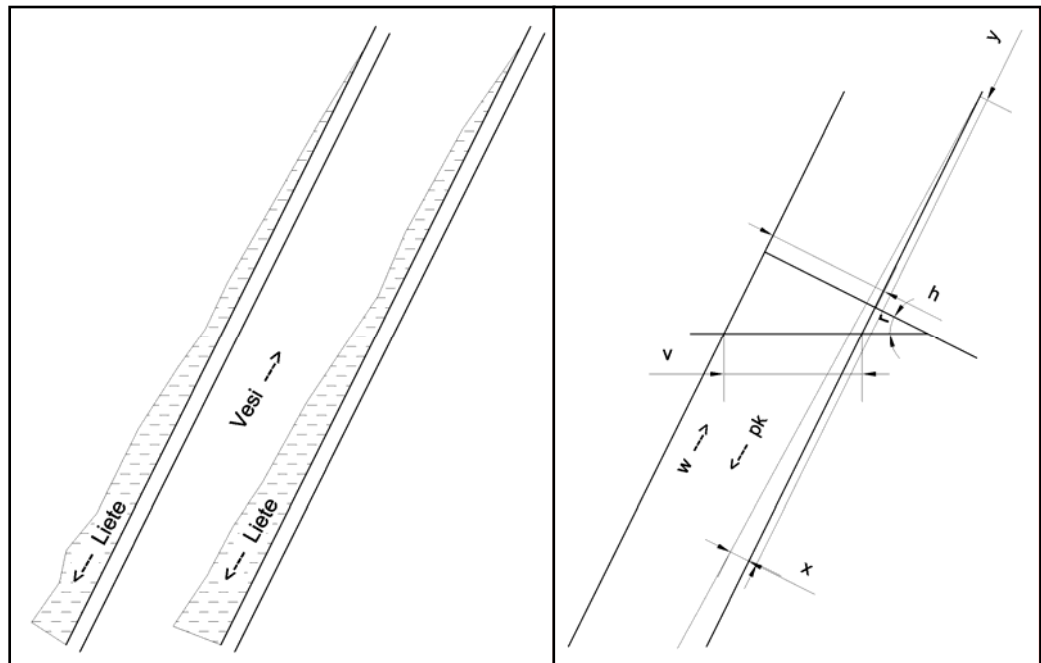
täysin turbulентtinen virtaus ja näiden välissä oleva vähittäinen siirtymäalue.

Käytännön seikat ovat yleensä sellaiset, että virtaus ei ole täysin laminaarista ja sen takia tyydytään vain turbulентtisuuden rajoittamiseen rakenteellisilla ratkaisuilla.

/5; 18/

4.5 Lamellien väli ja lietevirta

Lamellien väli tulee valita oikein niin, että se on mahdollisimman kapea, mutta tukkeutumisen vaaraa ei ole. Prosessi on aineen erotusprosessi ja sitä voidaan havainnollistaa kuvan 7 kaltaisella piirroksella.



Kuva 7. Lietemäärän käyttö tarvittavan lamellien välin arvioinnissa.

Y on lietepitoisuus eli montako litraa lietettä irtoaa litrasta vettä.

w on veden nopeus, m/s.

u on lietteen nopeus, m/s.

pk on pintakuorma, m/s tai m/h.

v on lamellien horisontaalinen etäisyys toisistaan, m.

h on lamellien välitilan korkeus, m.

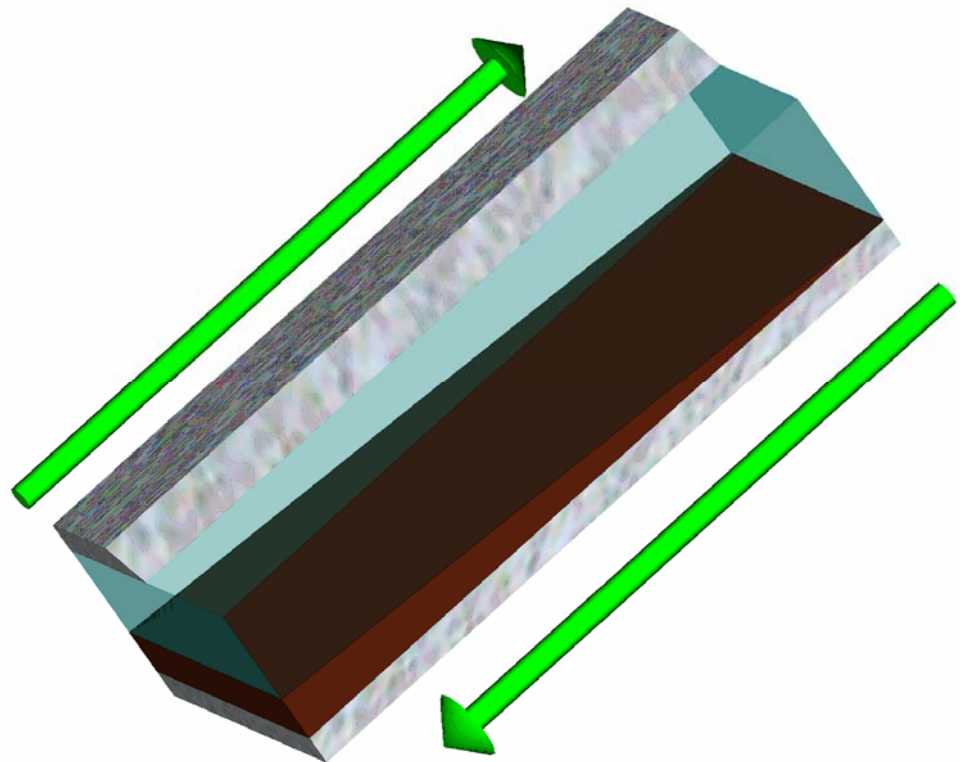
y on etäisyys lamellin yläreunasta, m.

x on lietepatjan paksuus etäisyydellä y , m.

Kuvanmukaisessa tilanteessa lamelliselkeytin on ajateltu kahdeksi toisiaan vastaan tulevaksi ainevirraksi, stabiilissa, tasaisesti toimivassa prosessissa. Ylempänä virtaa vesi, josta siirtyy pintakuorman suuruisella nopeudella kiintoainehiukkasia lietevirtaan. Lietevirta liikkuu nopeudella u , mutta sitä ei pystytä arvioimaan tai mittaamaan, joten oletetaan että $u = \text{pintakuorma } pk$.

Todellisuudessa osa hiukkasista laskeutuu nopeammin kuin pintakuorma, mutta ne vain poistuvat selkeyttimestä nopeammin. Viimeinen partikkeli, joka jää lietevirtaan on sellainen, joka laskeutuu pintakuorman nopeudella ja se myös liikkuu kaikista hitaimmin lietevirrassa. Lisäksi liete liikkuu lamellin pinnalla nopeammin kuin pintakuorma antaa ymmärtää, koska veden virtausnopeus on pienempi johtuen seinämän hankauksesta. Käyttämällä nopeutena pintakuormaa päästään tarkastelemaan pahinta mahdollista skenaariota.

Lietteen määrä riippuu siis veden määrästä ja siitä irtoavan lietteen määrästä. Tätä on arvioitu kokeellisesti kohdassa 4.2 selostetulla tavalla. Selkeytin tukkeutuu, jos x kasvaa yhtä suureksi kuin välitilan korkeus h . Varmuuden vuoksi tässä tarkastelussa on oletettu lamellien väli riittäväksi, jos lietepatjan korkeus lamellien alapäässä on korkeintaan 20 % aukon korkeudesta. Toisiaan sivuavat virrat hahmotettiin kuvaan 8 kolmiulotteisesti.



Kuva 8. Toisiaan sivuavat virrat kahden harmaan lamellilevyn välissä, joista ylempi on leikattu auki. Alaspäin kulkee ruskea liete kiilan muodossa ja ylöspäin kirkastettu vesi.

Teoriasta muodostettiin yhtälö 14.

$$Y \cdot V_{\text{vesi}} \cdot \frac{w}{u} = V_{\text{liete}} \quad (14)$$

Yhtälön mukaan lietevirta muodostuu kokonaisuudessaan veden mukanaan tuomasta aineksesta. Kun sen tilavuus ja lamellin mitat tunnetaan, voidaan lietekerroksen paksuus määrittää kaavan 14 johdannaisella, kaavalla 15.

$$x = Y \cdot \cos(\alpha) \cdot v \cdot \frac{2w}{u} \quad (15)$$

Kaava voidaan myös ratkaista w :n suhteen, jotta saataisiin selville, millä nopeudella vettä voidaan ajaa tietynkokoisen lamellipakan läpi sen tukkeutumatta.

4.6 Vedentarpeen kehitys

Kulutusta arvioitaessa on otettava huomioon etupäässä väestönkasvu ja mahdollisesti paljon vettä kuluttavien teollisuuslaitosten perustaminen. Myös asumismuoto ja muutkin asiat vaikuttavat vedenkulutukseen. /10/

Vuoden 2003 loppuun mennessä Nokialla asui noin 28 000 asukasta. 31.8. 2005 asukkaita oli jo miltei 29 000. Tämä hetkinen väestön lisäys on noin 500 asukasta vuodessa. Tilastokeskuksen 2003-2004 tekemien väestönkasvun ennusteiden mukaan Nokian asukasluku olisi vuonna 2010 hieman yli 30 000. Vuonna 2020 asukkaita olisi lähes 33 000. /24/

Nokian kaupunki laskuttaa 5375 vesimittarista. Osa näistä on pientaloja, osa kerrostaloja ilman huoneistokohtaista kulutuksenmittausta ja osa teollisuuskiinteistöjä tai liikehuoneistoja. Omakotitaloissa ominaiskulutus on noin 110 l/hnk/vrk, rivitaloissa 130 l/hnk/vrk ja kerrostaloissa vielä enemmän. Teollisuuteen toimitetaan noin 10 % käsitellystä vedestä. /6/

Nokian kaupunki pyrkii tuottamaan 250 uutta asuntoa vuosittain. Näistä neljäkymmentä korvaavat poistumaa, joten asuntokanta kasvaa noin 210 asunnolla vuodessa. /2/

Olettaen, että väestö jakaantuu tasan rakennettujen asuntotyyppien kesken ja arvioiden kerrostalojen ominaiskulutukseksi 150 l/hnk/vrk, voidaan arvioida keskimääräisen ominaiskulutuksen uudessa asuntokannassa olevan noin 130 litraa vuorokaudessa henkilöä kohden. Väestö lisääntyy 2010 mennessä 1000 hengellä, joten päivittäinen veden kulutus lisääntyy likimäärin 130 kuutiolla. Vuonna 2020 kulutus olisi 390 m³/d suurempi kuin 2010. Tässä on jätetty huomiotta asunnot, joista maksetaan kiinteää vesimaksua ja joissa voi siksi olla huomattavasti suurempiakin kulutuslukemia, sillä ne ovat vähenemässä asuntokannan uusiutuessa. Myöskään uuden vettä säästävän tekniikan vaikutusta ei ole pohdittu.

Kaikki kaupungin tuottamat asunnot ja tontit sijoittuvat kaava-alueelle ja vesihuollon piiriin. Lisäksi asuntoja rakennetaan haja-asutusalueelle, mutta se ei vaikuta välittömästi veden kulutukseen. /2/

Arvioitaessa teollisuuden vedentarpeen kehitystä voidaan tarkkojen selvitysten puutteessa käyttää vain karkeita laskelmia. Tässä työssä vedentarve sidottiin työpaikkojen määrään. Menetelmä ottaa hyvin huomioon yrityksen koon, mutta on tunnoton eri teollisuudenalojen erilaisille vedentarpeille. Esim. pesulatoiminta vie keskimääräistä enemmän vettä, ja paperinvalmistus vaatii hyvin paljon vettä. Toisaalta varsinkin erittäin paljon kuluttavilla yrityksillä, kuten Georgia-Pacificin paperitehtaalla, on omia järjestelyitään veden suhteen eikä kaupunki suinkaan tuota kaikkea tehtaan toiminnassaan vaatimaa vettä.

Työvoimatilastoista /24/ nähdään, että taloudellinen huoltosuhde Nokialla on 1,25. Tämä tarkoittaa sitä, että yhtä ansiotyössä käyvää kohden on 1,25 ihmistä, jotka eivät ole työelämässä. Luku sisältää eläkeläiset, lapset, sairaat, työttömät ja muut joilla ei jostakin syystä ole työtä. Näin ollen pätee

$$X + 1,25X = \text{nokian asukasluku} ,$$

joten työntekijöitä on oltava

$$X = \frac{29000}{2,25} = 12889.$$

Samaisten tilastojen mukaan Nokian työpaikkaomavaraisuus on 83,5 prosenttia ja työpaikoista 45,1 prosenttia kuuluu jalostuksen toimialaan. Näin ollen Nokialla on työpaikkoja teollisuudessa vuonna 2005 noin

$$12889 \cdot 0,835 \cdot 0,451 = 4854.$$

Teollisuus käyttää tällä hetkellä noin 10 % vedestä eli 450 m³/d. Täten kulutus työpaikkaa kohden on noin 0,09 m³/d/työpaikka. Vuonna 2020 viimeisetkin tontit Kolmenkulmasta on luovutettu ja Nokialla on kolmisentuhatta työpaikkaa enemmän. Näistä jalostukseen sijoittuu 1353 ja niiden tuoma kulutuslisäys on 125 m³/d. /2; 6/

Vedenkulutukseen vaikuttaa vähemmässä määrin myös verkon monimutkaisuus. Jos verkosto on pitkä, siinä ilmenee mahdollisesti enemmän vuotoja ja painehäviöitä. Mitä loitommas vesilähteestä verkko laajenee, sitä vaikeampi on toimittaa vettä äärilaitamille. Myös verkoston ikääntyessä häiriöt, viat ja vuotohävikit lisääntyvät. Näitä pitkälti tuntemattomia ja arvaamattomia tekijöitä ei ole pyritty arvioimaan.

Täten tässä työssä käytetty ennuste Nokian vedenkulutuksen lisäykselle vuoteen 2020 mennessä on yhteensä 650 m³ päivässä. Nykyisenä kulutuksena käytetään 4500 m³/d.

4.7. Mitoitusvirtaama

Mitoitusvirtaama määritettäessä otetaan huomioon kolme seikkaa /10/:

1. Virtaaman tulee olla sellainen, että sillä pystytään vastaamaan tulevien vuosien kysyntään.
2. Virtaaman tulee olla yhtäpitävä muiden yksikköprosessien kanssa.
3. Virtaama tulee suhteuttaa raakaveden saantiin.

Tällä hetkellä kokonaisvedenkulutus Nokialla on noin 4300 - 4500 m³/d. Tästä likipitään kolmannes katetaan Mahnalasta Siuron kautta johdettavalla pohjavedellä. Maatilan vesilaitos tuottaa vettä 3100 – 3400 m³/d. Mitoituksessa lähdetään

olettamuksesta, että Mahnalan pumppausta ei voida merkittävästi lisätä ja Tampereelta ei osteta vettä, joten nimenomaan Maatianan tuotannolla pitää korvata lisääntyvä kysyntä. Väestön kasvusta arvioitiin koituvan $650 \text{ m}^3/\text{d}$ lisäys vuoteen 2020 mennessä.

Lamelliselkeytyksestä tulee yksikköprosessi jo olemassa olevaan prosessiin. Lamelliselkeytyksen kapasiteetin kasvattamisesta ei ole hyötyä, mikäli muut yksikköprosessit eivät pysty käsittelemään yhtä isoja kuormia. Selkeytyskään ei saa muodostua pullonkaulaksi edes kulutushuippuina. Suodattimet ja ilmastustorni on mitoitettu virtaamalle $4500 \text{ m}^3/\text{d}$. On järkevää käyttää samaa mitoitusta myös selkeytykselle. /1; 10/

Maatialassa on käytössä 5 raakavesikaivoa, joista saadaan operaattoreiden kokemusten mukaan noin $200 \text{ m}^3/\text{h}$. Tritonet on suunnitelmissaan arvioinut antoisuudeksi $225 \text{ m}^3/\text{h}$. Arvot vastaavat 4800 ja 5400 kuutiometrin vuorokausivirtaamia. Näitä arvoja ei ole syytä ylittää mitoittamisessa. On tietysti mahdollista pyrkiä parantamaan olemassa olevien kaivojen antoisuutta tai tehdä uusia kaivoja, joista voidaan ottaa enemmän vettä, mutta tässä työssä sitä ei tarkasteltu todennäköisenä vaihtoehtona. /12/ Rajoittavat tekijät on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Mitoitusvirtaaman arviointiin vaikuttavat seikat.

Seikka	Virtaama Maatialassa
Kysynnän kattaminen	n. $4000 \text{ m}^3/\text{d}$
Muut yksikköprosessit	$4500 \text{ m}^3/\text{d}$
Raaka-aineen saatavuus	$4800 \text{ m}^3/\text{d}$

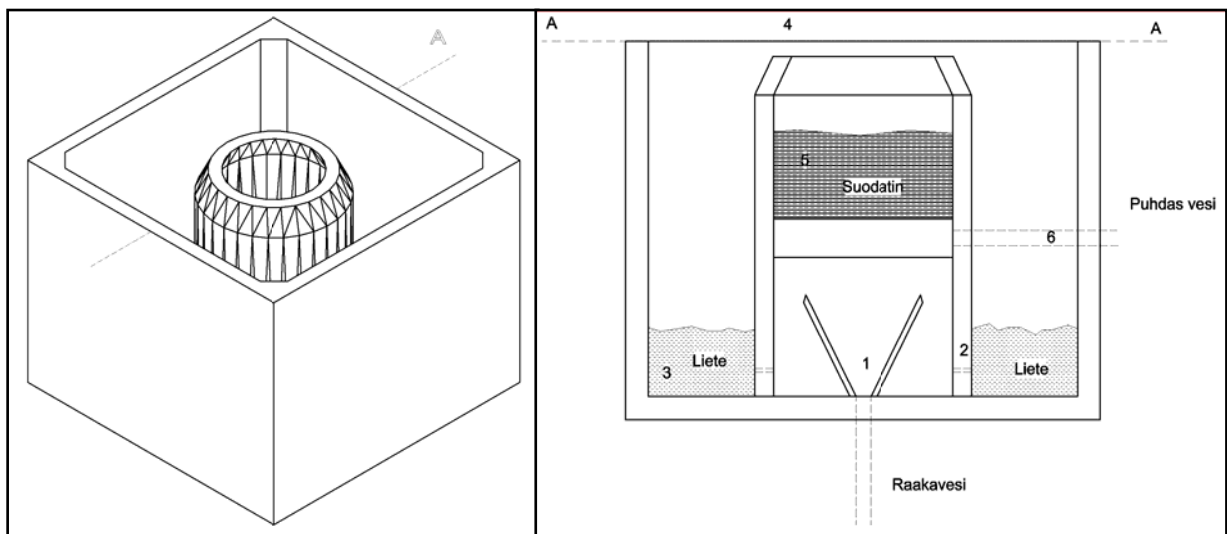
Mitoitusvirtaamaksi valittiin $4500 \text{ m}^3/\text{d}$. Se sopii hyvin yhteen muun prosessin kanssa, riittää vastaamaan kysyntään ainakin vuoteen 2020 saakka eikä rasita raakavesikaivoja kohtuuttomasti.

5 TIETOJENKERUU

Selvityksiä ei voitu tehdä pelkästään olemassa oleviin tietoihin perustuen, joten tietoja jouduttiin keräämään kokeellisesti, laskemalla ja vertailemalla tietoja sekä vanhaan prosessiin että muihin lamelliselkeytystä käyttäviin prosesseihin.

5.1 Vertailu vanhaan prosessiin

Nykyisessä prosessissa on vielä käytössä yksi vanha suodatusallas. Tässä altaassa on käytössä myös ulkopuolella toimiva pystyselkeytysosa. Itse asiassa selkeytysosassa on perimätiedon mukaan ollut aikoinaan eräänlainen lamelliselkeytin, joka oli toteutettu puulankuilla. Kuvassa 9 on havainnollistettu laitteen nykyistä toimintaa.



Kuva 9. Maatilan vesilaitoksen vanha selkeytys-suodatus-yksikkö. Kolmiulotteinen kuva ja periaatepiirros leikkauksesta A.

Kuvassa vasemmalla on yksikön kolmiulotteinen kuva ja oikealla poikkileikkaus kohdasta A. Raakavesi tuodaan alhaaltapäin (1) ja jaetaan maljamaisella laitteella ympyrän kehälle. Vesi purkautuu keskuslieriön alaosaan poratuista rei'istä (2) tasaisesti koko ympäröivään altaaseen. Vesi nousee ylöspäin ja kiintoaines laskeutuu alaspäin muodostaen lietepatjan (3). Selkeytynyt vesi kerätään ylivuodolla (4) takaisin keskuslieriöön ja hiekkasuodattimeen (5). Puhdas vesi kerätään altaan keskivaiheilta (6).

Paikalla tehtyjen mittausten ja olemassa olevien rakennepiirustusten perusteella altaan pinta-alaksi laskettiin $27,72 \text{ m}^2$. Altaalle tulevaa vettä tarkkailtiin virtaamamittarilla. Selkeytyksen tehokkuutta arvioitiin ottamalla näytteet raakavedestä ja kirkasteesta selkeytysaltaan pinnalta. Kirkastetta otettiin kolmesta kohdasta ja näytteet yhdistettiin. Kummastakin näytteestä otettiin myös rinnakkaiset raudan määritykseen. Väriin ja sameuden mittauksiin käytettiin vain yhtä näytettä. Rauta määritettiin vesilaitoksen laboratoriossa spektrofotometrillä ja

väri ja sameus TAMK:in laboratorioissa myös spektrofotometrisesti. Analyysien tulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Vanhan altaan selkeyttimen puhdistusteho

	Fe	Sameus	Väri
Raakavesi	4	10	102
kirkaste	0,5	4	20
	mg/l	FAU	Pt mg/l

Tuloksista huomattiin että selkeytyksessä poistui rautaa 87,5 %, ja sameus ja väri pienenevät 60:lla ja 80:lla prosentilla. Näin ollen selkeytyksen tehoksi raudan poistossa arvioitiin noin 80 % pintakuormalla 0,62 m/h.

Kun tuloksia käytetään hyödyksi, pitää muistaa, että selkeytysprosessit eivät täysin vastaa toisiaan. Vanhassa altaassa vesi kulkee lietepatjan läpi ja siinä saattaa tapahtua useita asioita, jotka parantavat raudan flokkautumista ja laskeutumista. Lietteen seassa saattaa olla limaa, jossa elävät mikrobit hapettavat rautaa, mutta tämä on aika epätodennäköistä, koska vesi on tässä vaiheessa jo kloorattua. Vesi joutuu kuitenkin läpäisemään patjan kulkien flokkien välistä ja veteen suspendoituneet kiintoainehiukkaset saattavat tällöin törmätä liete-flokkeihin ja kiinnittyä niihin. Vesi saattaa kaapata mukaansa myös pieniä hiukkasia, jotka toimivat flokkien tiivistymisytiminä. Sakka myös koostuu pääasiassa rautasuoloista, jotka ovat itse asiassa flokkauksen apuaineita.

Edellä olevaan perustuen arvioisin, että esihämmennyksellä varustettu lamelliselkeytin, jota kuormitetaan 0,5 m/h pintakuormalla, saavuttaa vähintään saman puhdistustuloksen kuin vanhan altaan selkeytysosa pintakuormalla 0,6 m/h.

5.2 Lietteen määrä

5.2.1 Raakavesi

Lietteen määrää ja sen syntymisnopeutta arvioitiin 22.1. – 8.3. 2006 tapahtuneella seurannalla. Voimakkaan taskulampun ja luodilla varustetun mittanauhan avulla mitattiin lietepatjan korkeus altaan reunasta 22. 1. Se mitattiin uudestaan 8.3. ja huomattiin että lietekerros paksuuntui 45 cm. Seuranta tapahtui 46 päivän aikana, mutta koska mittaukset tehtiin keskipäivällä, oli mittausaika 45 vrk. Tänä aika

virtaus oli 17 – 18 m³/h, joten arvona käytettiin 17,5 m³/h. Altaan pinta-ala tällä syvyydellä on 25,73 m².

Seurannan aikana selkeytettiin

$$45 \text{ vrk} \cdot 24 \text{ h} \cdot 17,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 18\,900 \text{ m}^3$$

raakavettä, josta syntyi 11,58 m³ lietettä. Yhdestä kuutiometristä tulee siis lietettä noin 0,6 litraa 0,6 m/h:n pintakuormalla.

Menetelmä ei ollut erityisen tarkka. Virtaamavaihtelun tuoma epävarmuus oli hyvin pieni, koska pitkällä ajalla keskiarvo ei helposti muutu. Sen sijaan itse syvyyksmittauksen tarkkuus oli huono. Olosuhteet olivat huonot. Mittaus voitiin tehdä käytännössä vain muutamassa pisteessä ja oikea syvyys piti havaita silmämääräisesti. Joka tapauksessa tästä saatiin karkea oikeansuuntainen arvio.

5.2.2 Huuhteluvesi

Samankaltaisella menetelmällä arvioitiin myös huuhtelusta tulevan veden lietepitoisuutta. Huuhteluvettä kerättiin suoraan ylivuotokourusta kahteen mittalasiin. Lietteen annettiin laskeutua noin tunnin ajan ja samalla tehtiin mittauksia. Veden lämpötila muuttui seurannan aikana 8,3 asteesta 11,6 asteeseen. Lopulta syntyneen lietteen määrä arvioitiin. Tuloksista tehtiin taulukko 6.

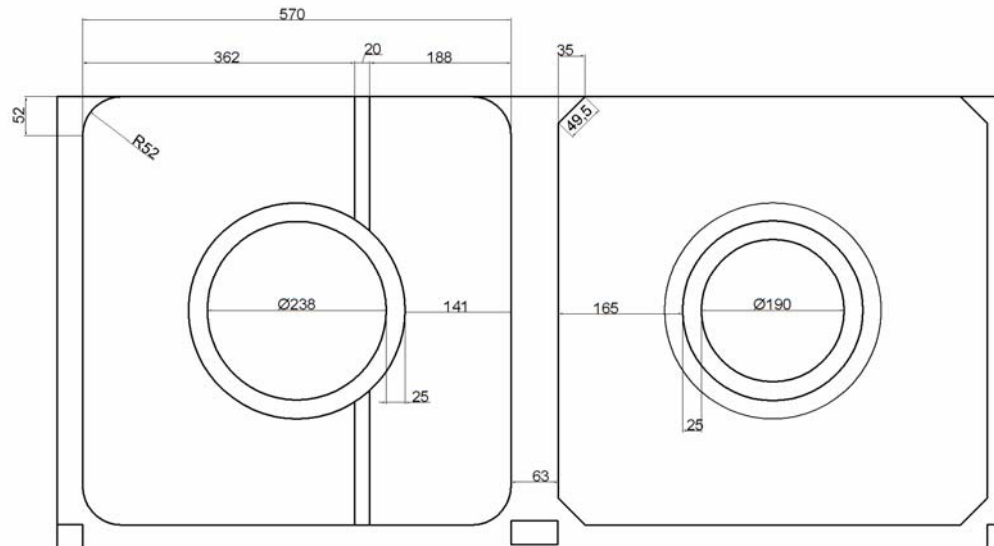
Taulukko 6. Kahden huuhteluvesinäytteen lietteenmuodostus

	Vesitilav.	Lietteen til.	Lietteen osuus
A	820	12	0,014634
B	990	34	0,034343
	ml	ml	

Näistä arvoista suuremmalle eli kokeelle B annettiin suurempi painoarvo. Tulosten ajateltiin viittaavan siihen, että yksi kuutio huuhteluvettä tuottaisi noin 34 litraa lietettä. Kokeen aikana huomattiin, että vaikka sakka laskeutui melko nopeasti, kirkas kerros pinnalla ei juurikaan kasvanut. Kirkastetta muodostui vain muutaman millimetrin verran. Lisäksi mittalasin keskivaiheilla oli selvästi nähtävissä vielä tunnin jälkeenkin paljon suurehkoja flokkeja, jotka laskeutuivat erittäin hitaasti.

5.3 Käytettävissä olevat tilat

Tarpeen vaatiessa voidaan ottaa käyttöön myös vielä toimiva vanha allas. Kaikki käytettävissä olevat tilat on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Vanhat altaat ylhäältä kuvattuna. Mitat senttejä.

Vasemmanpuoleinen on käytöstä poistettu vanha allas, jonka pienempi osio on nyt huuhteluveden tasausallas. Oikeanpuoleinen on vielä toimiva vanha allas. Jatkossa käytetään nimityksiä allas A ja allas B. Altaat ovat samankokoisia, vaikka niissä on pieniä eroja. Taulukossa 7 on altaiden eri osien pinta-alat ja tilavuudet.

Taulukko 7. Vanhojen altaiden pinta-alat ja tilavuudet

Allas	Pinta-ala	Tilavuus
A pieni	9,40	37,50
A iso	20,00	80,20
A keskiö	4,50	17,80
B ympäristä	25,70	102,90
B keskiö	2,80	11,30
B allas	32,20	129,00
	m²	m³

6 MALLIT

Työn perusteella tunnistettiin kolme mahdollisuutta lamelliselkeytyksen hyödyntämiseen Maatialan vesilaitoksen prosessissa.

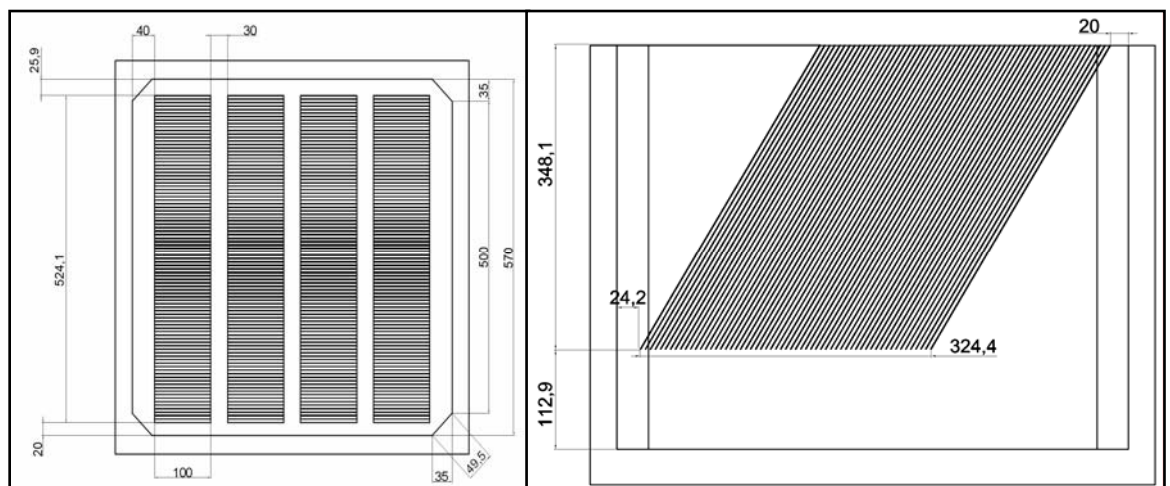
1. Allas B tyhjenetään ja otetaan pelkästään selkeytyskäyttöön. Siitä tehdään selkeytin, jota tehostetaan lamelleilla ja koko vesimäärä käsitellään sen kautta.
2. Altaaseen B asennetaan valmiina saatavia standardimallisia lamelliselkeyttimiä, joilla käsitellään osa vedestä.
3. Suodatinten pesuvesi käsitellään lamelliselkeyttimellä ja käytetään uudelleen hyödyksi.

Kutakin tapausta on käsitelty yksityiskohtaisemmin seuraavassa.

6.1 Kokoselkeyty

Laitteisto

Käyttämällä altaan B tila tehokkaasti hyväksi on mahdollista päästä tyydyttävään lopputulokseen. Kuvassa 11 on esitetty havainnollinen kaaviokuva mahdollisesta lamellipakkojen asettelusta. Tässä mallissa lamellit ovat metrin levyisiä ja neljä metriä pitkiä. Ne asetellaan 60° kulmaan neljään rinnakkaiseen pakkaan. Välimatka on 5 cm ja pakkaan tulee 66 lamellia. Suositeltava materiaali on lasikuitu tai ruostumaton teräs. Jos lamellit tehdään muovista, tulee paksuuden olla 4 – 5 millimetriä riittävän muotojäykkyyden varmistamiseksi. /8/



Kuva 11. Ylä- ja sivukuva lamellipakkojen asettelusta B-altaaseen

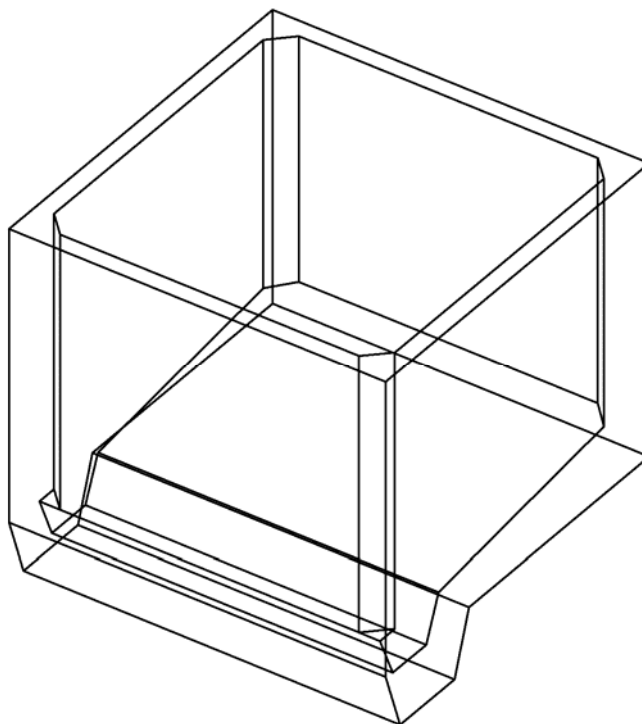
Lamellipakkojen väliin jää 30 cm riittävän virtauksen varmistamiseksi. Tästä osa kuuluu lamellien kehikoille ja kiinnitysrakenteille. Pakkojen eteen on jätetty 20 senttimetriä kiinnittämiseen ja pakkojen taakse hieman enemmän.

Selkeytysteho

Laskuissa on oletettu että pakan takimmainen lamelli ei osallistu selkeytykseen, joten tehollisia lamelleja on 65 yhdessä pakassa. Yhteispinta-alaksi tulee kaavan yhdeksän nojalla 520 m^2 . Pintakuorma $200 \text{ m}^3/\text{h}$ huippuvirtaamalla on $0,4 \text{ m/h}$. Tällä järjestelyllä oletetaan saavutettavan 80-prosenttinen raudan poisto.

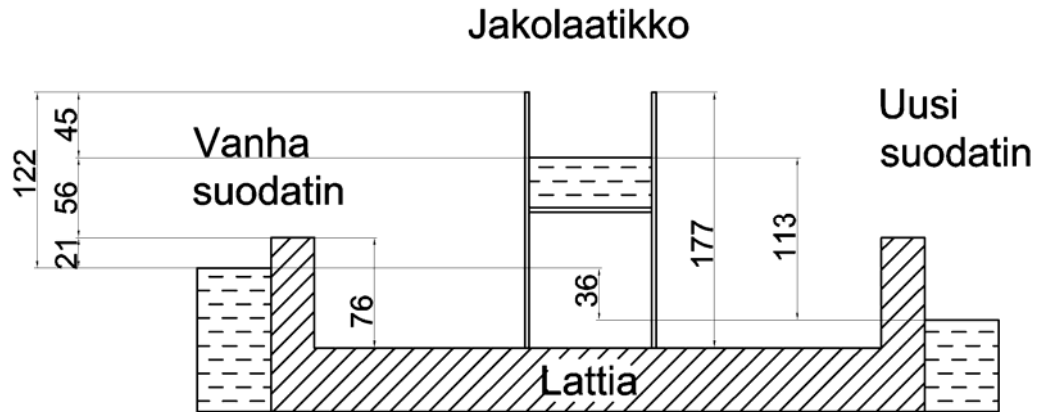
Lisälaitteet

Allas, jota on tehostettu lamellipakoilla, tarvitsee apulaitteita. Tärkein on tietysti lietteen poistojärjestelmä. Lietteen painovoimaista liikuttamista varten pitäisi seinämän kaltevuuden olla vähintään 60° . Sellainen ratkaisu ei ole mahdollinen altaan tarjoamassa tilassa. Sen sijaan rakennetaan lietetasku ja varustetaan pohja lietekaapimella. Mahdollinen ratkaisu on esitetty kuvassa 12. Kaavin tarvitsee sähkömoottorin käyttövoimakseen ja lietteen tyhjennysyhde varustetaan automatiikalla.

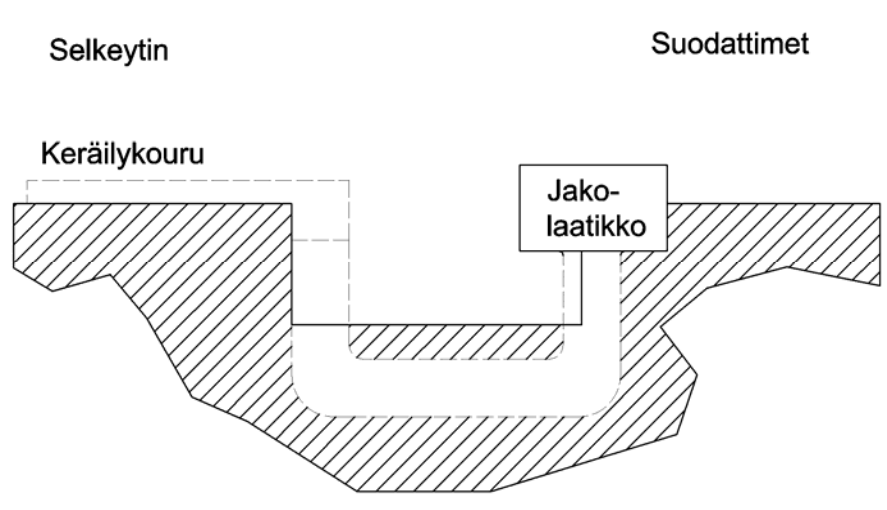


Kuva 12. Altaan pohjan muotoilu. Vaikka pohja onkin kalteva, se tarvitsee silti lietekaapimen

Sijoittelussa aiheuttaa ongelmia se, että vanhat altaat ovat huomattavasti jakolaatikkoon alempana. Kuva 13 selvittää korkeussuhteita, mitat senttimetreinä.



Kuva 13. Altaiden ja jakolaatikon pintojen korkeussuhteet periaatepiirroksena. Näin ollen kaikista edullisin ja kätevin menetelmä eli painovoimainen siirto on hankala toteuttaa. Kuva 14 havainnollistaa erästä vaihtoehtoa.



Kuva 14. Veden siirto selkeyttimeltä alas laskettuun jakolaatikkoon.

Tässä tapauksessa vedet kerättäisiin avokouruilla ja johdettaisiin putkeen (DIN 400), joka kulki allashuoneen lattian alla. Mitoitusvirtaamana on 200 m/h. Pinnankorkeuksien erotuksen altaan ja jakolaatikon välillä on oltava sellainen, että sen aikaansaama potentiaalienergia riittää voittamaan putken aiheuttamat virtausvastukset ja ylläpitämään riittävän suurta virtausta. Muutoin on vaara, että kaikki vesi ei ikään kuin mahdu putkeen ja avokanavat tulvivat yli. /5/

Virtausnopeus putkessa on tilavuusvirta jaettuna putken pinta-alalla.

$$v = \frac{200 \text{ m}^3/h}{\pi \cdot (0,195 \text{ m})^2} \approx 1\,660 \text{ m}^3/h \approx 0,5 \text{ m/s}$$

Tällä nopeudella Reynoldsin luvuksi saadaan:

$$Re = \frac{0,39 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m/s} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3}{1,57 \cdot 10^{-3} \text{ Pas}} \approx 124\,000$$

Määritetään seuraavaksi putken pinnan karheuden k arvoksi 1 millimetri.

Kirjallisuustietojen mukaan tämä arvo esiintyy vanhoissa teräsputkissa, joten näin otetaan huomioon myös putkiston pitkä käyttöikä. Moodyn käyrästä pystytään tällöin lukemaan Reynoldsin luvun ja tekijän k/d avulla vastuskerroin f , jonka arvoksi otetaan 124 000. /5/

Virtausvastus koostuu itse putken vastuksesta ja putken armatuuriin paikallisvastuksista. Taulukkoon 8 on koottu putkeen sijoitettavat laitteet ja niiden aiheuttamat paikallisvastuskertoimet ξ . /5/

Taulukko 8. Yhdysputken armatuurit ja niiden paikallisvastuskertoimet

Paikallis-vastukset	
ξ	Armatuuri
0,5	Nieluaukko, pyöristämätön
1	Purkuaukko
0,2	Mutka, 90°
0,2	Mutka, 90°
0,2	Mutka, 90°
0,1	Luistiventtiili, norm. auki
0,1	Luistiventtiili, norm. auki
1,3	Ohituslinjan T-liittymä
0,1	Näytteenottohana
3,7	Summa

Putken pituus pelkästään kohtisuorilla vedoilla on 12,5 metriä. Nyt voidaan laskea yleisen virtaushäviön kaavalla 16 vaadittava vesipatsaan korkeus. /5/

$$h_p = \left(f \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (16)$$

Kaavassa L on putken pituus ja d sisähalkaisija metreinä. Arvot sijoittamalla saadaan:

$$h_p = \left(0,0215 \cdot \frac{12,5 \text{ m}}{0,39 \text{ m}} + 3,7 \right) \cdot \frac{(0,5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 0,06 \text{ m}$$

Potentiaalienergia muuttuu kineettiseksi energiaksi seuraavan yhteyden mukaisesti:

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2 \quad (17)$$

Veden ollessa kyseessä massa yleensä korvataan tiheydellä ja tässä oletetaan, että tiheys ei ehdi muuttua siirtymisen aikana. Virtauksen aikaansaamiseksi tarvitaan siis /5/

$$h_p = \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{(0,5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} \approx 0,02 \text{ m}$$

Nämä yhdessä muodostavat tarvittavan pinnankorkeuksien erotuksen, joka ei näin suuressa putkessa muodostu kovinkaan suureksi. Suurempi erotus olisi kuitenkin sikäli edullinen, että pinnankorkeuden muutos jakolaatikossa ei heti vaikuttaisi virtausta hidastavasti. Esimerkiksi 20 cm takaa riittävän virtauksen ilman herkkyyttä pienille vaihteluille pinnankorkeuksissa. /5/

Muutostyöt

Vaihtoehto vaatii toteutuakseen mittavia muutostöitä. Töiden vaiheita on koottu seuraavaan alustavaan työjärjestykseen:

1. Tyhjennetään allas B ja puretaan sen sisärakenteet.
2. Valetaan altaalle uusi pohja, rakennetaan lietetasku ja asennetaan lietekaavin.
3. Rakennetaan uusi jakolaatikko.
4. Lasketaan vanhaa jakolaatikkoa ja raakavesikouruja alaspäin.
5. Asennetaan lamellipakat.
6. Vedetään johtolinjat.

Jakolaatikkojen vaihdot ja vesikourujen siirto vaativat raakaveden pumppauksen pysäyttämistä. Käyttökatoja tulee vähintään kolme, mutta ne ovat aika pieniä ja ylävesisäiliö riittää kattamaan kulutuksen kulutushuippuja lukuun ottamatta. Lisäksi suodatusaltaat pitää pysäyttää ja suojata vähäksi ajaksi yksi tai kaksi kerrallaan, jos tehdään läpivientejä vesikouruille.

Muita vaihtoehtoja

Allas täytyy joka tapauksessa kokonaan tyhjentää ja sisärakenteet purkaa. Vaihtoehtoja on tarjolla lähinnä veden siirtoon ja lietteen poistoon.

veden siirto

Vesi voidaan siirtää jakolaatikoille pumppaamalla, jolloin jakolaatikkoa ei tarvitsisi siirtää eikä laskea alas. Pumppua varten pitää kuitenkin rakentaa altaaseen säiliö. Säiliön tehtävänä on tasata vesivirtaa ja varmistaa että pumpulla on aina pumpattavaa. Itse pumppu voidaan upottaa säiliön pohjalle. Sopiva säiliö voisi olla suorakulmaisen särmiön muotoinen, ulkomitoiltaan 1,0 x 2,3 metriä ja seinämän paksuudeltaan 20 senttimetriä. Tällöin säiliön ala olisi 1,5 m² ja tilavuus 6 m³. Tämä tilavuus takaisi pumpulle 54 sekuntia säätöaikaa eli pumpun olisi reagoitava säätöön 54 sekunnissa tai säiliö tyhjenisi. Käytännössä pumpun olisi reagoitava paljon nopeammin, jotta säiliön pinnankorkeus pysyisi osapuilleen samana. /5/

Pumpuksi valitaan todennäköisesti upotettu sentrifugaalipumppu, joka käy sähköllä ja varustetaan taajuusmuuttajalla. Tässä tapauksessa nostokorkeudeksi muodostuisi noin 5 metriä ja maksimivirtaama olisi tietysti 200 m³/h. Tällöin potentiaalienergian muutos olisi:

$$E = \rho gh = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ m} = 49\,050 \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$$

Tunnissa pumpattaisiin 200 kuutiota, joten vaadittava teho olisi 2,7 kW. Jos laitos pyörisi vaikka 80 prosentilla maksimikapasiteetista ympäri vuorokauden, olisi sähkönkulutus 19 100 kWh vuodessa. Voidaan myös asentaa kaksi pienempää pumppua. Tällöin investointi on suurempi, mutta energiassa saavutetaan säästöä, koska säätövaraa on enemmän kun pumppuja voidaan käyttää yksin tai kaksi rinnakkain. /5/

lietteen poisto

Tässä voidaan välttää altaan pohjan muotoiluun vaadittavia suuria investointeja. Perinteisen tyhjennysyhteen sijasta voidaan hyödyntää esimerkiksi lappoon perustuvaa Siphon Z6600 lieteimuria. Tässä menetelmässä altaaseen asennetaan useita pystyputkia, joita pitkin liete imetään lietesäiliöön tai poistokouruun. Ajavaksi voimaksi muodostuu lietepatjan ja lopullisen purkupaikan välinen korkeusero, koska menetelmä perustuu lappoon eli sifoni-ilmiöön. Tällöinkin tulee käyttää jotakin menetelmää, vaikkapa lietelaahainta lietteen saamiseksi putkien imusuiden läheisyyteen. /8/

Apuenergiat

Veden pumppaamiseen tarvitaan sähköä noin 19 000 kWh vuodessa. Lietteen siirtoon tarvitaan myös jonkin verran sähköä. Lisäksi Siphon Z 6600 –järjestelmä saattaa tarvita paineilmaa virtaaman säätelyyn. Automaattisista venttiileistä kannattaa myös tehdä paineilmatoimisia, koska muutkin venttiilit ovat sellaisia ja putket ja laitteet ovat jo olemassa. /5/

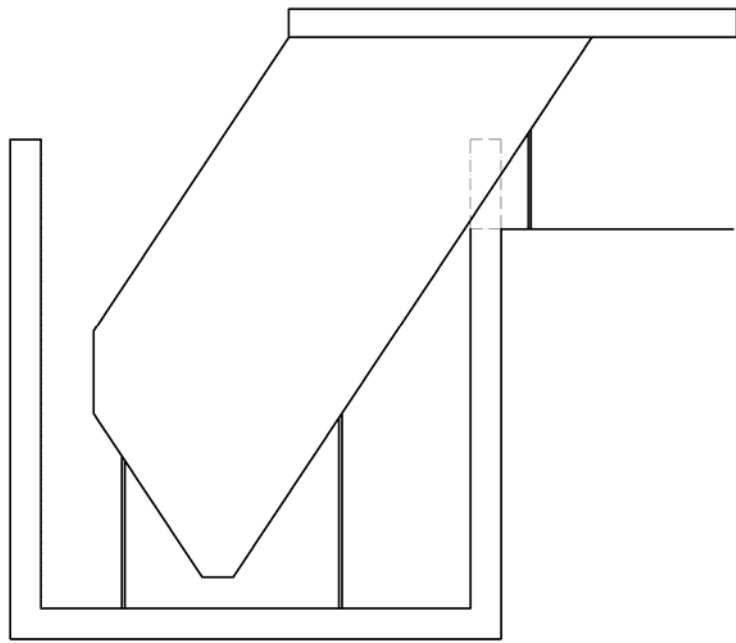
6.2 Osaselkeytys

Osaselkeytyksessä osa vedestä ohjataan selkeytykseen ja sen jälkeen suodatukseen, loput ohjataan suoraan suodattimille. Etuna on se, että vesi voidaan siirtää painovoimaisesti jakolaatikkoon.

Laitteisto

Altaaseen B asennetaan kaksi Johnson Lamella 100 neliömetrin LS-lamelliselkeytintä ilman flokkaussäiliötä. Selkeyttimien yläreunat kohoavat niin korkealle, että kirkaste voidaan johtaa kouruilla suoraan käytävän yli jakolaatikkoon. Tosin kouru tulee tällöin noin 160 senttimetrin korkeudelle lattiasta ja haittaa näin liikkumista. Kouru merkitään kirkkailla väreillä huomaamisen helpottamiseksi. Jos käytävän kautta on tarkoitus siirtää isoja esineitä, voidaan osa kourusta tehdä tavallisin työkaluin purettavaksi. /8/

Ikävä kyllä sovitus on hyvin tiukka eikä tule onnistumaan ilman pieniä muokkauksia. Joko selkeyttimen rakenteita muokataan vähän tai altaan rakenteita puretaan tai piikataan riittävästi. Esimerkiksi altaan reunasta, joka nousee lattiataason yläpuolelle, lohkaistaan pala pois, kuten periaatekuvassa 15 on esitetty.



Kuva 15. Lamelliselkeytin läpäisee muurin yläreunan ja tuetaan ja allassalin lattiaan.

Selkeyttimien lisäksi tarvitaan vähintään 30 kuution väliallas selkeyttimille tulevan veden esihämmennykseen. Tähän voidaan käyttää altaassa A vapaana olevia tiloja.

Teho

Selkeytyspinta-ala on 200 m^2 . Ohjeellisella pintakuormalla $0,5 \text{ m/h}$ voidaan selkeyttää siis $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Jos oletetaan että selkeytyksellä pystytään poistamaan 80 prosenttia raudasta ja puolet vesimäärästä käsitellään, pienenee suodattimien kuorma kaikkiaan 40 %.

Lisätarvikkeet

Liete kerätään, ja poistuu automaattisesti selkeyttimiin sisäänrakennetulla järjestelmällä, joten se ei tarvitse lisälaitteita pyörivää lietekaavinta lukuunottamatta. Sen sijaan esikäsitteily vaatii apulaitteita. Vesi pitää siirtää hämmennysaltaasta korkeampaan asemaan lamelliselkeyttimen huipulle, joten

tarvitaan pumppaus. Lisäksi vettä pitää hämmentää. Se tehdään joko rakentamalla altaaseen osittaisia väliseiniä tai asentamalla altaaseen sekoittimia.

Apuenergiat

Sähköä tarvitaan veden pumppaamiseen, mahdollisiin hämmentimiin ja lietekaapimiin. Pumppauksessa nostokorkeutta vaaditaan 1,5 metriä ja virtaamaa 150 – 200 m³/h. Kohdassa 5.1.5 (Veden siirto) esitetyllä tavalla sähköenergiaa tarvittaisiin 150 kuution tuntivirtaamalla noin 5400 kWh vuodessa.

Esihämennykseen sijoitetaan 3 potkurihämmennintä, joiden halkaisija on 1 metri. Ne pyörivät yhden kierroksen kolmessa sekunnissa. Nämä arvot voidaan sijoittaa kaavaan 18 hämmennyksen tehontarpeen arvioimiseksi.

$$P = k \cdot \eta \cdot n^2 \cdot D^3 \quad (18)$$

Kolme mainitunlaista sekoitinta vaatisi noin 120 kWh/a. Lietekaavin voitaneen käsittää turbiinisekoittimeksi, jolla on hyvin hidas pyörimisnopeus. Se kuluttaa kaavalla 18 arvioituna noin 460 kWh/a.

6.3 Huuhteluveden selkeytys

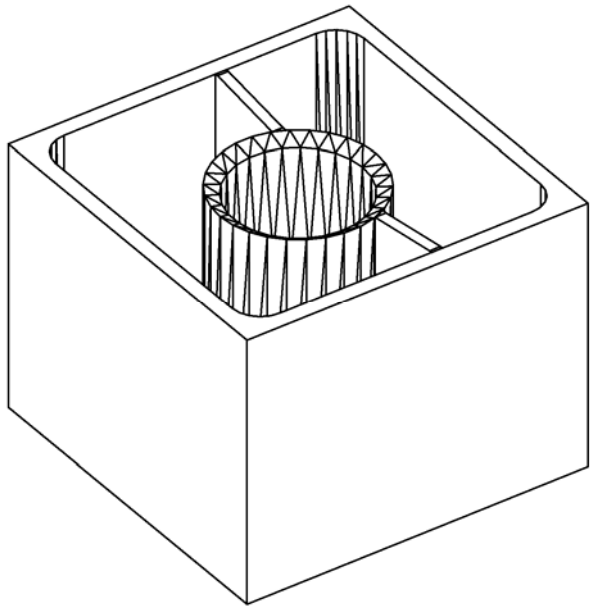
Huuhteluveden selkeytys voidaan toteuttaa yksinomaan A-altaan tiloissa. Tarvittavat muutostyöt ovat aika vähäisiä.

Laitteet

Tässä vaihtoehdossa voidaan käyttää betonialtaaseen sijoitettavia LP-pakkoja. Sopiva olisi esimerkiksi noin 60 senttimetriä leveä ja kolme metriä pitkä pakka, jossa on 3 metriä pitkiä lamelleja 60 asteen kulmassa ja 5 senttimetrin välein. Tällaisella laitteella saadaan pinta-alaa noin 57 neliometriä. 60 neliometriä on tavoite, ja se on saavutettavissa parilla lisälamellilla. /21/ Vaihtoehtoinen laite voi olla Johnson Lamella -merkinen LT-tyyppinen selkeytin. Tämä laite voi kooltaan olla maksimissaan 40 neliometriä. /8/

Järjestelyt

Kuvassa 16 on kuva A-altaasta. Allas on jaettu väliseinällä kahteen osioon. Näistä vasemman puoleinen eli isompi on tässä osio 1. Pienempi, oikean puoleinen allas on osio 2.



Kuva 16. A-allas kolmiulotteisena periaatepiirroksena

Lamellipakka asennetaan osioon 2 ja huuhteluvedet ohjataan osioon 1. Osion 1 tilavuus on noin 80 m^3 , joten se pystyy vastaanottamaan koko huuhteluvesimäärän kerralla. Tästä se siirretään pienillä pumpuilla väliseinän toiselle puolelle toisen osion pohjalle. Vesi nousee ylöspäin läpi lamellipakan, ja kerätään avokouruilla keskuslieriöön, mistä se pumpataan prosessiin, esimerkiksi jakolaatikkoon.

LT-mallia käytettäessä on laite sijoitettava osioon 1, koska se ei mahdu pienempään osioon. Keskuslieriö on myös purettava. Tällöin vesi kerätään pienempään altaaseen ja pumpataan sieltä selkeyttimen flokkaussäiliöön. Vesi kulkee lamellien läpi normaaliin tapaan ja kerätään kouruilla keskuslieriön jäännöksiin tai osioon 2 rakennettuun tasausaltaaseen ja pumpataan sieltä eteenpäin.

Aikataulu

Huuhtelut järjestetään tasaisin välein ympäri vuorokauden. Kuvassa 17 on kuvattu kaksi eri järjestelyä.

21	22	23	0	1	2	3	21	22	23	0	1	2	3
20						4	20						4
19						5	19						5
18						6	18						6
17						7	17						7
16						8	16						8
15	14	13	12	11	10	9	15	14	13	12	11	10	9

Kuva 17. Kaksi eri mallia huuhteluiden aikatauluttamiseksi. Koko kehä edustaa vuorokautta ja keltaisella merkittyinä aikoina suoritetaan huuhtelu.

Vasemmanpuoleinen kuvio soveltuu käytettäväksi, kun huuhteluvesi varastoidaan osioon 1 ja selkeytetään lamellipakalla osiossa 2. Keltaisella merkittyinä tunteina tapahtuu huuhtelu, joten huuhteluiden väliin jää viisi tuntia. Selkeyttimen pinta-alan ollessa 60 m^2 saadaan virtaamalla $30 \text{ m}^3/\text{h}$ aikaan $0,5 \text{ m/h}$ pintakuorma. Koska käsittelyaika on 5 tuntia, on kokonaisvirtaama 150 m^3 . Näin ollen 80 kuution huuhteluvesimäärä pystytään pumppaamaan miltei kaksi kertaa lamelliselkeytyksen läpi. Vaihtoehtoisesti voidaan pienentää virtaamaa ja kierrättää huuhteluvesi vain kerran selkeytyksen kautta. Tällöin virtaus on viidesosa 80 kuutiosta eli $16 \text{ m}^3/\text{h}$.

Oikealla puolella oleva kuvio kuvaa tilannetta, jossa vettä otetaan talteen A-altaan pienempään osioon ja se käsitellään isompaan osioon sijoitetulla LT-selkeyttimellä. Koska tasausallas on puolet pienempi, on huuhteluita tehtävä kaksi kertaa useammin eli jokainen suodatin huuhdellaan kahdesti vuorokaudessa. Huuhteluvesimäärä on 40 m^3 ja se pumpataan 40 neliömetrin suuruisen selkeytyksen läpi virtaamalla $20 \text{ m}^3/\text{h}$.

Kaikki eri mahdollisuudet on koottu taulukkoon 9.

Taulukko 9. Eri ajomahdollisuudet huuhteluveden selkeytyksessä

	Huuhteluita vuorokaudessa	Huuhteluvesimäärä	Selkeytyspinta-ala	Virtaama	Kiertoja	Pinta-kuorma
LP- pakka	4 kertaa	80 m^3	60 m^2	$16 \text{ m}^3/\text{h}$	1 kpl	$0,3 \text{ m/h}$
	4 kertaa	80 m^3	60 m^2	$30 \text{ m}^3/\text{h}$	2 kpl	$0,5 \text{ m/h}$
LT-selkeytin	8 kertaa	40 m^3	40 m^2	$20 \text{ m}^3/\text{h}$	1 kpl	$0,5 \text{ m/h}$

Teho

LT-selkeyttimellä päästään pintakuorman 0,5 m/h kuten myöskin LP-pakalla. LP-pakalla on kuitenkin edullisempaa kierrättää vesi vain kerran pintakuormalla 0,3 m/h. Lisäksi on epäselvää, saadaanko kahdesta samanlaisesta sarjassa ajetusta selkeytyksestä mitään lisähyötyä. Voidaan kuitenkin ajatella, että niissä käytettäisiin eri määrä tai erilaista apuainetta.

Laitoksella tehdyissä laskeutuskokeissa on kuitenkin osoitettu, että huuhteluedessä oleva sakka ei laskeudu riittävästi ilman flokkauksen apuaineita.

Apuenergiat

Molemmat tavat huuhtelueden selkeyttämiseksi vaativat pumppausta. Vesi pitää pumpata huuhtelueden välialtaasta selkeytykseen ja sitten selkeytyksestä takaisin prosessiin. Pumppujen tietoja on koottu taulukkoon 10.

Taulukko 10. Huuhtelueden selkeytyksessä tarvittavat pumppaukset

		Nostokorkeudet			
Selkeytys	Virtaama	Selkeyttimelle	Prosessiin	Käyttöaika	Energia
LP	16	5	4	20	2900
LT	20	5	4	16	2900
	m ³ /h	m	m	h	kWh

Huuhtelueden selkeytys tarvitsee välttämättä apuaineen flokkien muodostukseen. Ulvilassa käsitellään raakavettä, jonka rautakuormitus on yhtä suuri tai suurempi kuin Nokiolla. Ulvilan kapasiteetti on 67 prosenttia Nokian kapasiteetista joten Nokiolla kuluisi apuainetta $\frac{1}{0,67} \approx 1,5$ kertaa enemmän. Ulvilassa PIX-322 kulutus on 15 tonnia vuodessa (50 % liuos) eli Nokiolla tarvittaisiin 23 t/a.

Selkeytyksen ongelma

Huuhteluveden selkeytykseen liittyy eräs ongelma, joka käy selvästi ilmi kuvasta 18.



Kuva 18. Maatialan huuhteluvettä eri laskeutusvaiheissa

Kuvassa 17 on huuhteluvettä, jonka on annettu seistä vasemmalta lukien: 0 minuuttia, 7 minuuttia, 15 minuuttia ja 25 minuuttia. Kuten kuvasta huomataan, tässä suhteellisen lyhyessä ajassa ei saavuteta laadultaan hyväksyttävää kirkastetta. Toisin sanoen pintavesi on yhä kellertävän ruskeaa ja melko sameaa, eikä sitä voida syöttää prosessiin, koska tällainen vesi vain lisäisi suodattimien kuormaa entisestään. Edes kahden vuorokauden mittainen laskeutusaika ei tuottanut riittävää selkeytymistä.

Silti vedessä on myös hiukkasia, jotka laskeutuvat nopeasti. Seitsemän minuutin ajan selkeytyneessä vedessä (toinen kuva vasemmalta) nähdään pohjalla jo aivan selvä liete kerros. Ongelma on siis se, että sakkaa laskeutuu merkittäviä määriä jo huuhteluveden tasausaltaassa eikä pelkästään lamelliselkeytyksessä.

Ongelma voidaan ratkaista niin, että varustetaan kummatkin altaat lietteen poistolla. Liette halutaan kuitenkin poistaa mahdollisimman tiivistyneenä hukkavesien minimoimiseksi ja mainitussa systeemissä osa tehosta menetetään. Parasta olisi, että kaikki liete kerääntyisi yhteen altaaseen ja saisi tiivistyä riittävästi ennen poistoa. Lisäksi on tietysti edullisempaa asentaa vain yksi lietteenpoisto.

Toinen ratkaisu on se, että ei päästetä lietettä laskeutumaan, vaan luodaan säiliöön sekoittimilla niin voimakkaita ylös suuntautuneita virtauksia, että rautasakka pysyy

suspendoituneena. Tämä vaatii tietysti enemmän energiaa ja lisää käyttökustannuksia.

6.4 Mallien kustannusten vertailu

Kustannukset koostuvat itse laitteen tai laitteiden hinnasta, työn hinnasta ja käyttökustannuksista. Tässä esitetään taulukko 9, jossa on havainnollistettu eri mallien kustannuksia. Laitteiden hinnat ovat aika tarkat, mutta hintakehitystä ei ole huomioitu. Yleinen trendi on selvästi, että sekä laitteiden että työn hinta on nousemassa. Kaiken kaikkiaan tämä on karkea suuntaa antava arvio.

Taulukko 9. Eri laitteistojen hankintahintoja

Malli	Laitteisto	Hinta
Kokoselkeytys	Standardi LP-pakat, 80 m ² 4 kpl	200 000
Osaselkeytys	Standardi LS-selkeyttimiä, 100 m ² , 2 kpl	120 000
Huhteluveden selkeytys	LP- pakka, 60 m ² tai LT, 40 m ²	50000

Lamellien materiaalina on laskelmissa käytetty PVC-muovia. Ruostumaton teräs on kalliimpaa ja hinta nousee 20 – 30 prosenttia.

Käyttökustannukset muodostuvat lähinnä pumppauksiin, kaapimiin ja hämmentimiin tarvittavasta sähköenergiasta ja mahdollisista apuaineista. Laskelmissa on sähkön hintana ollut 5 snt/kWh ja flokkausaineen hintana PIX-322 hinta 200 €/t. Taulukossa 12 on esitetty eri vaihtoehtojen käyttökustannukset. /6/

Taulukko 12. Eri mallien käyttökustannukset ja niiden koostumus

Malli	Energiat	Hinta €	Yht. €
Kokoselkeytys	Pumppaus, 19 500 kWh/a	975	990
	Lietteen siirto, 200 kWh/a	10	
Osaselkeytys	Pumppaus, 5 400 kWh/a	270	300
	Hämmennys, 120 kWh/a	6	
	Kaavin, 460 kWh/a	23	
Huhteluveden selkeytys	Pumppaus, 2 900 kWh/a	145	4780
	Sekoitus, 480 kWh/a	9	
	Kaavin, 460 kWh/a	23	
	Apuaine, 23 t/a	4600	

On huomattava, että koko- ja osaselkeytyksen kustannuksissa ei ole huomioitu flokkauksen apuaineita, vaikka on epävarmaa, tullaanko ilman niitä toimeen. Taulukkoon 13 on koottu kustannusten vertailu.

Taulukko 13. Eri vaihtoehdot järjestyksessä edullisimmasta kalleimpaan

Alkuinvestoinnit	Käyttökustannukset	Muutostyöt	
Huuhteluveden selkeytys	Osaselkeytys	Huuhteluveden selkeytys	Edullisin
Osaselkeytys	Kokoselkeytys	Osaselkeytys	
Kokoselkeytys	Huuhteluveden selkeytys	Kokoselkeytys	Kallein

Seuraavaksi on arvioitu eri vaihtoehdoista koituvia hinnankorotuspaineita taulukkoon 14.

Taulukko 14. Vaihtoehtojen vaikutus talousveden kuluttajahintaan

Malli	Investointi	Vuotuiset käyttökustannukset	Yht.	Päivässä	Per m3	Uusi hinta
Kokoselkeytys	200 000	990	209 900	57,51	0,02	1,25
Osaselkeytys	120 000	300	123 000	33,70	0,01	1,23
Huuhteluveden selkeytys	50 000	4 780	97 800	26,79	0,01	1,23

Kaikki luvut ovat euroja. Laskelmissa on laitteiden eliniäksi arvioitu kymmenen vuotta, joten katettavana ovat myös kymmenen vuoden käyttökustannukset. Vastaavasti hinnankorotus on laskettu tehtäväksi kymmenen vuoden ajaksi ja Vesilaitoksen odotetaan laskuttavan kaikkiaan 4500 kuutiometristä päivittäin. Korotus on varsin marginaalinen 1 - 2 senttiä kuutiolta. Laskelmissa ei ole huomioitu työn osuutta, mutta oletetaan, että se voi korkeintaan kaksinkertaistaa vesikuution hinnan korotuksen.

7 SUOSITUS

Suositus on kaksiosainen. Ensin suosittelen mallia, jonka arvioin parhaaksi kokemuksieni ja saamieni tietojen pohjalta. Toisessa osassa suosittelen jatkotoimenpiteitä, jotka tulisi ottaa huomioon ennen kuin varsinaisessa asiassa edetään.

7.1 Paras malli

Suosittelen että Maatialassa suunnitellaan toteutettavaksi huuhteluveden selkeytys lamelliselkeyttimellä ja flokkauksen apuaineita käyttäen. Systeemi voi olla tähän alustavaan yleissuunnitelmaan pohjautuva tai muunlainen. Sillä on kuitenkin voitava selkeyttää kaikki huuhteluvesi kahden huuhtelun välisenä aikana niin hyvälaatuiseksi, että se voidaan palauttaa prosessiin. Painotan erityisen huomion kiinnittämistä riittävän suuriin tasaussäiliöihin.

Selvin perustelu tälle vaihtoehdolle on yksinkertaisesti sen edullisuus investointina. Vaihtoehdon käyttökustannukset tosin ovat suuremmat kuin minkään muun vaihtoehdon. Siitä huolimatta paineet veden hinnan korottamiseksi ovat pienimmät.

Menetelmä on halvin, lisäksi on helpoin ja nopein toteutukseltaan. Laitteisto saadaan rakennettua huomattavasti lyhyemmässä ajassa ja pienemmillä kustannuksilla kuin muut vaihtoehdot. Todennäköisesti töissä ei tarvitse edes turvautua ulkopuolisiin urakoitsijoihin.

Omasta mielestäni tärkein perustelu huuhteluveden selkeytyksen puolesta on se, että se säästää tilaa. Esiselkeytyksen toteuttaminen vaatisi kaiken vapaana olevan tilan Maatialan vesilaitoksesta ja mieluiten vielä vähän lisää. Huuhteluveden selkeytyksessä B-allas jäisi vielä koskematta, ja se olisi vapaana tulevaisuuden parannuksille. Pidän tätä tekijää tärkeänä etenkin nyt, kun lähitulevaisuudessa on odotettavissa muutoksia Kolmenkulman valmistuttua. Suuren liikealueen hulevesistä voi aiheutua odottamattomia vaikutuksia Nokian raakaveden laatuun. Näitä mahdollisia vaikutuksia ei tunneta eikä niihin voida myöskään varautua, mutta joka tapauksessa pitäisin kaiken tilakapasiteetin sitomista tässä vaiheessa yhteen projektiin lyhytnäköisenä. /3; 11/

Tässä työssä ei ole käsitelty lainkaan apuaineen varastointia ja sen ongelmia tai ratkaisuja. Ilman jatkoselvityksiä ei voida tietää, mikä on apuaineen menekki. Tässä vaiheessa ei myöskään voida ratkaista, mikä apuaine soveltuu parhaiten prosessissa käytettäväksi.

7.2 Jatkotoimenpiteet

Omasta mielestäni tämän työn suurin merkitys ja arvo on se, että tässä selviää mihin suuntaan nyt pitäisi kohdistaa tutkimusta, suunnittelua ja valmistautumista. Olen koko ajan ollut sitä mieltä, että flokkauksen apuaineita ei voida kokonaan sulkea pois ja itse asiassa huuhteluveden selkeytys onkin täysin mahdotonta ilman niitä. Työssä on arvioitu kannattavuutta niin, että apuaineita ei käytetä. Jos apuaineita käytetään, on ehkä mahdollista rakentaa pienempiä selkeyttimiä ja sallia suurempi pintakuorma. Tämän tekijän huomioonottamiseksi pidän järkevänä pilotprosessin käynnistämistä. Työn loppuvaiheessa sain ruotsalaiselta asiantuntijalta lausunnon, jonka mukaan veden kokoselkeytys kuvaamallani menetelmällä ei olisi järkevää. Hänen mielestään ainakin standardipakoilla saadaan parhaimmillaan vain noin puolet siitä pinta-alasta, jonka minä olen altaaseen sijoittanut. Jos kokoselkeytystä lähdetään kehittämään, tulee asia ehdottomasti tarkistaa kokeellisesti.

Flokkien muodostuminen on vahvasti riippuvaista veden kemiallisista tekijöistä. Kuvassa 19 on kaksi huuhteluvesinäytettä altaasta kaksi, jotka ovat laskeutuneet saman ajan.

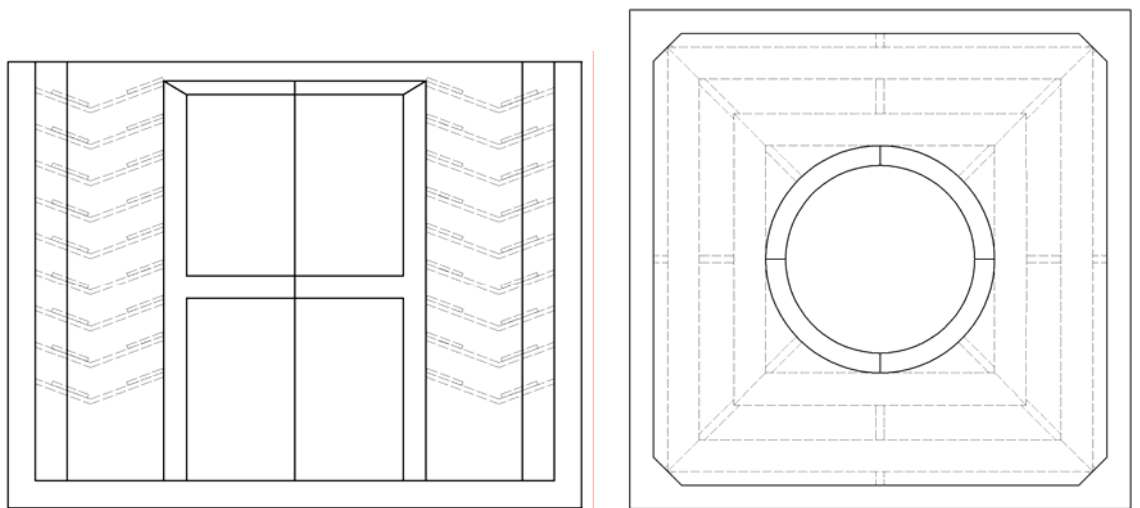


Kuva 19. Kaksi laskeutettua huuhteluvesinäytettä Maatilan uudesta suodattimesta 2

Vasemmanpuoleinen näyte on käsittelemätön. Oikeanpuoleisen näytteen pH säädettiin väkevällä rikkihapolla noin viiteen ennen laskeutusta. Kuvassa 19 laskeutusta on kestänyt 20 minuuttia, ja ero on jo selvästi havaittavissa. Ennen päätösten tekoa tulisi ehdottomasti määrittää flokkaustapahtuman olosuhteet. Jos apuaine on PIX-tuote, apuaine itsessään laskee veden pH:ta, jolloin määritetään optimiannostus. Jos se on jokin muu, määritetään annostus ja vaadittava pH:n säätö. Jos optimiannostus selvitetään useilla eri apuaineen väkevyyksillä, saadaan pelivaraa syötön suunnitteluun.

Tampereen ammattikorkeakoulussa on kätevä laboratoriomittakaavan flokkauslaitteisto, jolla voidaan tehdä kyseinen määrittäminen. Laitteiston käytöstä tutkintotyössä peritään nimellisloukko korvaus.

Työn aikana huomattiin, että vanha allas ei vastaa puhdistusteholtaan nykyaikaisia vaatimuksia. Eritoten altaan suodatusosuus vaikuttaa vajaatehoiselta. Ehdotan, että jossakin vaiheessa pohditaan, voitaisiinko suodatusyksikkö poistaa kokonaan käytöstä ja ottaa allas pelkästään laskeutuskäyttöön. Ympäröivään altaaseen voitaisiin helposti asentaa lamelleja ”lapeelleen” kuvan 20 esittämällä tavalla.



Kuva 20. Yksi mahdollinen tapa lamellien asetteluun vanhaan altaaseen. B-altaan periaatekuva sivulta ja ylhäältä.

Muutoin allas olisi samanlainen kuin ennenkin eli pystysuuntainen kontaktiselkeytys. Lamellien ansiosta lisäpinta-alaa saataisiin helposti vaikkapa 60 neliometriä ja virtaamaa voitaisiin nostaa. Selkeytetty vesi palautettaisiin jakolaatikkoon suodatusta varten.

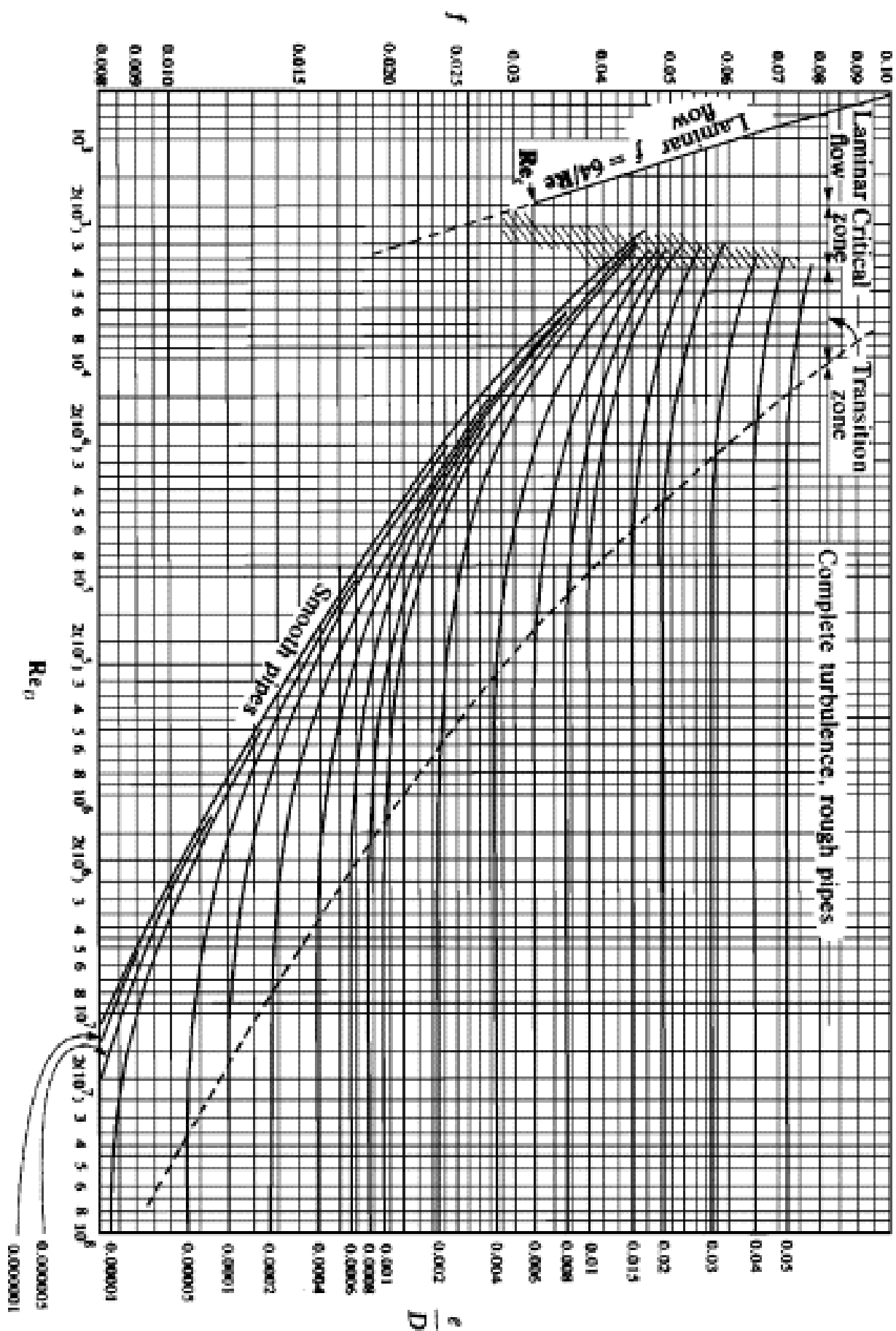
Lähteet

- 1 Handbook of Public Water Systems, HDR Engineering Inc. John Wiley & Sons Inc. New York, 2001
- 2 Hartman, Jaakko, Sähköpostikirjeenvaihto Nokian kaupungin edustajan kanssa, 2006, Aihe: Kaavoitus Nokialla
- 3 Häkkinen, Kimmo, Kolmenkulma kutsuu – Hajuheinä ja hulevedet selvitetään, Nokian Uutiset, Keskiviikko, 25.1. 2006
- 4 Karttunen, Erkki, RIL 124-1, Vesihuolto I. SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL r.y. Helsinki, 2003
- 5 Karttunen, Erkki, RIL 124-1, Vesihuolto II. SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL r.y. Helsinki, 2003
- 6 Ketola, Leena, Sähköpostikirjeenvaihto Nokian kaupungin edustajan kanssa, 2006, Aihe: Vedenkulutus Nokialla
- 7 Kärki, Salla, Myllypuron riskikartoitus. Ympäristövalvonnan julkaisuja 1/2005, Tampereen kaupunki
- 8 Laitinen, Iina, Sähköpostikirjeenvaihto Vodapro Oy:n edustajan kanssa, 2005 – 2006 Aihe: Johnson Lamella -selkeyttimet
- 9 Lehr, Jay H. – Keeley, Jack, Water Encyclopedia: Domestic, Municipal and Industrial Water Supply and Waste Disposal. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2005
- 10 Lehr, Jay H. – Keeley, Jack, Water Encyclopedia: Water Quality and Resource Manacement. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2005
- 11 Lehtonen, Marika, Kolmenkulman jätevedet vaarantavat Nokian raakaveden, , Aamulehti, Tiistai 24.1. 2006
- 12 Maatialan prosessimuutoksen yleissuunnitelma, Tritonet Oy.
- 13 Maatialan prosessimuutoksen piirustukset, Tritonet Oy
- 14 Maatialan prosessin toimintaselostus, Tritonet Oy
- 15 Mäkinen, Minna, Nokian kaupungin vesihuollon kehittämissuunnitelma, 2004
- 16 Nokian Maatialan vesilaitoksen käyttötarkkailu ja prosessivalvonta, Maatialan vesilaitoksen laboratorio.

- 17 Nokian Maatilan vesilaitoksen käyttövalvontatutkimukset, KOKEMÄENJOEN VESISTÖN VESIENSUOJELUYHDISTYS ry, laboratorion testausselostet 2000 – 2005
- 18 Vesihuoltotekniikan yksikköoperaatiot ja yksikköprosessit – Osa I: vedenhankinta, Peltokangas, J. – Heinänen, J. – Viitasaari, M. Tampereen teknillinen korkeakoulu, 1991
- 19 Soveri et. al., 2001, Pohjaveden kemiallinen laatu, SYKE:n seuranta 1975 – 1997
- 20 Soveri, Jouko – Mäkinen, Risto - Kimmo Peltonen, Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975 – 1999. Suomen ympäristö 420, 2001
- 22 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista (461/2000)
- 21 Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000, Vesi- ja viemärilaitosyhdistys, Kuntaliitto, Helsinki 2000
- 23 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (401/2001)
- 24 www.tilastokeskus.fi,lainattu 24. 4. 2006

Liitteet

- | | |
|---------|--|
| Liite 1 | Moodyn käyrästä |
| Liite 2 | Raportti vierailusta Ulvilan vesilaitokselle |
| Liite 3 | Raportti vierailusta Rauman vesilaitokselle |



Veli-Ville Vihersalo

RAPORTTI

3.3. 2006

Vierailu Ulvilan vesilaitokselle

Aika: 2.3. 2006

Paikka: Ulvilan vesilaitos, Ravanintie 304, Ulvila

Esittelijä: Ari Kaunisto, vesilaitoksen johtaja

Lamelliselkeytys Ulvilan vesilaitoksen prosessissa

Yleistä

Vierailin Ulvilan vesilaitoksella osana tutkintotyötäni. Pyrin selvittämään miten ja millaisissa oloissa he ovat hyödyntäneet lamelliselkeytintä ja minkälaisia kokemuksia heillä on sen käytöstä. Ari Kaunisto otti minut ystävällisesti vastaan vaikka saavuin ikävä kyllä muodikkaasti myöhässä. Hän kierrätti minua laitoksella, selosti ystävällisesti prosessin kulun ja antoi materiaaliksi havainnollisia printtejä valvontajärjestelmästä.



Kuva 1

Laitos

Laitos on kokonaan uusi ja otettu käyttöön tammikuussa 2000. Se rakennettiin parin kilometrin päähän vanhasta vesilaitoksesta, joka oli hidassuodatus/imeytys -laitos. Vuonna 1998 aloitettiin kokeet prosessin optimoimiseksi jolloin uudelle laitokselle johdettiin raakavettä tilapäisiä linjoja pitkin. Vettä pumpataan verkostoon noin 2000 kuutiota päivässä.

Automatisointi on toteutettu siten että ylavesisäiliön pinta hallitsee pumppausta verkostoon ja alavesisäiliön pinta hallitsee raakaveden pumppausta kaivoista. Laitos käy kun vesitornin vesitilavuus laskee alle 75 prosentin eli siis osapäiväisesti. Yöllä torni täytetään 93 prosenttiin.

Vesivarat

Käytössä on kaikkiaan seitsemän raakavesikaivoa, jotka sijaitsevat eri puolilla pitäjää, osa kilometrien päässä vesilaitoksesta. Kaivojen vedenlaatu vaihtelee, mutta ne ovat pääosin hyvää pohjavettä, jota vaivaa joskus suuri mangaani- tai rautapitoisuus. Esimerkiksi kaivosta 1 löytyi viime tutkimuksessa 3,5 mg/l rautaa ja 0,6 mg/l mangaania ja kaivossa 6 oli 1,3 mg/l mangaania. Kaivojen käyttöä vuorotellaan niin että raakaveden kokonaiskuormittavuus on osapuilleen tasainen. Lisäksi laadultaan heikoimpia kaivoja otetaan käyttöön viimeisenä, mikä myös pienentää kuormitusta.



Kuva 2

Prosessi

Prosessi koostuu flotaatiosta, hiekkasuodattuksesta ja selkeytyksestä. Raakavesi kulkee ensin kaksivaiheisen flotaatioilmastuksen läpi.



Kuva 3

Kummankin flotaatioaltaan tilavuus on 55 m^3 . Sen jälkeen vesi johdetaan sekoitussäiliöön ja sieltä suodatukseen jatkuvatoimisilla DynaSand-suodattimilla. Suodattimia on 5 kappaletta ja niiden arvioitu läpimitta on noin 2 m.

Suodattimilta tuleva huuhteluvesi johdetaan lamelliselkeyttimeen, josta kirkaste palautetaan takaisin prosessiin sekoitussäiliöön. Suodattimilta puhdas vesi johdetaan 110 m^3 alavesisäiliöön ja sieltä edelleen verkostoon ja ylävesisäiliöön.

Kemikalointi prosessissa

Prosessi käytetään kaliumpermanganaattia, rautasulfaattia, natriumhydroksidia ja –hypokloriittia. Natriumhydroksidia käytetään pH:n säätöön ja permanganaattia raudan ja mangaanin hapettamiseen. Rautasulfaattia (PIX-322) käytetään lamelliselkeytyksessä ja natriumhypokloriitilla vesi desinfioidaan.

NaOH ja KMnO_4 lisätään alkuvaiheessa ennen flotaatioita. Rautasulfaattia lisätään juuri ennen lamelliselkeyttintä ja natriumhypokloriittia lisätään prosessin loppuvaiheessa.

Rautasulfaatti ja NaOH tulevat laitokselle 50-prosenttisina liuoksina ja ne laimennetaan 3 % vahvuisiksi ennen lisäämistä. Näin esimerkiksi 15 tonnin kuorma rautasulfaattia riittää noin vuodeksi.



Kuva 4

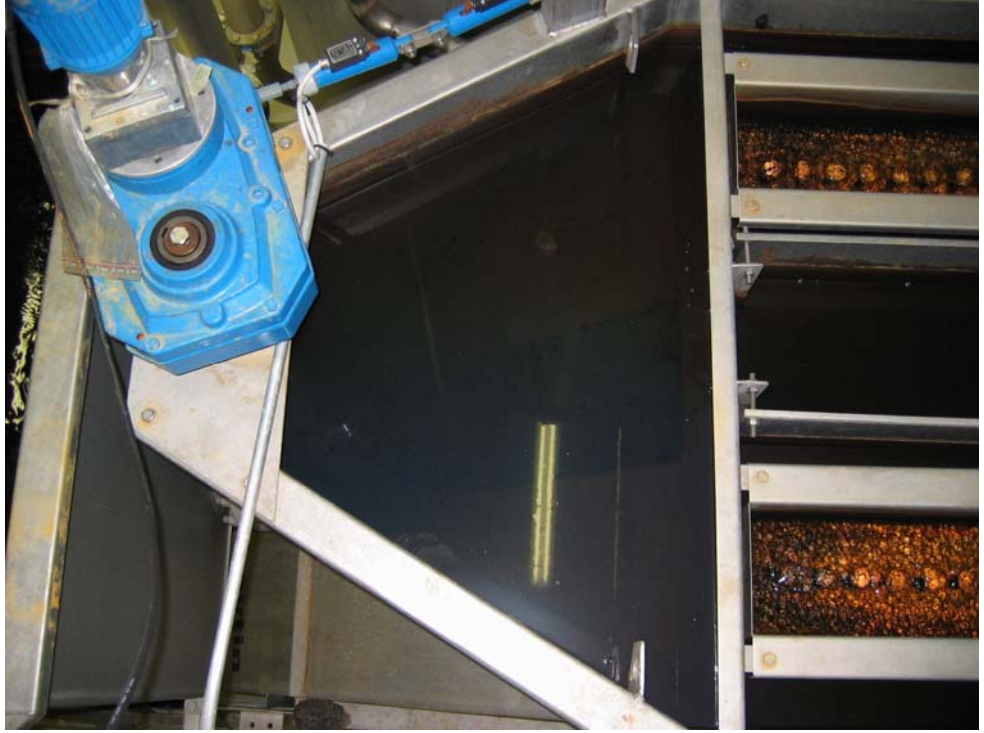
Lamelliselkeytys

Laitoksella on käytössä Johnson Lamella –lamelliselkeytin. Selkeytin on standardimalli, jossa on ensin sekoituksella varustettu flokkulaatiosäiliö ja sitten varsinainen lamelliosio. Pohjasuppilossa on kaavin lietteen keräämistä tehostamassa. Kirkaste tulee reikälevyjen kautta ja se kerätään kouruilla pienehköön tasaussäiliöön. Tasaussäiliö vähentää alttiutta virtaaman vaihtelun aiheuttamille häiriöille.

Flokkautumisen apuaineena on PIX-322 joka syötetään tuloputkeen ennen flokkauksensäiliötä.

Selkeytyksen tarkoitus on vähentää suodattimilta viemäriin sakan mukana menevää vesimäärää. Suodattimilta tulee selkeytykseen noin 240 kuutiometriä vettä ja selkeytyksestä viemäriin ja puhdistamolalle lähtee vain 2,0 – 2,5 kuutiometriä päivässä.

Lamelliselkeytin ei ole tukkeutunut eikä vaatinut merkittävää huoltoa koko käyttöaikana.

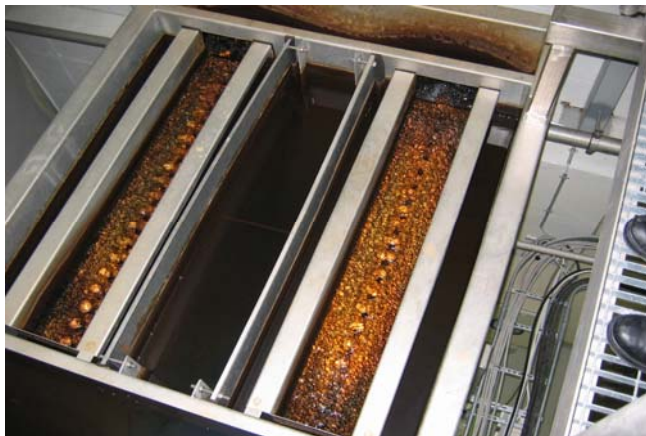


Kuva 5

Mitä opittiin?

Laitoksella on kemikaalien sekoituksessa käytössä sekoitusputki. Siinä käytettiin aiemmin putkea jossa oli rihlat, mutta se oli altis tukkeutumiselle. Nyt käytössä on muoviset laipat, joihin on ryhmitelty reikiä: yksi isompi keskelle ja kymmenenmillisiä ympärille. Ratkaisu on osoittautunut toimivaksi.

Ilman lamelliselkeytintä kaikki suodattimilta tuleva pesuvesi menisi viemäriin. Nyt viemäriin joutuu noin prosentti siitä määrästä eli 99 prosenttia vedestä saadaan talteen, takaisin prosessiin ja verkostoon.



Kuva 6

Lamelliselkeytys on toimiva ja hyvä ratkaisu. Sen käyttökustannukset ovat hyvin pienet verrattuna hyötyyn ja menetelmän vaivattomuuteen. Miinuspuolena mainittiin vain tasaussäiliön pienuus. Suurempi säiliö auttaisi esimerkiksi käyttöhäiriöiden aikana.

Pitää myös muistaa että laitos on mitoitettu $3500 \text{ m}^3/\text{d}$ virtaamalle. Suodatuspinta-ala on yhteensä 25 m^2 , joten laskennallinen pintakuorma suodattimille on noin $8,3 \text{ m}^3/\text{h}$ mitoituusvirtaamalla. Nyt toimitaan miltei puolella siitä eli $2000 \text{ m}^3/\text{d}$ ja pintakuorma $3,3 \text{ m}^3/\text{h}$. Laitos ei toimi siis

täydellä kapasiteetillaan, mutta se ei kyllä myöskään käy ympärivuorokautisesti, joten virtaamaa voidaan nostaa pidentämällä käyntiaikaa.

Flotaatiosäiliöiden merkitys nykyiselle prosessille on melko epäselvä. Ne eivät lähteneet toimimaan laitoksen alkuperäisessä ylösajossa, eikä niitä saatu toimimaan tyydyttävästi mittavista kokeiluista huolimatta. Silti laitos tuottaa ilmeisen hyvää talousvettä ja toimii hyvin.

Kuvaluettelo	Kuva 1	Helmikuisen Ulvilan vesilaitoksen tienpuoleinen yläkulma.
	Kuva 2	Raakavesiputkia vesilaitoksella.
	Kuva 3	Flotaatioilmastus.
	Kuva 4	Tulevan raakaveden kemikalointi ennen flotaatiota. Tässä lisätään lipeää ja kaliumpermanganaattia.
	Kuva 5	Kuva lamelliselkeyttimestä. Vasemmassa reunassa on flokkaussäiliön seinämä, keskellä varsinaisen laskeutusosion vedenjakoalue ja oikealla kourut kirkasteen poisjuoksutukseen. Sinine moottori on lietekaapimen moottori.
	Kuva 6	Varsinainen laskeutusosa. Reiälliset kourut keräävät kirkasteen pois ja vievät sen laitteen alla olevaan tasaussäiliöön. Kourujen alla on lamellilevyjä. Reiät tasaavat virtausta. Kirkaste palautetaan prosessiin sekoitussäiliössä.
Lähteet		Käynnillä saadut printit ja DynaSand-esite www.ulvila.fi
Tekijä		Veli-Ville Vihersalo Simolankatu 25 C, 33270 TAMPERE 050 363 2177

Veli-Ville Vihersalo

RAPORTTI

3.3. 2006

Tutustumiskäynti Rauman vesilaitokselle

Aika: 27.2. 2006

Paikka; Rauman vesilaitos, Äyhöjärventie 16

Esittelijä: Timo Suomela, käyttöpäällikkö

Lamelliselkeytys Rauman vesilaitoksella

Yleistä Vierailin Rauman vesilaitoksella osana tutkintotyötäni. Sain hyvän vastaanoton käyttöpäällikkö Suomelalta, joka ystävällisesti näytti minulle laitosta ja kertoi prosessin toiminnasta. Hän vastaili kysymyksiini ja antoi myös Rauman Veden toimintakertomuksen vuodelta 2004.

Laitos Vedenpuhdistamo sijaitsee Äyhönjärven rannalla. Pystyselkeytysprosessi rakennettiin vuonna 1967 ja siihen lisättiin flotaatioprosessi 1982. Laitos automatisoitiin 1998 henkilökunnan toiveiden ja ehdotusten pohjalta. Prosessia käytetään klo 6.00 – 22.00, jolloin ylävesisäiliö täytetään sovittuun korkeuteen. Päivittäin verkostoon pumpataan noin 7300 kuutiometriä käsiteltyä vettä. Hiljattain laitos varustettiin varavoimakoneella.



Kuva 1

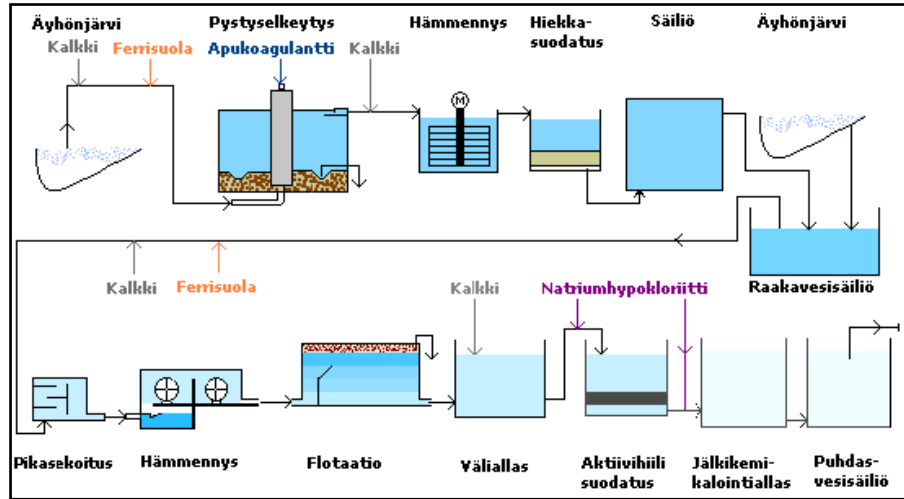
Vesivarat Laitos käyttää pintavettä raakavetenä. Vettä johdetaan Lapinjoesta ja/tai Eurajoesta läheiseen Äyhönjärveen, joka toimii samalla välialtaana. Lapinjoen vesi otetaan UPM-kymmenen ja Rauman kunnan yhteisesti omistamasta johdosta. Lisäksi Eurajoen vettä voidaan poikkeustilanteissa ottaa suoraan ilman että se kulkee raakavesialtaan kautta. Raakaveden kemiallinen hapenkulutus on noin 30 – 40 mg/l ja se sisältää poikkeuksellisen paljon mangaania. Vuonna 2004 raakavettä pumpattiin 2 979 079 m³ ja verkostoon pumpattiin 2 557 238 m³.



Kuva 2

Prosessi Raumalla toimii oikeastaan tavallaan kaksi erillistä prosessia. Vanhemmassa prosessissa on pystyselkeytys ja sen jälkeen hiekkasuodatus. Linjoja on kaksi ja sitten vedet yhdistetään hämmennysaltaaseen ja sen jälkeiseen välisäiliöön. Tätä prosessia ajetaan vakiokuormituksella 150 l/s eli 490 m³/h. Prosessilla tuotettu vesi käytetään seuraavan, uudemman prosessin raakavetenä.

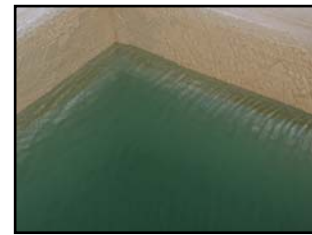
Uuteen prosessiin otetaan paitsi vanhassa prosessissa käsitelty vesi myös käsittelemätöntä raakavettä, koska se parantaa selkeytystä. Selkeytys tapahtuu flotaatioaltaissa ja sen jälkeen vesi suodatetaan aktiivihiehillä. Linjoja on yhä kaksi. Aktiivihiehiä vaihdetaan kuhunkin altaaseen n. 20 kuukauden välein.



Kuva 3

Kemikalointi prosessissa

Veden pH:ta säädetään kalkilla, jota lisätään jo raakavesiin ja flotaation välialtaaseen. pH:n nosto on tärkeää mangaanin hapettamiseksi. Selkeytyksen apuaineina ovat ferrisulfaatti (PIX115) ja polymeeri, jota käytetään erityisesti pystyselkeytyksessä. Mangaanin hapetukseen ja desinfiointiin käytetään natriumhypokloriittia. Lisäksi veden alkaliteettia säädetään hiilidioksidilla tarpeen mukaan.



Kuva 4

Pystyselkeytys

Pystyselkeytys on se yksikkö joka hyödyntää lamelleja. Alun perin prosessi oli pulsaattori, mutta siihen lisättiin 1974 lamellit olemassa olevaan altaaseen. Pulsaattori toimii niin että altaan keskikorkeuteen muodostuu lietsaostuma, joka virtaa altaan sivuilla oleviin keräystaskuihin. Näitä taskuja tyhjenetään kahdeksan yhteen kautta kaksi taskua kerrallaan. Lietteen poisto on automaattista ja se tapahtui vierailun aikaisessa käytössä niin, että 5 minuutin välein poistettiin lietettä 30 sekunnin ajan.

Selkeytysaltaita on kaksi ja niiden pituus on 10,3 m ja leveys (lamellialueen) 8,4 m. Silmämääräisesti arvioiden lamellien väli on noin 30 cm ja altaiden korkeus 3-4 metriä. Lamellit ovat muovia.



Kuva 5

Lamelleilla on taipumusta tukkeutumiseen etenkin kesäisin. Tällöin lamelli huuhdellaan niin, että veden pintaa altaassa ajetaan toistuvasti ylös ja alas. Sitkeät tukkeumat voidaan poistaa myös käsin letkulla ruiskuttamalla. Puhdistustarvetta ilmenee muutaman kerran vuodessa.

Mitä opittiin?

Puhdistustarve lamelleilla on yllättävän suuri. Se saattaa johtua siitä että lamelleja käytetään yhdessä pulsaattorin kanssa. Lisäksi veden lämpötilan vaihtelut vaikuttavat silminnähävästi puhdistustulokseen. Osaltaan siksi että kylmä vesi on tiheämpää, jolloin laskeutuminen on hitaampaa ja osaltaan tietysti siksi, että useimmat kemialliset reaktiot hidastuvat lämpötilan laskiessa. Tällainen vaihtelu on oleellisesti pienempää jos käytetään pohjavettä, jonka lämpötila on vakaampi kautta vuoden.

Vuonna 2004 raakaveden ja verkostoon pumpatun veden erotus oli 421 841

m^3 , joten hukkavettä oli $\frac{421841 m^3}{2979079 m^3} = 14 \%$. Tässä luvussa on

mukana prosessivesi sekä kaikki mahdolliset häviöt laitoksella. Vuonna 2005 sama luku oli 12 prosenttia, mutta siinä oli mukana vielä verkoston vuodotkin. Verkoston vuodot ovat suhteellisen pieniä, joten voidaan olettaa että luku kuvaa hyvin prosessiveden tarvetta.

Prosessi selvästikin toimii, koska laatusuosituksot saavutetaan. Permanganaattiluku on pysynyt hyvin tavoitearvossa eli noin 5 mg/l, eikä mangaanista ole ollut suurta haittaa. On tietysti vaikea päätellä mikä osuus lamelliselkeytyksellä on orgaanisen aineksen, raudan ja mangaanin poistossa ainekohtaisesti. Joka tapauksessa lamelliselkeyttimien on oltu tyytyväisiä vaikka se vanha onkin. Pieni suunnitteluvirhe on tullut siinä, että pystyselkeytykseen tuleva vesi jaetaan salin nurkasta. Vesi tulee pisteestä, mistä on eripituinen matka kahdelle altaalle ja näin ollen myös virtaama on erilainen.



Kuva 6

Kuvaluettelo	Kuva 1	Rauman vesilaitos Äyhönjärventieltä kuvattuna. Kuvassa erottuvat hyvin kemikaalisäiliöt.
	Kuva 2	Äyhönjärvi lumipeitteessä.
	Kuva 3	Laitoksen prosessi Rauman Veden WWW-sivuilla esitettynä.
	Kuva 4	Valmista kalkkiliuosta pH:n säätöön.
	Kuva 5	Kuva pystyselkeytsaltaasta.
	Kuva 6	Sakkaista lietettä poistetaan pystyselkeytyksen lietetaskuista.
Lähteet		Rauman Veden toimintakertomus 2004 www.rauma.fi/vesi
Tekijä		Veli-Ville Vihersalo Simolankatu 25 C, 33270 TAMPERE 050 363 2177