

KÄPPALAFÖRBUNDET

BRÄDDVATTENBEHANDLING



DESIGN STUDIE ACTIFLO

KRÜGER
VA-INGENJÖRERNA

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. ORIENTERING	4
1.1 MÅLSÄTTNING	4
1.2 DIMENSIONERANDE UPPGIFTER.....	4
2. ACTIFLO™ - PROCESSBESKRIVNING.....	6
2.1 PROCESSBESKRIVNING	6
2.2 PROCESSTEORI	8
3. ACTIFLO FÖR KÄPPALA RENINGSVERK	10
3.1 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH FÖRVÄNTAT RESULTAT	10
3.2 TEKNISK SPECIFIKATION	11
4. OMBYGGNADSBEHOV	18
4.1 BRÄDDVATTENBEHANDLING FÖR 3 M ³ /S	18
4.2 BRÄDDVATTENBEHANDLING FÖR 1,5 M ³ /S	19
4.3 BERGARBETEN	19
5. KOSTNADSANALYS AV OMBYGGNADSBEHOV	21
5.1 INVESTERINGSKOSTNADER	21
5.2 DRIFT OCH UNDERHÅLLSKOSTNADER.....	22
6. DRIFTFÖRHÅLLANDEN OCH MÖJLIGHETER.....	23
6.1 DRIFTFÖRHÅLLANDEN	23
6.2 MÖJLIGHETER	24
7. TIDPLAN	25
8. SAMMANFATTNING	26

FLIK

Flik 1	Processchema föreslagen drift 3 och 1,5 m ³ /s
Flik 2	Översiktsritning för 3 m ³ /s
Flik 3	Plan och sektion för 3 m ³ /s
Flik 4	Sektion av 3 m ³ /s inritad på äldre relationsritning
Flik 5	Översiktsritning för 1,5 m ³ /s
Flik 6	Plan och sektion för 1,5 m ³ /s
Flik 7	Sektion av 1,5 m ³ /s inritad på äldre relationsritning

1. ORIENTERING

VA-Ingenjörerna/Kruger har i de idéskisser för ett framtida Käppala som överlämnades i november månad 2009, redovisat Actiflo som en tänkbar lösning för långtgående behandling av bräddavloppsvatten.

Käppalaförbundet har uppdragit åt VA-Ingenjörerna/Kruger att arbeta fram en designstudie för hur Actiflo processen kan byggas kring de avställda sandfången. Uppdraget beskrivs i en uppdragsbeskrivning som är daterad 2010-03-21 och som har kompletterats i samband med ett möte på Käppala den 13/4.

1.1 MÅLSÄTTNING

Målsättningen med den nya processuppbyggnaden har formulerats av Käppalaförbundet.

Prestanda för behandlat bräddvatten ska enligt uppdragsbeskrivningen uppfylla:

Parameter	Förväntad reduktion
Totalfosfor	90 %
BOD ₇	70 %
Totalkväve	10 %

Vidare anges önskemål om att studien ska beskriva arbetsmiljö, lukt samt innehålla en detaljerad kostandsanalys för investering och drift.

1.2 DIMENSIONERANDE UPPGIFTER

Studien ska visa på en framtida processlösning som kan behandla maximalt 3 m³/s avloppsvatten. Avloppsvattnet förutsätts vara grovrensat.

Vid mötet den 13/4 diskuterades allmänt om utformning och drift av Actiflo. Det beslöts då att bräddning endast ska tillåtas ske vid ett minsta flöde om 0,5 m³/s. Det går relativt enkelt att magasinera avloppsvatten i tunneln och styra bräddningen så att fasta flöden om 0,5 m³/s och uppåt tillåts brädda. Fasta bräddflöden underlättar både design och drift av en Actiflo och leder även till än mer stabil och effektiv prestanda.

En eller två linjer diskuterades, studien ska redovisa alternativen med en eller två linjer.

Vid mötet diskuterades även följande:

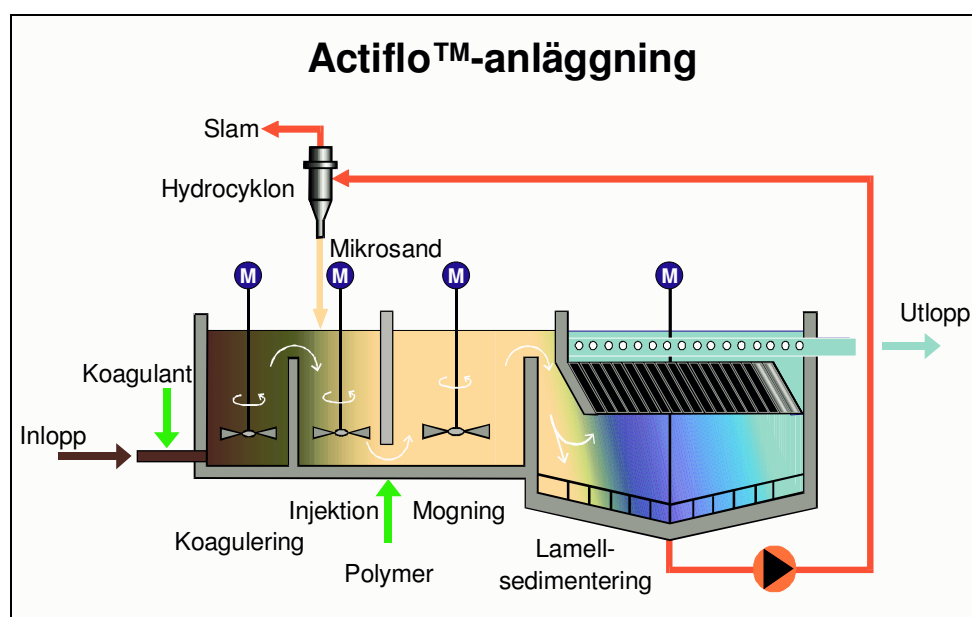
- Vid Käppala doseras idag tvåvärd järnsulfat. Dessa oxideras i luftningssteget till trevärt järn. Två värd järnlösning kan inte användas för kemfällning i Actiflo utan en föregående oxidering.
- Idag finns ett befintligt system för dosering av kemikalie mot microtrix i biosteget. Systemet bedömdes överdimensionerat för sin nuvarande tillämpning. Det beslöts att systemet istället används för att lagra och dosera trevärd järnklorid till bräddvattenbehandlingen. Befintligt system är komplett bestående av kemfickor samt styrt doseringssystem mm. Endast enklare nyläggning av doserledningar till Actiflo bedömdes därför komma att krävas.
- Katjonisk polymer finns att tillgå genom befintliga system. Till Actiflo brukar en anjonisk polymer oftast vara optimal. Studien upprättas med två alternativa lösningar för dosering av polymer. En komplettering av det befintliga katjoniska systemet jämförs med att anlägga ett helt nytt system för anjonisk dosering.
- Microsand hanteras preliminärt med storsäck.
- Det slam som bildas i processen leds till försedimentering. Anslutningspunkt är före en befintlig fördelningslucka för bioblocken. Slammängden kommer vid 3 m³/s maximalt att bli ca 400 m³/h med ett TS innehåll om ca 0,5 %.
- Sand från inkommande avloppsvatten kan komma att ackumuleras i den nya anläggningen. Actiflo kan därför behöva tömmas på sand vid sällsynta tillfällen. Sanden pumpas över till de nya sandfången eller till ett av de återstående sandfången för dekantering.
- Hydrauliken diskuterades. Det finns idag en bräddlucka som är placerad i en kanal efter rens-galler. Denna lucka kan regleras så att fasta bräddflöden avleds till bräddtunneln via en gammal kanal inunder förbindelsegång före de gamla sandfången. Detta bräddvatten saknar idag separat flödesmätning och provtagning.

2. ACTIFLO™ - PROCESSBESKRIVNING

Actiflo™ processen är ett kompakt system för kemisk rening av vatten, där mikrosand används som ett bärarmaterial vid flockbildning. Mikrosanden tillför en yta som ökar flockbildningen och den fungerar också som ballast eller vikt. Den sandbemängda flokken uppvisar unika sedimenteringsegenskaper, vilket tillåter en konstruktion med höga bräddflöden och korta uppehållstider. Resultatet blir en anläggning som upptar 5 till 20 gånger mindre yta än en konventionell reningsanläggning med samma kapacitet.

2.1 PROCESSBESKRIVNING

Actiflo™ processen är en patenterad process, baserad på kemisk fällning och lamellseparation, kombinerat med ny teknik där flockning sker med mikrosand. I figur 2.1 visas en översiktsbild av Actiflo™ processen.



Figur 2.1

Principskiss över Actiflo™ processen

I Actiflo™ anläggningen tillsätts först en fällningskemikalie till det bräddvatten som kommer in i koaguleringsstanken. Fällningskemikalien kan vara ett metalliskt salt, t.ex. järnklorid eller aluminiumsulfat, med vilken en del av det lösta materialet/ämnena omvandlas till en icke-löslig fällning, i form av kolloida partiklar. Mängden kolloida partiklar i vattnet, delvis härrörande från den kemiska fällningen och delvis från det inkommande förorenade vattnet, kan sedan koagulera till större primärpartiklar. Utfällning och koagulering sker samtidigt, då båda är mycket snabba processer.

Bräddvattnet leds därefter in i en injektionstank. I injektionstanken tillsätts mikrosand som noga blandas in i vattnet. Normalt har mikrosanden en effektiv kornstorlek på 130-150 μm .

När vattnet flödar från injektionstanken till mogningsbassängen, tillsätts en flockstärkande polymer. Genom en relativt lugn omrörning i mogningstanken skapas ideala förhållanden så att polymeren kan bindas till mikrosanden och partiklarna, vilka tillsammans bildar stora sedimenterbara flockar. Mikrosandens stora specifika yta, förbättrar processen ytterligare.

Efter flockningssteget, förs vattnet och sand-slamflockarna in i lamellseparatorn. De bildade flockarna sedimenterar snabbt då mikrosanden kraftigt ökar flockens tyngd. Det medför att ytbelastningen i lamellseparatorn kan vara 30-80 gånger högre än i konventionella anläggningar för kemisk fällning. Det behandlade bräddvattnet passerar upp genom lamellerna och lämnar anläggningen genom utloppskanalerna.



Lamellseparator

Slammet och mikrosanden tas ut från botten av separatorn och pumpas tillbaka till hydrocyklonen. Det recirkulerade flödet uppgår normalt till 4-6 % av inkommande flöde, beroende på halten suspenderat material i inkommande vatten. Den energi som skapas vid pumpningen omvandlas till centrifugalkraft inuti hydrocyklonen vilket resulterar i att det kemiska slammet separeras från sanden, som har högre densitet. När komplexet har separerats koncentreras sanden och förs ut i botten på hydrocyklonen där den återförs till processen. Slammet, som har lägre densitet, går ut i toppen på hydrocyklonen för vidare slamförtjockning eller slutförvaring/behandling. Slamflödet uppgår till cirka 3-5 % av den totala mängden behandlat vatten.



Hydrocykloner

Vid Käppala kommer slam med ca 0,5 % TS att bildas och flödet kommer att uppgå till ca 300-550 m³/h. Slammet blandas med inkommande avloppsvatten till försedimenteringarna.

2.2 PROCESSTEORI

I grunden är Actiflo™ processen mycket lik en konventionell (koagulering, flockning och sedimentering) vattenreningsteknik. Båda processerna använder koaguleringsmedel för destabilisering, och flockbildande polymer för att binda samman suspenderat material. Ämnena får sedan sedimentera och tas ut för vidare hantering. Den huvudsakliga förbättringen med Actiflo™ processen är tillsatsen av mikrosand som en “grodd” och ballast så att flockar med hög densitet kan bildas. De bildade flockarna har en kärna av sand med relativt hög densitet och kan lätt separeras genom sedimentering. Med dessa faktorer i åtanke kan det vara en fördel att göra en kort genomgång av de fysikalisk-kemiska processer som är inblandade i konventionell vattenrening för att bättre förstå fördelarna med Actiflo™ processen.

Konventionella metoder för vattenrening omfattar i huvudsak destabilisering med efterföljande separering av kolloida, suspenderade, fasta partiklar, vilka inte, på ett enkelt sätt, kan separeras enbart genom sin tyngd. Det suspenderade materialet kan bestå av naturliga eller syntetiska organiska eller oorganiska ämnen, mikroorganismer, och/eller virus, vanligtvis i storleksområdet från 0,001 µm till 1 .000 µm. I de flesta naturliga system, beror stabiliteten på det kolloida suspenderade materialet på en negativ nettoladdning på ytan som orsakar att individuella partiklar repellerar varandra och stannar i suspenderad form. För att motverka de repulsiva krafterna, kan man tillsätta en kemisk koagulant som ger en nettoreduktion av den repulsiva kraften mellan de suspenderade partiklarna. Exempel på sådana är alun ($\text{Al}(\text{SO}_4)_3$), järnklorid (FeCl_3), järnsulfat ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$), poly-aluminiumklorid (PACL), kalk (CaO eller $\text{Ca}(\text{OH})_2$) eller något annat ämne med hög jonladdning. Denna process som kallas koagulering resulterar i en destabilisering och/eller attraktion mellan de suspenderade partiklarna vilka går samman i flockar.

Även om den kemiska flocken är destabiliserad kan den ändå vara kvar i lösning på grund av dess extremt låga massa. Separering av dessa partiklar uppnås enklast genom att slå ihop mindre partiklar till större, mer sedimenterbara flockar. Bildandet av flockar sker vanligtvis genom att man skapar polyelektrolytiska “broar” mellan partiklarna med hjälp av ett flockningsmedel (polymer). Denna process kallas, vanligtvis, flockulering och ger större, mer sedimenterbara flockar som enklare kan tas bort med sedimentering genom gravitation.

Actiflo™ processen skiljer sig från konventionell rening på så sätt att den tillför mikrosand som ett tyngdverkande medel i flockuleringssteget. Mikrosanden fyller flera viktiga funktioner i Actiflo™ processen:

Proportionen mellan den specifika ytarean och volymen på mikrosandens partiklar fungerar som en “grodd” för flockbildningen.

Mikrosanden och polymeren gynnar packningen av partiklar vilket resulterar i bildandet av stora stabila flockar.

Mikrosandens relativt höga specifika vikt (ungefär 2,6 kg/l) fungerar som ballast vid bildandet av flockar med hög densitet.

Den höga halten av mikrosand i Actiflo™ processen dämpar effektivt påverkan av förändringar i kvaliteten på råvattnet.

Mikrosanden som är kemiskt inert påverkar inte processens kemiska reaktioner, vilket möjliggör en effektiv separation av sanden från det kemiska slammet. Sanden återanvänds i processen.

Tillsammans ger dessa faktorer en process som är extremt effektiv vid behandling av besvärligt vatten, stabil vid ändringar av råvattnets kvalitet, och relativt enkel att sköta och optimera.

Framför allt, resulterar användningen av mikrosand i bildandet av kemiska flockar som är avsevärt mer kompakta och hållbara än flockar i konventionella reningsprocesser. Flockarna har betydligt högre sedimenteringshastighet jämfört med andra flockar och tillåter avsevärt högre bräddvattenflöden i anläggningen. De högre bräddvattenflödena, som är möjliga med Actiflo™ processen kan direkt omsättas i reducerad processvolym och “platsbehov”, samt en kraftig minskning av totala byggkostnaden.

3. ACTIFLO FÖR KÄPPALA RENINGSVERK

Som beslutades vid mötet den 13/4, har vi tagit fram två alternativa förslag för ett införande av Actiflo som bräddvattenbehandling vid Käppala.

Vi har studerat ett alternativ som innebär att endast en linje byggs och som har max/min kapacitet att behandla 3,0 respektive 0,5 m³/s.

Alternativt beskrivs en utbyggnad med två linjer där var och en av linjerna har max/min kapacitet att behandla 1,5 respektive 0,5 m³/s. Drift- och investeringskostnader anges för om båda alternativen drivs och byggs ut samtidigt. Väljs alternativet så byggs de naturligtvis i etapper, styrt av det verkliga behovet.

Utformning och förslag till placering framgår av de bifogade ritningarna. I den följande texten beskrivs förutsättningar och teknisk beskrivning för de båda alternativen.

3.1 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH FÖRVÄNTAT RESULTAT

Anläggningarna förses med bräddvatten i stegvis fasta flöden om ca 0,5 m³/s upp till 1,5 respektive 3,0 m³/s. Bräddvattnet förutsätts vara rensavskilt.

Generella dimdata för inkommande bräddvatten bedöms var enligt nedanstående tabell.

Analysparameter	Enhet	Min	Max
Flöde, totalt	m ³ /s	0,5	3,0
Susp	mg/l	200	1 600
COD	mg/l	-	500
BOD7	mg/l	180	350
P-total	mg P/l	5,0	10,0
Temperatur	°C	8	20

Det förutsätts, att minst 60 % av de organiska ämnena finns i suspenderad form.

Vidare förutsätts, att pH- och alkalinitetsförhållanden är sådana, att pH nivån i vattnet efter behandlingen inte faller till under 6,4.

ActifloTM-anläggningarna är designad att rena bräddvattnet till följande utgående halter:

Analysparameter	Enhet	Medel	Red. grad %
Susp	mg/l	30	85-99 %
P-total	mg P/l	0,4 *)	> 90 %
BOD7	mg/l	75	60-80 %

*) Doserad mängd kemikalie styr utgående halt fosfor. Lägre halter kan enkelt uppnås på bekostnad av högre kemikalieåtgång.

3.2 TEKNISK SPECIFIKATION

I detta avsnitt ges en funktionsbeskrivning av varje, i processen ingående huvudkomponent.

Actiflo™ anläggningen är uppbyggd i en linje och består av följande huvudenheter:

- Koaguleringstank med omrörare
- Injektionstank med omrörare
- Mogningstank med omrörare
- Sedimenteringstank med en slamskrapa och lamellmoduler
- Recirkulation (sandpump, hydrocyklon etc)
- Kemikaliedosering (koagulant, mikrosand och polymer)

Inkommande avloppsvatten till Actiflo™-anläggningen pumpas via en pumpstation. I samband med inpumpningen sker flödesmätning, som användes för att styra kemikaliedosering och recirkulation i anläggningen. Det är därför viktigt, att denna flödesmätning är relativt exakt. Inloppspumpning och flödesmätning ingår ej i denna leverans.

3.2.1 KOAGULERINGSTANK

Beskrivning av process och funktion

Efter gallren leds vattnet till koaguleringstanken. Koaguleringstanken är utrustad med en omrörare. Inloppet till koaguleringstanken är placerad i botten och utloppet i toppen, för att undvika kortslutning i tanken.

I koaguleringstanken tillsätts koagulanten direkt till vattnet i inloppet för att säkra en snabb och effektiv inblandning.

Övervakning

Omröraren är i kontinuerligt drift.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m ³ /s	1, 5 m ³ /s	Enhet
Antal koaguleringstankar	1	1	st
Djup	6,80	5,4	m
Längd	5,30	4,6	m
Bredd	5,15	3,56	m
Volym, vattenfylld del, per bassäng	185	88	m ³
Omrörarens diameter	2,5	2,0	m
Hydraulisk uppehållstid vid max. flöde	1	1	min

3.2.2 INJEKTIONS-BASSÄNG

Beskrivning av process och funktion

Det koagulerade vattnet leds till injektionsbassängen där mikrosanden återförs via hydrocyklonen. Injektionsbassängen är utrustad med en omrörare. Inloppet till injektionstanken är placerat i toppen och utloppet i botten, för att undvika kortslutning i bassängen.

Övervakning

Omröraren är i kontinuerligt drift.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m ³ /s	1, 5 m ³ /s	Enhet
Antal injektionsbassänger	1	1	st
Djup	6,80	5,40	m
Längd	5,30	4,60	m
Brädd	5,15	3,56	m
Volym, vattenfylld del	185	88	m ³
Omrörarens diameter	2,50	2,0	M
Hydraulisk uppehållstid vid max. flöden	1	1	min.
Sandkoncentration	ca. 5	Ca 5	kg/m ³

3.2.3 MOGNINGS-BASSÄNG

Beskrivning av process och funktion

Vattnet från injektionsbassängen är en suspension av mikrosand och destabiliserade kolloida partiklar. I mogningsbassängen tillsätts polymeren som binder ihop mikrosanden med de destabiliserade partiklarna vilket resulterar i en stor mängd av flockar med hög densitet. Bassängen är utrustad med omrörare som skapar optimala förhållanden för flockbildning.

Vattnet kommer in i mogningsbassängen genom en öppning i botten och lämnar tanken i den övre delen, för att undvika kortslutning i bassängen.

Väggen mellan injektionsbassängen och mogningsbassängen är nedsänkt, så att den inte skär vattenytan. Detta för att eventuellt flytslam ska komma in i mogningsbassängen.

Övervakning

Omröraren är försedd med frekvensomformare och är i kontinuerlig drift.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m³/s	1, 5 m³/s	Enhet
Antal mogningsbassänger	1	1	St
Djup	6,80	5,4	M
Längd	6,00	5,0	M
Bredd	10,60	7,42	M
Volym, vattenfylld del	432	200	m ³
Omrörarens diameter	4,0	3,0	M
Hydraulisk uppehållstid vid max. flöde	2	2	Min

3.2.4 SEDIMENTERINGSBASSÄNG

Beskrivning av process och funktion

Vattnet från mogningsbassängen är en suspension bestående av sand- bemängda flockar med hög densitet. Vattnet strömmar från mogningsbassängen in till sedimenteringsbassängen där flocken sjunker till botten. En skrapa i botten, skrapar kontinuerligt slurryn av sand och slam ned i en uppsamlingsgrop placerad i mitten av bassängens botten. Därifrån avlägsnas slurryn kontinuerligt mha sandpumpen.

Sedimenteringsbassängen är försedd med lamellmoduler av PVC. Lamellerna är 1 meter långa och lutar 60° i förhållande till horisontalaxeln.

Det renade vatten förs ut genom en serie av rektangulära utloppsrännor placerade ovanpå lamellerna. Uppsamlingsrännorna har kanter försedda med V-formade skåror, vilket säkerställer en jämn flödesdistribution.

I utloppet mäts pH och turbiditet med on-line mätare. Dessutom är en provtagare installerad, som flödesproportionellt tar ut prover när anläggningen är i drift.

Övervakning

Skrapan är utrustad med frekvensomformare och är i kontinuerlig drift.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m³/s	1, 5 m³/s	Enhet
Antal sedimenteringsbassänger	1	1	
Djup, (inkl. uppsamlingsgrop)	6,80	5,40	M
Längd	10,60	7,42	M
Bredd	10,60	7,42	M
Yta lameller (horisontellt), per styck	88	42	M ²
Hastighet laminärflöde vid max. flöde	120	124	m/h
Skrapans diameter	10,60	7,42	M

3.2.5 RECIRKULATIONSKRETS

Beskrivning av process och funktion

Från botten av lamellseparatorn recirkuleras sanden tillbaka till injektionsbassängen. Detta uppnås genom recirkulationskretsen för mikrosanden.

Rörledningar för recirkulationskretsande är gjorda i PEM/H (medium-/högdensitets polyetylen) för att tåla slitaget från mikrosanden.

3.2.6 SAND PUMP

Beskrivning av process och funktion

Sandpumparna är centrifugalpumpar invändigt belagd med gummi. Drivaxeln och insidan av motorhuset är gummiklädda, vilket gör dem tåliga mot slitaget från mikrosanden.

Övervakning

Sandpumparna är försedda med frekvensomformare. Det recirkulerade flödet styrs i förhållande till det totala vattenflödet. Minst en pumpa är kontinuerligt i drift.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m ³ /s	1, 5 m ³ /s	Enhet
Antal sandpumpar	2	4	St
Pumpkapacitet, per styck	270	68	m ³ /h
Recirkulationsflöde, total	540	270	m ³ /h

3.2.7 HYDROCYKLON

Beskrivning av process och funktion

Slurryn av sand och slam pumpas till två hydrocykloner där mikrosanden och slammet separeras. Hydrocyklonerna är konstruerade i stål som är belagd med gummi för att tåla slitaget från mikrosanden.

Hydrocyklonen separerar slurryn av sand och slam genom att utnyttja kraften från den inkommande strömmen som genereras av sandpumpen. Inmatningen i hydrocyklonen skapar en virveffekt som utövar en centrifugalkraft på blandningen av partiklar. Mikrosandens korn, som är tyngre än slampartiklarna, tvingas ut mot de yttre väggarna av hydrocyklonen. Slampartiklarna separeras ut genom hydrocyklonens övre del medan mikrosanden förs tillbaka till injektionstanken genom cyklonens nedre utlopp. Slammet graviterar tillbaka till pumpstationen och pumpas till fördelningspunkt före försedimenteringarna.

Övervakning

Tryckgivare kontrollerar cyklonens funktion.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m³/s	1, 5 m³/s	Enhet
Antal hydrocykloner	4	2	St
Hydrocyklonens kapacitet, per styck	36-135	36-68	m ³ /h
Uppgående flöde (slam), totalt	60-460	60-230	m ³ /h
Nedgående flöde (sand), totalt	11-81	11-41	m ³ /h

3.2.8 DOSERING AV KOAGULANT**Beskrivning av process och funktion**

Som huvudalternativ föreslås en trevärd järnkoagulant (alternativet aluminium testas) som förvaras och doseras med det befintliga dosersystem som Käppala idag använder för att motverka microtrix.

Övervakning

Doseringspumpen är försedd med frekvensomformare i kontinuerlig drift. Doseringen är flödesproportionell i förhållande till det totala vattenflödet.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m³/s	1, 5 m³/s	Enhet
Typ av koagulant	Järnklorid	Järnklorid	
Dosering	20	20	g Fe/m ³
Antal doseringspumpar	2	2 per linje	st
Kapacitet doseringspump, per styck	1080	540	l/h
Kemikalieförbrukning	26	13	m ³ /d

Det ska uppmärksammas, att den maximala kemikalieförbrukningen är baserad på max. flöde samt konstant max. dosering. Denna dosering är inte realistiskt, denna användas endast i början av bräddningen då susphalten är som störst. För beräkning av driftkostnader används som ett genomsnitt 12 gFe/m³.

3.2.9 MIKROSAND

Beskrivning av process och funktion

Mikrosanden består normalt av kiselsand med en effektiv storlek av ungefär 120 µm. Förlust av mikrosand uppstår eftersom hydrocyklonens verkningsgrad är "enbart" 99,9%. Förlusterna ligger normalt inom området 3-7 g per m³ behandlat vatten. Den exakta förlusten kan inte bestämmas förrän anläggningen har startats upp. En liten mängd sand måste tillsättas regelbundet för att ersätta förlusten.

Eftersom mängden sand i processen är mycket hög är inte en liten förändring i sandkoncentrationen kritisk. Följaktligen behöver inte sanden tillsättas kontinuerligt.

Sanden tillförs anläggningen i mogningstanken. För doseringen används ett system som är baserat på storsäckar.

Övervakning

Tillsatsen av sand baseras på sandkoncentrationen i anläggningen. Denna mäts manuellt genom uttag av prov från cyklonen, ca 1 gg/vecka under kontinuerlig drift.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m ³ /s	1,5 m ³ /s	Enhet
Sandförlust	3-7	3-7	g/m ³
Sandförbrukning	775-1800	380-900	kg/d
Lagervolym	1200 (storsäck)	1200 (storsäck)	kg

Storsäckssystemet ger som framgår en kort lagerhållningstid om åtgången är så hög som 7 g. Som alternativ till storsäck finns anläggningar som byggts med en sandsilo (30 m³) och doserskruv till en inblandningstank. Frågan om system föreslår vi diskuteras i ett eventuellt senare tillfälle.

3.2.10 POLYMERDOSERING

Beskrivning av process och funktion

Vilket flockningsmedel som ska användas beror på bräddvattnets kemiska egenskaper. Val av flockningsmedel grundar sig på dess effektivitet och produktkostnaden.

Flockningsmedlet är en polymer i pulverform som behöver blandas till en flytande lösning innan dosering. Detta utförs i polymerstationen. I denna doseras den torra polymeren ned i ett kärl där den löses upp i vatten under noggrann omblandning. Därefter förs polymerlösningen vidare till ett mogningskärl. Från mogningskärllet matas polymerlösningen in i ActifloTM processen genom en polymerdoseringspump.

En ny polymerlösning tillreds efter att volymen i blandningskärllet har förts över till mogningskärllet. Tillverkning av polymer påbörjas någon timme innan behov, baserat på förvarningssystem i tunnlar.

För Käppala föreligger två alternativa lösningar. Den ena alternativet består i att använda samma katjoniska polymer som finns att tillgå på verket. Denna polymer testas före val. Det systemet kompletteras endast med styrda doseringspumpar samt ledningar ned i berget där Actiflon är belägen.

Som alternativ redovisas på ritning och i kostnadsberäkningarna, nyinköpta polymerberedare samt pumpar som placeras vid Actiflon. Detta system väljs då för en anjonisk polymer som oftast ger bästa resultat.

Polymerstationen är inklusive ett slutet vätningssystem med uppvärmd utloppsmodul samt en blandningspump.

Övervakning

Doseringspumpen är försedd med frekvensomformare i kontinuerlig drift. Doseringen är flödesproportionell i förhållande till det totala vattenflödet.

Tekniska data

Kapacitet per linje	3,0 m³/s	1, 5 m³/s	Enhet
Polymertyp	Anjonisk	Anjonisk	
Dosering	1-1,5	1-1,5	g/m ³
Antal doseringspumpar	2	2	st
Polymerförbrukning	260-390	130-200	kg/d
Lagervolym	Ca 700	Ca 700	kg

4. OMBYGGNADSBEHOV

Dimensioneringsdata för ingående bassänger och tankar framgår av föregående kapitel.

Actiflo enheterna inryms i de avställda sandfången som utvidgas utmed ena långsidan och för den större enheten även på djupet.

Enheterna förses generellt med ett utrymme för torrappställning av sandpumpar som placeras mot den befintliga gavelväggen som gränsar mot försedimenteringarna.

Ritningar för alternativen 3 och 1,5 m³/sekunder redovisas under flik 2 till 7. Ritning under flik 4 och 7 visar de föreslagna anläggningarna inritade på en skannad kopia av de gamla relationsritningarna över de gamla sandfången.

4.1 BRÄDDVATTENBEHANDLING FÖR 3 M³/S

Endast en linje byggs och inryms i huvudsak i ett av de avställda sandfången. Bergrummet måste utvidgas så att det skapas ett utrymme om 27,5 x 11,5 m, area 307 m² för nya bassänger och pumprum. Mycket grovt innebär det att cirka 1 850 m³ fast berg försiktigt måste sprängas ut. En stor del av det utrymme som idag används för installation av brutet vatten måste flyttas.

Golvnivå läggs ungefär på samma nivå som dagens, + 103,40. Maximalt djup blir cirka 7 m.

Arbetsmomenten blir övergripande:

- Kontroll och eventuell åtgärd för att säkerställa avstängning av kanalen före Actiflo enhetens in- och utlopp. Förmodligen löses detta med en ny kanallucka, fast eller rörlig, som installeras till den befintliga kanalen under servicetunneln, före de avställda sandfången.
- Flyttning av det brutna vattnets installationer, pumpar och rörgalleri.
- Rivning av befintliga betongkonstruktioner i det avställda sandfånget som plattformar, kanaler mm.
- Försiktig bergssprängning av den nya berghallen, cirka 2 300 m³. Bergförstärkning och sprutbetong på alla bergytor. Detaljer se 4.3.
- För den nya utloppsledningen av behandlat bräddvatten sprängs en nisch utmed ena långsidan. Utrymmet inreds med betongvallning eller rörledning, dim ca 1000.
- Bergbult och armering samt formsättning. Gjutning av bassänger och vout i sedimenteringstanken.
- Anordnande av ett lämpligt utformat inlopp från befintlig kanal före enheten.
- Alla bassänger förutom sedimenteringen förses med betongvalv med nedstigningsluckor ungefär enligt ritningar.
- Maskinella och elektriska installationer av all ingående utrustning.
- Utrustning för tömning av bassängerna samt för inpumpning av renat avloppsvatten eller filtrat vid stilleståndsperioder ordnas.

- Installation av apparat/styrskåp och instrument för drift av anläggningen.
- Iordningsställande av doseringsutrustning för järn och polymer (alternativ)
- Ny allmän sanitetsinstallation, bland annat spolposter och handfat samt nöd och ögonduch.
- Ny kraft matning av apparatskåp och ny allmän belysning i hallen.
- Utcheckning av anläggning, signaltestning mm
- Driftprover och drifttagning samt intrimning
- Utbildning och fortsatt intrimning

4.2 BRÄDDVATTENBEHANDLING FÖR 1,5 m³/s

Två linjer byggs etappvis för att nå maximal kapacitet om 3 m³/s. Varje linje om 1,5 m³/s inryms i huvudsak i ett av de avställda sandfången.

Bergrummet måste utvidgas så att det skapas ett utrymme om 23 x 8 m, area 185 m² för nya bassänger och pumprum. Det innebär att cirka 850 m³ fast berg försiktigt måste sprängas ut. Utrymmet som idag används för installation av brutet vatten kan vara kvar.

Golvnivå läggs ungefär på samma nivå som dagens, + 103,40. Maximalt djup blir cirka 5 m.

Arbetsmomenten blir övergripande i princip lika med föregående med skillnad att det brutna vattnet inte behöver flyttas ur det första fd sandfånget.

4.3 BERGARBETEN

Sandfångstunnlarna ligger i stort sett i nord-sydlig riktning med en gemensam anslutningstunnel i norr respektive söder. Anslutningstunnlarna ligger i öst-västlig riktning. I botten på den södra anslutningstunneln finns anläggningar som inte får påverkas vid nybyggnation i sandfångstunneln. I botten på den norra anslutningstunneln i anslutning till sandfångstunnlarna antas att påverkan får ske.

Förutsättningar för bergschakt:

Arbetsområdet måste avskiljas från resterande anläggning och erhålla egen ventilation under skedet med bergschakt. Avskiljningar/portar mm ska klara laster från luftstötstångar och vara tillräckligt täta.

Risikanalys ska utföras för bergarbetena med avseende på känsliga närliggande anläggningar och funktioner. Vibrationer, luftstötstång och utstötning är kända risker.

Angreppspunkt för bergschakt är den norra anslutningstunneln. Ingrepp i de betongkonstruktioner som finns i botten på denna kan bli aktuellt lokalt i själva anslutningen till sandfångstunnlarna.

Utifrån ambitionen att minimera risken för påverkan på befintliga anläggningar i den södra anslutningstunneln antas nyanläggning inte utföras närmare denna än cirka 5 m.

Antagen produktionsgång:

- Etablering, anpassning av arbetsområdet, tillfartstunnel mm för verksamheten
- Demontering/ omläggning av befintliga försörjningar/ anläggningar
- Rivning av betong i norra delen av sandfångstunneln fram till befintlig bassäng
- Bergschakt genom strossning av östra delen av bergrummet till slutlig bredd fram till 5 m från södra anslutningstunneln, avser berg ovan bassängdel
- Permanent förstärkning av bergrumstak/anfang
- Pallsprängning för breddning, förlängning och fördjupning av bassängdel
- Tillfällig bergförstärkning väggar

Det antas att befintlig konstruktionsbetong i bassängdel kan rivas genom samtidig bergschakt. För att detta skall var möjligt har antagits att betongen försvagats med sågade brottanvisningar.

Mängder för kostnadsberäkning:

Åtgärder	3 m ³ /s	1,5 m ³ /s
Bergschaktsvolymer	2 600 m ³	850
Bergförstärkningsareor (tak/vägg)	400/750 m ²	270/550
Sprutbetong med armering	400 m ²	220
Bultförstärkning, 3 m	250 st	150 st

5. KOSTNADSANALYS AV OMBYGGNADSBEHOV

De i dag kända arbetena som härrör till de föreslagna utformningarna har kostnadsberäknats eller – bedömts.

Vi har utfört detaljerad kostnadsberäkning av maskininstallationer samt el-och styrinstallationer som direkt hör till Actiflo enheterna.

För byggkonstruktion har vi anlitat WSP Örebro som gjort kostnadsbedömningar.

För bergarbeten har vi anlitat Thyréns som gjort kostnadsbedömningar.

För allmän el och vvs mm har vi gjort egna kostnadsbedömningar.

Alla ingenjörskostnader, från design till intrimning och utbildning, har kostnadsbedömts.

5.1 INVESTERINGSKOSTNADER

Arbeten	Kostnader i tkr för en linje om 3 m ³ /sek	Kostnader i tkr för en linje om 1,5 m ³ /sek
Rivning av befintliga konstruktioner samt bergsprängning och förstärkning/sprutbetong	6 400	2 500
Betongkonstruktioner	4 500	3 000
Maskinutrustningar Actiflo	8 900	6 600
Instrument samt styrskåp	800	700
Montage för maskin och el/styr	2 400	1 800
Allmän el som kraft och belysning	650	450
Ventilation	300	200
VVS installation	150	150
Flödesmätare och provtagning, ombyggnad för fällningskemikalie	250	250
Byggherreomkostnader som design, projektering, upphandling, byggledning/kontroll, drifttagning, intrimning, utbildning mm	5 000	3 100
Totalt beräknad och bedömd kostnad	29 500	19 000

Om befintligt polymersystem kan användas, avgår en kostnad om ca 300 tkr.

5.2 DRIFT OCH UNDERHÅLLSKOSTNADER

Drift- och underhållskostnader har beräknats utifrån många genomförda projektpreferenser kombinerat med kostnader som Käppalaförbundet angivit för bl.a. el och kemikalie.

Kostnader för drift har beräknats med ett antaget bräddflöde om 1 % av totala inflödet till Käppala vid ca 700 000 pe → 790 000 m³/år	Årskostnad om tkr med flöde om 790 000 m³/år
Elektrisk förbrukning Angiven kostnad för en kWh är 0,71 kr Åtgången är ca 25 Wh/m ³	14 200 0,018 kr/m ³
Flockningskemikalie Järnklorid via befintligt dosersystem kostar ca 1 800 kr/ton 18 %Fe → ca 10 kr/kgFe. Åtgången är ca 0,012 gFe/m ³	95 000 0,12 kr/m ³
Polymer Polymer kostar ca 30 kr/kg Åtgång är ca 0,001 kgP/m ³	23 700 0,03 kr/m ³
Mikrosand Mikrosanden kostar ca 1 kr/kg Åtgången är ca 0,005 kg/m ³	4 000 0,005 kr/m ³
Operatörsbehov Mantid kostar ca 400 kr/timme Åtgång bedöms till ca 3-4 h/vecka med en linje	83 000 0,10 kr/m ³
Totalt beräknad och bedömd kostnad	283 000 0,27 kr/m³

6. DRIFTFÖRHÅLLANDEN OCH MÖJLIGHETER

6.1 DRIFTFÖRHÅLLANDEN

6.1.1 TILLFÄLLIG DRIFT UNDER OMBYGGNAD

Under ombyggnadsarbetena kommer den befintliga processen att påverkas mycket lite.

Vi kan i dagsläget inte se några omedelbart hindrande aktiviteter som kommer att störa nuvarande drift. I en eventuell detaljprojektering upprättas givetvis en detaljerad plan för hur den tillfälliga driften ska lösas och hur den påverkar process och arbetsförhållanden för inblandade entreprenörer.

6.1.2 ARBETSMILJÖ

Ombyggnaden kommer inte att påverka den goda arbetsmiljön på Käppalaverket.

Det vatten som uppehåller sig i Actiflon blir mycket snabbt kemiskt fällt och lukt omedelbart och är inte besvärande ur luktsynpunkt. Perioder av stillestånd innebär att vattnet i bassängerna byts ut mot renat avloppsvatten eller med det s.k. filtrat vatten som finns i närheten av den tänkta placeringen.

Om den rekommenderade skötseln genomförs och om underhåll görs, blir arbetsmiljön minst i klass med den miljö som allmänt råder på verket. Frånluft från bassänger och berghall ansluts till det befintliga systemet och bullernivån blir mycket låg, hörselskydd kommer inte att behövas.

6.1.3 UNDERHÅLL OCH SKÖTSELBEHOV

Normalt sett kräver en välbyggd Actiflo enhet relativt sett lite underhållsarbete. Vi listar vad som brukar vara normalt förekommande:

- Lamellerna i sedimenteringsbassängen behöver spolats med högtryck efter 2-3 tillfällen med en kontinuerlig drift. Nivån sänks av ungefär en meter i sedimenteringen. Tidsåtgång är ca 1-2 h.
- Kontroll av sandkoncentration i anläggningen. Prov från cyklon analyseras m.a.p. sandinnehåll. Det görs normalt en gång per vecka under kontinuerlig drift.
- I övrigt handlar det om normal service och underhåll av standardutrustning som pumpar och omrörare.

6.2 MÖJLIGHETER

Den föreslagna anläggningen skapar mycket goda möjligheter för utveckling av processstabilitet i den biologiska behandlingen samt optimala prestanda för det bräddade avloppsvattnet som når recipienten. Anläggningen ger Käppalaverket en värdefull säkerhet när och om det uppstår problem i den biologiska behandlingen som nödvändiggör att mindre vatten än normalt kan behandlas.

6.2.1 DRIFTKOSTNADER OCH KOLDIOXIDBELASTNING

Driftkostnaderna kommer att utökas på grund av att ett nytt processteg införs. Dock avlastas det befintliga biosteget när det behöver det som mest och sammantaget kan det innebära att driftkostnaden för biosteget minskar när bräddvattenbehandlingen är i drift.

Actiflo processen som bräddvattenbehandling kräver normalt lägre åtgång av fällningskemikalier jämfört med andra processlösningar för bräddvattenbehandling. Det kan innebära en totalt sett lägre koldioxidbelastning än med andra metoder, trots en högre energiåtgång för omrörning mm. En detaljerad beräkning för jämförelse med andra metoder bör kanske göras i senare skede.

6.2.2 STABILITET OCH SÄKERHET OCH PRESTANDA

Actiflo processen innebär att betydligt mer långtgående och stabila reningsresultat nås jämfört med andra metoder.

Processen ger stabila resultat och är i det närmaste fullt automatiserad.

Riskerna för processfunktionen vid Käppala reningsverk kommer givetvis att minska med Actiflo som process för att behandla bräddat avloppsvatten. En hög trygghet nås eftersom det blir möjligt att by passa biosteget om det uppstår driftstörningar där. Förmodligen uppnås sammantaget högre prestanda än om

- Snabb kapacitetsförändring
- Robusthet i utförande
- Stabilitet i prestanda trots förändrade flöden och föroreningsmängder
- Snabb och enkel reglering av t.ex. fosforreduktion. Tack vare den korta uppehållstiden ges snabba svar

7. TIDPLAN

Alla arbeten inkluderande drifttagning och trimning av en ny anläggning kan vara avslutade före utgången av år 2011. En förutsättning för detta är att detaljerad design inleds under hösten 2010. Montage av utrustningar samt drifttagning bedöms ta cirka fyra månader i anspråk.

8. SAMMANFATTNING

Bräddvattenbehandling med Actiflo metoden innebär att en högre säkerhet och stabilitet uppnås för hela vattenbehandlingen vid reningsverket. De fördelar som vi anser att metoden bidrar med, kan sammanfattas:

- En kontrollerad bräddning kan tillåtas om det uppstår problem i den biologiska behandlingen. Denna ges möjlighet att uppnå stabila förhållanden utan stora avvikelser i samvägda resthalter till recipient.
- Bräddning kan ske utan att inkräkta på kapacitet i försedimentering.
- Det finns ingen konkurrerande metod som kan garantera så höga och stabila reningsresultat med ett mycket lågt skötselbehov samt bibehållen god arbetsmiljö.
- Det finns ingen konkurrerande metod som kan garantera så reglerbara prestanda för t.ex. fosfor.
- Processtekniken är mycket snabb i uppstart och svarstid.
- Tekniken är mycket kompakt
- Metoden är mycket beprövad för effektiv behandling av bräddvatten.

VA-Ingenjörerna och Kruger erbjuder sig att som er idégivare samt processbärare, genomföra merparten av arbetena för detta projekt.

Vi är som idégivare öppna för en diskussion med er om lämpligaste form för upphandling och genomförande. Vi presenterar t.ex. gärna förslag till genomförande- och kontraktsform för en totalentreprenad.

Vi rekommenderar besök i Norge på Veas (2,0 m³/s), Karlskoga (1,5 m³/s). Ännu större anläggningar, som vi gärna besöker tillsammans med er, är Genève, Paris eller Barcelona.

VA-INGENJÖRERNA**KRÜGER**

Anders Haarbo
Richard Cederborg