

IDÉFÖRSLAG

KÄPPALAFÖRBUNDET

KÄPPALA AVLOPPSRENINGSVERK

STRATEGISKT MÅL 2 - DRIFT OCH PROCESS -
Vi har branschens mest resurseffektiva process
Ansvar: Driftledning: AMS och SS-processgrupp och mikrodelen

Delmål 2.1: Ständigt utveckla reningsprocesserna med vatten och slamkvalitet i fokus
Delmål 2.2: Effektivisera energitrytande och resursförbrukning på Käppalaverket

	År- värde Q1	År- värde Q2	År- värde Q3	År- värde Q4	Målvärde
TS (%)	21,4	22,4	21,6	20,8	> 30
Utgående tot-P (mg/l)	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20 ± 0,02
Utgående tot-N (mg/l)	8,0	9,5	9,4	9,2	9,0 ± 0,5
Tot-N avskiljningsgrad (%)	77	77	76	76	> 95
kg Fe/kg P _{avskiljt}	1,2	1,8	1,7	1,4	< 2,7
Energiförbrukning Käppalaverket (GWh)	28,4	28,4	26,3	26,5	< 27
Energiförbrukning Inloppspumpning (kWh/m ³)	0,015	0,015	0,014	0,014	< 0,017
Energiförbrukning biosteg (kWh/kg N _{avskiljt})	5,2	4,9	4,4	4,7	< 5,0
Energiförbrukning belysning (kWh)	498	588	719	522	< 735 000
Specifik gasproduktion (Nm ³ /kg VS _u)	0,51	0,44	0,41	0,42	> 0,50
Nedbrytningsgrad rot-kammare (% VS)	56	57	55	60	> 60
Kvartalsavstämning genomförd	✓	✓	✓	✓	

rullande årsmedel

April-maj 2010 avskiljningsgrad

FÖRSLAG TILL FRAMTIDA VATTENBEHANDLING

VA-INGENJÖRERNA
KRÜGER
ANOXXKALDNES

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	4
2. FRAMTIDEN FÖR KÄPPALA.....	6
2.1 INLEDNING	6
2.2 VERKETS POTENTIAL.....	6
2.3 TEKNISK LÖSNING	7
2.4 FÖRSLAG OCH HANDLINGSPLAN	9
3. FORSKNING OCH UTVECKLING INOM VEOLIA WATER.....	11
4. ARBETET MED FÖRSLAGET.....	12
4.1 FÖRUTSÄTTNINGAR.....	12
4.2 ARBETSGÅNG OCH DELTAGANDE PERSONAL – FLIK 13 Cv.....	12
5. NUVARANDE ANLÄGGNING	14
5.1 RENINGSVERKET - ÖVERSIKT.....	14
5.2 VILLKOR.....	15
5.3 BELASTNING.....	15
5.4 DIMENSIONERINGSDATA VATTENBEHANDLING.....	16
6. DIMENSIONERINGSGRUNDER OCH ANTAGANDEN FÖR DEN FRAMTIDA ANLÄGGNINGEN - FLIK 1.....	17
7. SIMULERING AV DAGENS BELASTNING OCH BEFINTLIG ANLÄGGNING	18
7.1 FÖRUTSÄTTNINGAR.....	18
7.2 DRIFTSÄTT	20
7.3 RESULTAT.....	20
8. FRAMTIDA PROCESSVAL.....	22
8.1 BRÄDDVATTENBEHANDLING – FLIK 8	22
8.2 UTÖKAD BIOLOGISK BEHANDLING – FLIK 7, 10, 11 OCH 12.....	25
8.3 UTÖKAD KEMISK BEHANDLING OCH PARTIKELREDUKTION – FLIK 8.....	28
8.4 REDUKTION AV LÄKEMEDEL.....	30
9. UTBYGGNADSFÖRSLAG MED KOSTNADER	34
9.1 BIBEHÅLLNA KRAV.....	35
9.2 SKÄRPTE RENINGSKRAV	38
9.3 KOSTNADER.....	41
10. ÖVRIGT.....	43
10.1 TILLFÄLLIG DRIFT	43
10.2 TIDPLAN.....	43

10.3	FÖRDELAR OCH NACKDELAR – RISKER	43
11.	SAMMANFATTNING	44

BILAGOR

Flik 1	Dimensioneringsgrunder
Flik 2	Processchema föreslagen anläggning, Bibehållna krav
Flik 3	Layout föreslagen anläggning, Bibehållna krav
Flik 4	Processchema föreslagen anläggning, Skärpta krav
Flik 5	Layout föreslagen anläggning, Skärpta krav
Flik 6	Sammanställning av behov och ekonomi
Flik 7	On-Line styrning med STAR
Flik 8	Actiflo samt bio Actiflo
Flik 9	Actiflo Carb
Flik 10	IFAS – Hybas
Flik 11	Rejektvattenbehandling - Anamox
Flik 12	Design Study – Biosep (MBR) av Aquantis GmbH U (VWST)
Flik 13	CV för projektgruppen
Flik 14	Ett referensprojekt - Lynetten
Flik 15	Information - Quantify Emissions of CO ₂

1. INLEDNING

Vi tackar för Ert intresse av vår samlade kunskap och erfarenhet.

Förslagen vi presenterar har arbetats fram med objektivitet i centrum med mål att uppfylla behov om tillförlitlighet, utbyggnadsmöjlighet och era önskemål om enkelhet och god arbetsmiljö och minimalt resursutnyttjande.

Vidare har vi försökt uppnå harmoni mellan de övergripande målen om att minska övergödning och klimatpåverkan. I koncernen har det skett en kraftfull satsning på att ta fram kunskap och verktyg för bedömning av våra processanläggningars resurseffektivitet och dess påverkan på klimatet, beräknat som totalt koldioxidavtryck. Arbetet har genomförts med externt specialiststöd. I VA-Ingenjörerna finns s.k. ”carbon correspondents”. Dessa har utbildning och verktyg för att beräkna processlösningars koldioxidavtryck under anläggningarnas hela livscykel. Information om vårt arbete framgår under flik 15.

I denna idéstudie visar vi ett huvudförslag till ny vattenbehandling som vi anser kommer att medföra en förbättring av Käppalaverkets koldioxidavtryck för drift av biosteget. Ännu större förbättringarna kan komma att uppnås, tack var en mer resurseffektiv drift av den IFAS process som skisseras i detta idéförslag. Förbättringen är under planerad utveckling. Vi hoppas kunna lämna information i samband med vår presentation av förslaget.

Utredningsarbetet har letts av det svenska bolaget VA-Ingenjörerna AB som svarat för uppdragsledning och planering, processsimuleringar och sammanställning av förslag. Under arbetet har flera kompetenscentra inom Veolia Water & Technologies involverats. Processspecialister från bland annat Kruger A/S, Veolia Eau, AnoxKaldnes och Aquantis (membranteknik för avlopp) m.fl. har deltagit.

Vi anser att projektgruppen som helhet kännetecknas av hög teoretisk och praktisk kunskapsnivå samt internationell erfarenhet från verkligt byggande, drift och intrimning samt uppföljning av moderna processanläggningar.

Vi har i förslagsarbetet lagt tonvikten vid att finna bästa processlösningar. Vad gäller vår förmåga att lösa komplexa anläggningsprojekt, har VA-Ingenjörerna och Kruger mångåriga samarbeten med specialister för allmän konstruktion och byggande. Till exempel anlitar VA-Ingenjörerna ofta WSP Sverige för byggkonstruktion, geoteknik samt mark och allmän valedningsteknik. För kvalificerade bergmekaniska frågor har vi samarbetat med Thyréns.

Om Käppalaförbundet har upparbetade konsultgrupper med kunskap om de befintliga anläggningarna inom t.ex. bygg-, bergteknik eller vvs, arbetar vi gärna tillsammans med dem i alla skeden av ett framtida samarbete.

Resultatet av vårt arbete redovisas i denna handling. Resultatet måste anpassas efter diskussioner och samarbeten med Er eftersom ni har störst erfarenhet av anläggningen och framtida behov. Flera detaljer kring processlösningar utelämnas i texterna och kan fördjupas i samband med presentationen.

2. FRAMTIDEN FÖR KÄPPALA

2.1 INLEDNING

I vårt arbete för att ta fram idéer för framtida avloppsvattenrening vid Käppala avloppsreningsverk har utgångspunkten varit att i så stor utsträckning som möjligt ta vara på existerande resurser på ett effektivt sätt och ta fram förslag som är anpassade till de behov som Käppala har idag och som Käppala kommer att ha i framtiden.

Efter utbyggnaden i slutet av nittioalet lever verket med god marginal upp till de krav som ställs på anläggningen. Dock står Käppala inför ett antal framtida utmaningar. Inom dagens upptagningsområde sker befolkningstillväxt och ett flertal kommuner har visat intresse för en framtida anslutning till verket. Käppala står alltså inför utökade mängder avloppsvatten.

Dessutom kan framtida utsläppsdirektiv komma att föreskriva hårdare utsläppskrav än dagens.

Sammantaget innebär det att framtiden kan medföra att kapaciteten nästan ska fördubblas samtidigt som reduktionsgraden på viktiga parametrar ska ökas.

2.2 VERKETS POTENTIAL

Käppala är idag en relativt lågt belastad anläggning. Det finns med dagens krav och belastning inget behov att öka kapaciteten på verket.

För att bestämma dagens fulla potential vid verket har vi utfört ett antal parallella studier och beräkningar. Dessa visar att det finns gott om inneboende potential i verket under förutsättning att verkets resurser används på ett effektivt sätt. Effektivt driftsätt innebär att driftformen på verket är flexibel och kontinuerligt anpassas till den för stunden rådande belastningen.

Verket kan klara av en betydligt högre belastning inom existerande volymer och om utsläppskraven inte ändras ser vi inget behov av utbyggnad inom de närmaste 10 åren.

Faktum är att trots att det mest högbelastade scenariot nästan innebär en fördubbling av dagens belastning ser vi preliminärt bara behov av mindre ombyggnation eller snarare omkonfigurering av anläggningen. Dock kommer det med ökad belastning att ställas högre och högre krav att processen drivs på ett resursoptimerat sätt.

I det fall det ställs hårdare krav på utgående vattenkvalitet kommer existerande process att behöva kompletteras med teknologier med högre reduktionsgrad och med en större energitillförsel (elenergi och kemisk bunden energi). Dock kan ingreppen på existerande process hållas på ett minimum och existerande volymer kommer inte behöva utökas. I detta fall är det än viktigare att processen drivs resursoptimerat då marginalerna av förklarliga skäl kommer att vara mindre och energitillförseln större.

2.3 TEKNISK LÖSNING

Den mest resurseffektiva lösningen anser vi vara att implementera ett system för processoptimering och överordnad styrning baserat på onlinemätningar.

Denna lösning borgar för ett effektivt utnyttjande av existerande volymer och maskinell utrustning samt den energi som tillsätts processen i dess respektive steg. Inom Veolia familjen har system för och implementering av processoptimering under många år varit en viktig del av verksamheten. Vi har många referenser i Skandinavien och globalt, där vi med relativt små investeringar ökat effektiviteten och kapaciteten på avloppsreningsverk av skiftande storlekar och konfigurationer.

2.3.1 PROCCESOPTIMERING

Vårt primära förslag innebär att aktivslamprocessen drivs med intermittent luftning.

Det innebär att anoxa och aeroba volymer skapas i "tiden" snarare än i fixa volymer. Fördelen med att driva processen på detta vis ligger att förhållandet mellan anox och aerob volym hela tiden kan anpassas till den aktuella belastningen med ökad kapacitet och minskade luftningskostnader som resultat.

För att veta när processen ska luftas installeras onlinemätning av nitrat och ammonium (även fosfatmätning om biologisk fosforavskiljning eftersträvas) på lämpligt position i luftningsvolymen.

Systemet kommer, baserat på inbyggd kunskap och processoperatörernas inställningar, att ställa in fastiderna så att processen drivs med högsta reduktion med minsta energitillskott (MCC – Multi Criteria Control, en av Veolia patenterad styrstrategi).

För att ytterligare förbättra driftsekonomi anpassas syrehalterna hela tiden till den rådande belastningen. På detta sätt undviks onödigt höga syrehalter under de luftade faserna. En fördel med detta sätt att driva och styra processen är att processen enkelt ställs om från ett fokus på energibesparing till ett fokus på maximal reduktion.

En viktig del av processoptimeringen är att undvika suboptimering. Därför koordineras alla styråtgärder inom processen, från inkommande pumpning och fördelning av flödet till eventuell efterfällning.

I STAR-systemet (vårt system för processoptimering och överordnad styrning) finns färdiga moduler för koordinerad styrning av t.ex. slamålder, returslampumpning, dosering av fällningskemikalier och ATS (se nästa avsnitt).

Det finns även möjlighet att utveckla nya moduler i vilken specifika erfarenheter från Käppalaverket byggs in. Dessutom finns det en modul för onlineberäkning av viktiga processrelaterade och ekonomiska nyckeltal, t.ex. aktuell nitrifikationshastighet, aktuell driftkostnad eller aktuellt koldioxidavtryck. I fallet med de höga utsläppskraven kan det även bli aktuellt med optimering av driften av avloppsledningsnätet. Det finns i vårt system även moduler för detta (STAR sewer).

Det är viktigt att notera att implementeringen av processoptimering kan göras oavsett om biologisk fosforavskiljning utnyttjas eller inte. Dock kommer biologisk fosforavskiljning att i viss mån "stjäla" kapacitet från kvävereningen. Trots att vi valt att inte driva processen med biologisk fosforavskiljning är detta en möjlighet som innan den avfärdas bör studeras djupare i ett nästa skede, förstudien.

2.3.2 ATS

ATS eller Aeration Tank Settling är en av Veolia patenterad styrstrategi och en integrerad modul i STAR som syftar till öka den hydrauliska kapaciteten för aktivslamprocessen.

Genom att utnyttja delar av aktivslamvolymen till att sedimentera slam kan slam-ytbelastningen på sedimenteringen minskas vid höga flöden. Genom att utnyttja nitratrekirkulationen eller installera en relativt liten pump för att återföra sedimenterat slam till inloppet av den biologiska volymen, kan anläggningen drivas med ATS under en längre tid. Effekten på reningsresultatet är marginell eftersom höglödessituationer normalt innebär utspätt avloppsvatten vilket kompenserar för den minskade aktiva biologiska volymen.

2.3.3 IFAS

För att ytterligare öka kapaciteten i processen kan processen konverteras till en IFAS-process.

IFAS(Intergrated Fixed-film Activated Sludge) teknologier, bygger på att slammet i aktivslamprocessen kompletteras med bärare av biofilm som förhöjer processens reduktionsgrad då den mängden biologiskt aktiva bakterie- och mikrofloran ökas i systemet.

En stor fördel med IFAS är att biofilmen på bärarna bidrar till att förlänga slamåldern i systemet utan att slamhalten måste höjas. Detta är speciellt viktigt då man behöver öka nitrifikationskapaciteten men begränsas av mellansedimenteringens kapacitet.

Dessutom är IFAS mindre känsliga för temperaturförändringar. En ofta påtalad nackdel är ökade luftningskostnader då reduktionen i biofilmen är diffusionsbegränsad vilket betyder att IFAS processer ofta drivs vid högre syrehalter än traditionell aktivslam.

Ny utveckling inom Veolia indikerar dock att detta inte måste vara fallet. En modifiering av Veolias Hybas-process kan till och med ge ökad resurseffektivitet. Mer om detta i samband med presentationen.

2.3.4 POLERINGSSTEG

Skulle ökade krav på utgående fosfor införas är det troligt att verket kompletteras med ytterligare poleringssteg. Detta beskrivs mer detaljerat i 8.3.

2.3.5 BRÄDDVATTENHANTERING

Det finns anledning att tro att en bräddvattenbehandling bör införas relativt snart vid Käppala. Vi lämnar ett förslag som innebär en mycket kompakt och driftsäker lösning. Anläggningarna kan stegvis byggas in i de avställda sandfångarna. Tekniken vi valt, är Actiflo. Vi ser även att om och när en behandling ska införas att den om möjligt utförs bio-kemisk. Inom Veolia har det utvecklats en variant på Actiflo, Bio Actiflo, som kan ge ytterligare reduktion av löst och partikulärt BOD. Beskrivning återfinns i 8.1.

2.3.6 LÄKEMEDELSRESTER

Då vi anser att reduktionen av läkemedelsrester i de biologiska processerna inte är tillräckliga för eventuella framtida krav, kommer vi att redovisa vad vetenskapen idag anser vara den mest effektiva lösningen, dvs. ozonering, vilket beskrivs vidare i 8.4. Det är dock troligt att andra tekniker kommer att bli intressanta då forskningen på detta område fortfarande är ung.

2.4 FÖRSLAG OCH HANDLINGSPLAN

2.4.1 ÖVERGRIPANDE FÖRSLAG

Ett första steg är att relativt snart implementera processoptimering med intermittent luftning och överordnad styrning. Resultatet av processoptimeringen är minskade elkostnader, kemikaliekostnader och en stabil process.

Då processen utnyttjas på ett mer optimalt sätt kommer verket klara den ökade belastningen som förutses för det kommande årtiondet (upp till c:a 800 000 – 900 000 pe) med en utgående vattenkvalitet som med marginal uppfyller idag gällande utsläppskrav. Sannolikt kommer det under denna period vara nödvändigt att komplettera anläggningen med bräddvattenhantering.

I fallet att kraven skärps eller att belastningen uppgår till 900 000 pe (exakt var kapacitetsgränsen går måste fastställas i ett senare skede), konverteras den biologiska processen till en IFAS-process. Detta ger den nödvändiga kapacitetsökningen för att klara kvävereduktionen.

För skärpta krav på fosfor kompletteras anläggningen poleringsteg med silar eller snabbfällning (Actiflo). Eventuella krav på läkemedel bör hanteras av den då mest effektiva tekniken, men i dagsläget föreslås ozonering.

2.4.2 ÖVERGRIPANDE HANDLINGSPLAN

Vårt förslag spänner av naturliga skäl över flera steg som genomförs först då behovet uppstår p.g.a. ökad belastning eller hårdare utsläppskrav. Dock har i vi handlingsplanen lagt in planerade försök som syftar till att i god tid inhämta kunskap och erfarenheter kring framtida projektsteg. Nedan redovisas fyra huvudsteg i handlingsplanen (se även figur nedan).

1. En förstudie genomförs tillsammans med personal på Käppala för att ta fram mer underlag för korrekta beslut. Eventuellt kan förstudien även rymma pilotstudie av läkemedelsreduktion och om man anser det lämpligt en implementering av ett processoptimeringssystem på en avgränsad del av anläggningen.
2. Här införs processoptimeringen på alla linjer i verket, inklusive ATS-styrningen som ökar den hydrauliska kapaciteten genom det biologiska steget. Efter implementering av systemet på hela anläggningen förväntas dagens utsläppskrav kunna hållas under det närmsta årtiondet under förutsättning att utsläppskraven inte skärps.

Vidare genomför en fullskalestudie av en IFAS/Hybas-process i en av verkets biologiska linjer. Detta för att inhämta kunskap och erfarenheter samt vidareutveckla tekniken till en resurseffektiv process. I detta steg bör även pilotstudier för utveckling av läkemedelsreduktion genomföras om detta inte redan gjorts under förstudien.

- I steg 3 installeras bräddvattenhantering om kraven förblir på dagens nivå. Skulle kraven ha skärpts införs även IFAS/Hybas-processen i hela verket och efterpolering för hantering av utgående partikulärt material.
- I steg 4, som väntas infalla då belastningen på verket ökat till 800 000 – 900 000 PE, installeras Hybas-processen i hela verket och bräddvattenhanteringen utökas till högre kapacitet om kraven förblivit på dagens nivåer.

Om skärpta krav införts kompletteras insatserna som genomförts i steg 3 med utökad kapacitet på bräddvattenhanteringen och efterpoleringssteget. Om krav på läkemedelsreduktion införts implementeras lämplig behandling (ozon-behandling om bättre teknik inte är tillgänglig).

KÄPPALA AVLOPPSRENINGSVRK Idéförslag				
Belastning antal pe	Steg 1	Steg 2 600 000	Steg 3	Steg 4 900 000
Bibehållna krav 8/0,3/10	Förstudie	STAR + ATS IFAS/Hybas-pilot	Bräddvatten steg 1	IFAS/Hybas Bräddvatten steg 2
Skärpt BOD, fosfor och kväve 4/0,1/5		STAR + ATS Bräddvatten steg 1	IFAS/Hybas Polering steg 1	Bräddvatten steg 2 Polering steg 2
Införande av läkemedelsreduktion Reduktion ca 90 %		Läkemedelsred. pilot		Läkemedelsred. (ozonering)

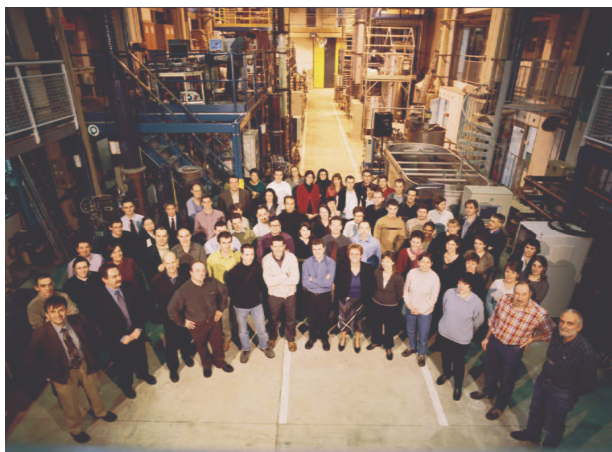
Översiktlig handlingsplan för Käppala.

3. FORSKNING OCH UTVECKLING INOM VEOLIA WATER

Veolia Water har ett eget forskningscentrum utanför Paris, Anjou Recherche som öppnades 1982. För tillfället arbetar etthundratrettio forskare inom områden för dricksvattenproduktion och behandling av kommunalt och industriellt avloppsvatten och -slam.

Just nu pågår bland annat forskningsprojekt inom områden som avsaltning av havsvatten, framtida behandling av avloppsvatten och membranteknik. Många projekt genomförs som samarbeten med högskolor och myndigheter. Det finns således goda möjligheter att initiera projektförsök tillsammans med Anjou Recherche om intressanta idéer uppkommer.

Anjou Recherche har blivit utnämnt till Center of Excellence Marie Curie av Europeiska kommissionen inom följande områden, membranteknik, desinfektion, biologisk behandling och hydraulisk modellering.



Kruger A/S genomför i samarbete med DTI Miljö, Köpenhamns energi, Lynetteselskape, Spillevandcenter Averore samt Århus kommun ett forskningsprojekt, benämnt MILTEK. Miltek står för MILjöeffektiv TEKnologi för långtgående rening av bräddvatten och avloppsvatten. Syftet är att finna tekniker för att ytterligare rena avloppsvatten med avseende på fosfor, suspenderade ämnen, bakterier och miljöfrämmande ämnen. Projektet har nyligen påbörjats och ska avslutas under första halvåret 2010.

Vi vill också nämna ett pilotförsök som VWST genomför tillsammans med Berlin Municipality. Försöket avser polering av fosfor till mycket låga nivåer, < 0,1 mg/l, genom fällning och mikrosilning.

4. ARBETET MED FÖRSLAGET

4.1 FÖRUTSÄTTNINGAR

För upprättande av idéförslaget har följande underlag studerats:

- Underlaget i förfrågan per e-post och brev den 19:e augusti.
- Ritningar över anläggningen bestående av kopior från principförslag till utbyggnad från år 1992.
- Besök med inventering av anläggningen den 26 augusti
- Miljörapport för år 2008
- Käppalaförbundets Industrirapport från år 2004

4.2 ARBETSGÅNG OCH DELTAGANDE PERSONAL – FLIK 13 Cv

Som nämnts i inledningen har flera kompetenscentra inom Veolia Water Solutions & Technologies (VWST) involverats. Arbetena har planerats och letts av svenska VA-Ingenjörerna i nära samråd med danska Kruger A/S.

Dimensionerande data och beräkning samt simulering, genomfördes innan ett flertal ”brainstormings” genomfördes med ett flertal specialister.

Efter ett gemensamt val av ett huvudalternativ har en avsmalning skett och förslaget har detaljerats. Kruger har ett projektsamarbete på några Danska reningsverk som driver försök tillsammans med DHI och Danska kommunala anläggningsägare. Svenska Primozon har varit behjälplig med att ta fram mer konkreta förslag för tillämpningar med ozonering.

Följande företag och individer har deltagit i arbetet och föreslås delta i ett eventuellt fortsatt arbete.

Uppdragsledning	Richard Cederborg	VA-Ingenjörerna (VWST Sverige)
Processspecialist, simulering/styrning	Christian Rosén	VA-Ingenjörerna
Processspecialist	Kim Sorensen	Veolia Eau (Veolia Water Frankrike)
Processspecialist (MBBR, Hybas och läkemedel)	Magnus Christensson Lars-Erik Olsson	AnoxKaldnes (VWST Sverige)
Processspecialist (Actiflo och AS)	Anders Haarbo	VA-Ingenjörerna
Avancerad styrning	Tine Oennerth	Kruger A/S (VWST Danmark)
Membranteknik	Heribert Moeslang Ulrich Mende	Aquantis (VWST Tyskland)
Utredning allmänt	Elin Larsson Sara Stridh Johan Berterud	VA-Ingenjörerna
El- och styrinstallationer	Per Anders	VA-Ingenjörerna
Maskinella installationer	Richard Cederborg Johan Berterud	VA-Ingenjörerna
VVS och luktreduktion	Gunnar Saltin	VA-Ingenjörerna
Byggåtgärder och konstruktion	Sven Retelius	WSP Sverige
Avancerad och energieffektiv pumpning. VA-system.	Magnus Lundberg	Mwave
Bergteknik	Frank Oychterlony	Thyréns
Läkemedelsreduktion	Ulf Nielsen	DHI Danmark

Curriculum vitae för VWST:s personal bifogas.

Observera att vi gärna samarbetar med konsultgrupper med kunskap om de befintliga anläggningarna inom t.ex. bygg-, bergteknik, vvs eller el.

5. NUVARANDE ANLÄGGNING

5.1 RENINGSVERKET - ÖVERSIKT

Verket är till större delen beläget i bergum. Vi har uppfattat att process- och flödesfunktionen ser ut som följer.

Efter rensavskiljning sker en förluftning av avloppsvattnet vars syfte är att avdriva illaluktande gaser. Från förluftningen leds vattnet till en kanal där ett skibord är placerat. Flöden överstigande 6 m³/s leds till recipienten via en bräddtunnel. Under år 2008 skedde ingen bräddning denna väg.

Endast ett sandfång är i drift i dag. De tre äldre sandfångarna är avställda och ett kommer under hösten 2009 att användas för försök med rektvattenbehandling.

Reningsverket består därefter av två block, det äldre i sex parallella linjer och det nyare i fem linjer. I en samlingskanal finns ett fördelningsskibord som leder ca 1/3 av inkommande flöde till det äldre blocket och resterande avloppsvatten leds till det nyare blocket. Respektive block består av försedimentering, luftning och mellansedimentering.

Efter försedimenteringen finns en möjlighet att avskilja flöden mellan 5-6 m³/s. Det bräddade vattnet avleds via en tunnel i vilken det finns möjlighet att endera låta vattnet ledas till sandfiltren eller till recipienten. Funktionen att leda bräddvattnet direkt till sandfiltren har inte använts på grund av att detta anses överbelasta dem med suspenderat material.

Biologin, aktiv slam, är inredd för möjlighet till dels kontaktstabilisering och bio-P. Bio-P används delvis i det äldre blocket. Kontaktstabilisering används inte. Upplöst järnsulfat doseras till returslamflödet och ibland även till sandfilter. År 2008 användes endast ca 8 gFe/m³ för att nå ca 0,2 mgP/l i utgående vatten.

Efter sedimentering av aktivt slam sker fördelning till de 30 sandfiltren. Det är förberett med dosering med extern kolkälla, men det har aldrig behövts användas.

Behandlat avloppsvatten pumpas upp till utloppstunnel.

Överlag är anläggningen mycket väl underhållen med en god arbetsmiljö.

5.2 VILLKOR

Nuvarande villkor och prestanda ser ut som följer.

Förorening	Medelvärde inkommande år 2008 mg/l	Riktvärde utgående mg/l	Medelvärde för utgående år 2008 mg/l
BOD ₇	220	≤ 8 (månad)	< 3
COD	470		32
Fosfor	5,8	≤ 0,3 (kvartal)	0,2
Totalkväve	37	≤ 10 (år)	9
Ammoniumkväve		≤ 3 (juli-okt)	< 1

Årliga utsläpp av BOD₇ respektive N_{tot} får som riktvärde inte överstiga 700 ton/år inkluderande bräddningar.

Kravställda rikt- och gränsvärden har uppfyllts.

5.3 BELASTNING

Enligt miljörapport för år 2008, kan belastningen mm till Käppala sammanfattas:

Förorening	Dim. Belastning ton/år	Belastning ton/år	pe-def. (g/pe*d)	Ekv. ca antal pe
BOD ₇	15 600	12 300	70	481 000
Fosfor	525	350	2,1	457 000
Totalkväve	2 500	2 200	13,5	446 000

Antalet fysiska personer anges vara ca 410 000 pe. Industribelastning framgår av Käppala-förbundets Industrirapport och speglas i ovanstående tabell.

Maxveckobelastningen av BOD₇ anges till 603 600 pe. Det är denna belastning som ska jämföras med tillståndsgiven anslutning om 700 000 pe.

Den totala mängden avloppsvatten som behandlades i Käppala var år 2008, 56,6 miljoner m³. Detta motsvarar 322 l/pe*d beräknat med 481 000 pe eller 378 l/p*d om industribelastningen försummas. Medelflödet anges till 1,7 m³/s.

5.4 DIMENSIONERINGSDATA VATTENBEHANDLING

Den befintliga anläggningens behandlingssteg, redovisas i följande tabell. Belastning anges vid q_{dim} . Tabellen utgör en sammanfattning av den bifogade dimensioneringen K-Konsult 1992.

Anläggningsdel	Enhet	Idag
Dim. flöde inlopp/sandfång, q_{dim}	m^3/s	5
Maximalt flöde till sandfilter	m^3/s	6
Dim. flöde resterande, Q_{max}	m^3/s	10
Medelflöde 2008, q_{med}	m^3/s	1,7
Inloppsdel		
Antal silar	st	10
Förluftning		
Volym	m^3	1 200
Sandfång		
Antal	st	5
Volym	m^3	2 800
Uppehållstid	min	19
Försedimentering		
Antal	st	11
Area	m^2	7 750
Volym	m^3	24 150
Uppehållstid	h	2,7
Ytbelastning	m/h	1,16
Biologisk behandling, aktiv slam variant UCT		
Linjer	antal	11
Volym total	m^3	149 900
Uppehållstid	h	16,7
Eftersedimentering		
Antal	st	11
Area	m^2	12 500
Volym	m^3	63 900
Uppehållstid	h	7,1
Ytbelastning	m/h	0,72
Sandfilter		
Antal	st	30
Area	m^2	1 800
Ytbelastning	m/h	10,0

6. DIMENSIONERINGSGRUNDER OCH ANTAGANDEN FÖR DEN FRAMTIDA ANLÄGGNINGEN - FLIK 1

Vi har ansatt förenklade dimensioneringsgrunder för den framtida anläggningen. Dimensioneringsgrunderna visas i bilaga som består av fem kolumner. Se flik 1.

Kolumn ett visar den dimensionerande belastningen från år 1992, kolumn två visar den uppmätta för år 2008. Sammanställningen är förenklad så tillvida att vi redovisar specifik spillvattenmängd och inläckage/industri som ett samvägt belopp. Vi har summerat de uppmätta till ett totalflöde och en föroreningsmängd etcetera. Vi anser inte att det finns någon anledning att i detta skede gå mer på djupet, det görs i ett senare utredningsskede.

Som medelbelastning, kan vi med rimligt antagna specifika tillrinningar och föroreningar, anta att verket i dag är belastat med motsvarande ca 500 000 pe. Maximal veckobelastning av BOD är uppmätt till ca 600 000 pe.

Kolumn tre till fem, visar framtida belastningar som har angivits i er förfrågan. Dessa är inlagda genom interpolering mot aktuellt antagen medelbelastning om 500 000 pe.

Notera att tabellen använder samma specifika tillrinningar som idag. Anledningen är att vi grovt har bedömt att framtida åtgärder med att sanera ledningsnätet givetvis borde rendera lägre specifika flöden. Vi har bedömt att detta troligen kommer att motverkas av att framtida klimatpåverkan leder till högre nederbörds mängder som motverkar förändringar av specifika tillrinningar.

Vi har använt det bifogade diagrammet över flödestillrinningen till Käppala under helåret 2008. Diagrammet visar enstaka toppar om cirka 5 m³/s under ca 0,5 % av tiden. Ingen bräddning skedde detta år. Diagrammet har vi använt för interpolering av toppflöden då belastningen ökar från dagens ca 500 000 pe till maximalt 900 000 pe. Vi har antagit att

- När belastningen uppgår till motsvarande ca 700 000 pe kommer enstaka toppflöden eventuellt att nå 7 m³/s, ekvivalent till 1 % av årets tid.
- Vid 900 000 pe, uppnås ca 9 m³/s ekvivalent till 2 % av tiden.

Det är troligt att klimatpåverkan samt en ökad andel avloppsvatten via långa överföringsledningar, kommer att leda till att avloppsvattnets temperatur gradvis höjs i framtiden.

Den lägsta temperatur som vi anser trolig för inkommande vatten har vi valt till +10 grader C. Vi kan dock visa att en lägre dimensionerande temperatur inte nämnvärt påverkar vårt idéförslag.

Reduktionsgrader över förbehandlingen, dvs. silning, sandfång och försedimentering har vi ansatt och redovisas i tabellen. Försedimenteringen har vi bedömt ska vara kvar i nuvarande funktion, bland annat med tanke på målsättningen om att behålla en hög rötgasproduktion.

7. SIMULERING AV DAGENS BELASTNING OCH BEFINTLIG ANLÄGGNING

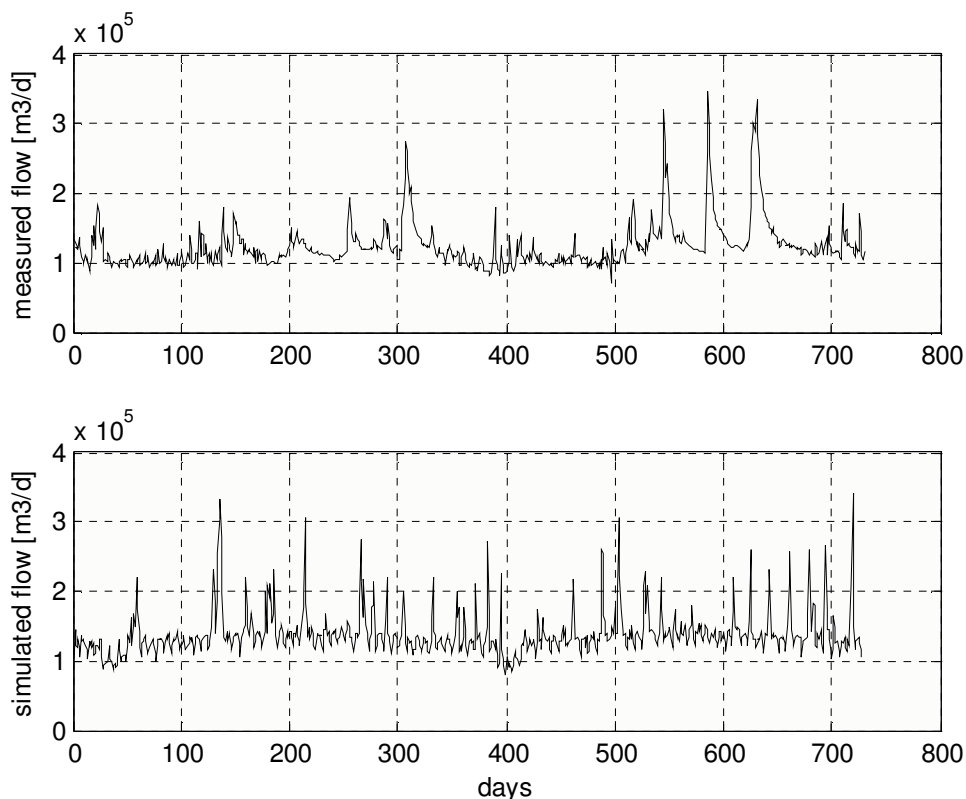
För att fastställa existerande fulla kapacitet har ett antal scenarior simulerats. Endast kvävereduktion har studerats (fosforreduktionen hanteras separat).

7.1 FÖRUTSÄTTNINGAR

7.1.1 INKOMMANDE VATTEN

Som utgångspunkt för belastningen har dimensioneringsdata enligt tabell nedan använts. Dynamiska data har utifrån grunddata konstruerats med en simuleringsmodell för inkommande vatten (se www.benchmarkWWTP.org för mer information). Denna dynamiska indatafil simulerar i princip alla de variationer som kan förväntas i inkommande avloppsvatten (regn, inläckage, dagliga, vecko-, månatliga och års variationer från hushåll och industri, first-flush, etc.).

Scenario	pe	Dimensionerat 700 000	Idag 500 000	Framtid 2015 700 000	Framtid 2025 800 000	Framtid 2035 900 000
Flöden						
Specifik spillvattenmängd	l/pd	200	200	200	200	200
Specifik drän-, och grundvatten	l/pd	100	110	110	110	110
Qs, medelspillvattentillrinning	m3/d	140 000	100 000	140 000	160 000	180 000
Qd, medeldrän- och grundvattentillrinning	m3/d	70 000	55 000	77 000	88 000	99 000
Total medeltillrinning	m3/d	210 000	155 000	217 000	248 000	279 000
Spillvatten, antal timmar per dygn	h	24	24	24	24	24
Normal tillrinning	m3/s	2,4	1,8	2,5	2,9	3,2
Qmax genom biosteg	m3/s	5,0	3,6	5,0	5,7	6,5
Qmax genom försedimentering och sandfilter	m3/s	6,0	4,5	6,3	7,2	8,1
Föroreningsbelastningar till RV						
BOD7-belastning	g/ped	61	70	70	70	70
BOD7-mängd	kg/d	42 700	35 000	49 000	56 000	63 000
	ton/år	15 586	12 775	17 885	20 440	22 995
BOD7-halt	mg/l	203	226	226	226	226
Ptot-belastning	g/ped	2,1	1,9	1,5	1,5	1,5
Ptot-mängd	kg/d	1 435	950	1 050	1 200	1 350
	ton/år	524	347	383	438	493
Ptot-halt	mg/l	7	6	5	5	5
Ntot-belastning	g/ped	9,8	12,0	12,0	12,0	12,0
Ntot-mängd	kg/d	6 860	6 000	8 400	9 600	10 800
	ton/år	2 504	2 190	3 066	3 504	3 942
Ntot-halt	mg/l	33	39	39	39	39
Reduktioner över försedimentering						
BOD och COD	%			40	40	35
BOD/COD			2,1			
Ntot	%			10	10	10



I figuren visas två år av det verkliga inkommande flödet och det simulerade inkommande flödet. Eftersom modellen för det inkommande flödet är byggd för något mindre avrinningsområden än Käppalas är variationerna i det simulerade flöde något snabbare. Detta har i simuleringarna kompensrats för genom att öka flödet något utöver det som redovisats (I en eventuell fortsättning bör modellen för inkommande flöde justeras för att ge en ännu bättre överensstämmelse med Käppalas flödesprofil).

Slutsatsen är att den dynamiska indatafilen uppvisar en tillräckligt god överensstämmelse med den verkligt uppmätta. Indatafilen bedöms ge en god överensstämmelse med de verkliga dynamiska förloppen vid Käppala. Dock har vi inte tagit hänsyn till att en ökad mottagning av avloppsvatten från runtliggande kommuner med stor sannolikhet innebär en utjämning av inkommande flödet. Med andra ord är variationerna i inkommande flöden och koncentrationer i simuleringarna procentuellt lika stora vid belastning 900 000 PE som variationerna är idag, vilket alltså inte är sannolikt. Detta ger en viss säkerhetsmarginal i beräkningarna för högre belastning.

7.2 DRIFTSÄTT

STAR-styrning har antagits i alla scenarior med intermittent styrning av luftningsvolymerna. Luftmängden ansätts vara tillräcklig för att uppnå en syrehalt på 1.5 mg O₂/l, vilket för dagens belastning bekräftats vara ett riktigt antagande. Allt flöde över 5 m³/s efter försedimenteringen då det i detta läge inte antagits att ATS används. Dock vägs utgående mängder kväve under bräddning in i beräkningen för utgående totalkväve. Detta är eventuellt inte relevant då styrningen troligtvis kompletteras med ATS eller med bräddvattenhantering men även detta ger oss en viss säkerhetsmarginal.

7.3 RESULTAT

För varje belastningsscenario har två simuleringar gjorts. I den ena har en slamhalt på 3 g/l sommartid och 3.5 g/l vintertid antagits. Detta stämmer relativt väl överens med hur verket drivs idag. I den andra har en högre slamhalt antagits (4 g/l sommartid och 4.5 g/l vintertid). En sammanfattning av simuleringsresultaten visas i tabellen nedan.

Scenario	Ntot ut (mg/l)	NO ₃ ut (mg/l)	Ytbelastning	Slamytbelastning	% Q > 5 m ³ /s
Idag, 3 – 3.5 g/l	< 5	1.6	0.5	3.3	0
Idag, 4 – 4.5 g/l	< 5	1.3	0.5	4.3	0
700 000, 3 – 3.5 g/l	5.8	2.6	0.7	4.6	0.5
700 000, 4 – 4.5 g/l	4.7	2.0	0.7	6.0	0.5
900 000, 3 – 3.5 g/l	7.8	3.8	0.9	5.9	2*
900 000, 4 – 4.5 g/l	6.2	2.8	0.9	7.7	2*

* Detta tal är med stor sannolikhet överskattat pga. av ingen hänsyn tagits till att ett ökad avrinningsområde leder till större utjämning i flödet.

I resultaten i tabellen har i Ntot ut inkluderats bräddat vatten samt 1.0 mg N/l icke reducerbart kväve. Detta värde har konstaterats på anläggningen. Att det är så lågt organiskt innehåll av kväve kan bero på att Käppala driver en Kemicond-process.

7.3.1 DISKUSSION

Ett antal kommentarer till resultaten:

- Simuleringsresultaten samt andra beräkningar, visar att det inte kommer att vara några problem att klara både dagens och framtida maximal belastning om 900 000 pe med ett kvävekrav på 10 mg N_{tot}/l.
- Det är rimligt att anta att det går att driva den existerande anläggningen till värden på totalkväve under 5 mg N/l för dagens belastning. Detta stöds av de resultat (c:a 8 mg/l) som de klarar idag utan optimering. Man har på anläggningen konstaterat att slamflykt uppträder vid 4 m³/s. Idag styrs dock returslamflödet och överskottslamstyrningen manuellt och styrning av flödesfördelningen visar tecken på ojämn fördelning. Allt detta kan förbättras betydligt med avseende på slamflyktsproblematik. Vidare kan ATS (aeration tank settling) användas för att öka robustheten mot höga flöden vid högre slamhalter än vad som används idag.

- Kan man konstatera att processen går att driva vid 4 – 4.5 gTSS/l bör det inte vara några problem att klara en högre belastning än vad som är fallet idag. Vid 700 000 PE ligger processen på gränsen för att klara 5 mg N/l och det kan vara nödvändigt att komplettera processen.
- För att klara 5 mg N/l med 900 000 PE kommer det att krävas komplettering av processen om den fortfarande ska drivas som en aktivslamprocess.
- I simuleringarna är styrningen inställd så att utgående kväve ligger på 2/3 NO₃ och 1/3 ammonium. Vid eventuell installation av efterdenitrifikation ställs styrningen om för att generera mer nitrat och mindre ammonium i utgående aktivslamsteg för att undvika efterdenitrifikation vid för låga halter nitrat.
- Belastningen på mellansedimenteringen får anses vara acceptabel vid dagens belastning vid både låg respektive hög slamhalt. Belastningen är fortfarande acceptabel vid belastning 700 000 PE även om slamybelastning över 6 kg SS/m³, h är på gränsen. För belastning 900 000 är belastningen för hög på mellansedimenteringen vid den höga slamhalten (4 – 4.5 g/l) och på gränsen vid den låga slamhalten. Dock skulle ATS lindra effekten av detta och det är rimligt att tro att det med ATS är möjligt att driva processen med slamhalter runt 4.5 g/l.

8. FRAMTIDA PROCESSVAL

Vi har beskrivit vårt förslag till handlingsgång för Käppala i kapitel 2. Vissa processlösningar beskrivs och diskuteras kortfattat i detta kapitel. I nästa kapitel föreslås lösningar och förslag till handlingsgång för en eventuell implementering.

8.1 BRÄDDVATTENBEHANDLING – FLIK 8

Den befintliga biologiska behandlingen anges vara är flödesbegränsad vid cirka 5 m³/s. Begränsningen anges bestå i risker för slamflykt från biosteget. När belastningen uppgår till motsvarande ca 700 000 pe kommer enstaka toppflöden eventuellt att nå 7 m³/s, ekvivalent till 1 % av årets totalflöde. På motsvarande sätt, vid 900 000 pe, uppnås ca 9 m³/s ekvivalent till 2 % av totalflödet.

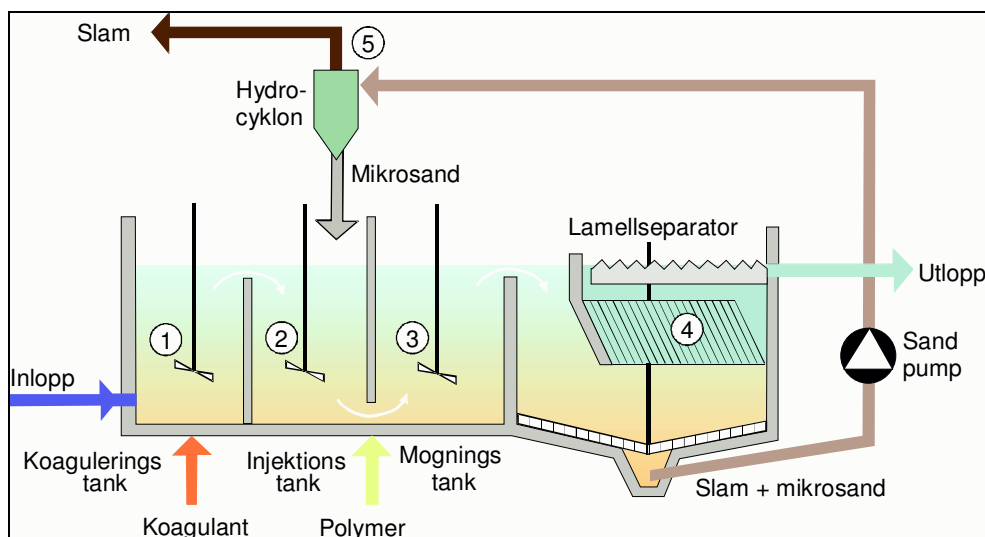
Med ökande tillrinning kommer behovet av en bräddvattenbehandling att öka. En behandling ger även säkerhet för störningar i biosteget.

Vår slutsats i dag är att en behandling av bräddvatten bör införas, men att tidpunkten för detta inte kan anges med säkerhet i dag. Tidpunkt för implementering avgörs i samråd efter mer ingående studier av aktuella och prognostiserade flöden samt beslut om eventuell modifiering av driften av biosteget enligt vårt förslag med processteknisk, överordnad styrning till exempel med hjälp av systemet STAR.

8.1.1 ACTIFLO – KEMISK BRÄDDVATTENBEHANDLING

Inom koncernen finns en mycket kompakt och effektiv teknislösning, ActifloTM. Processen har utvecklats inom koncernen och det finns idag mångåriga referenser från väl fungerande anläggningar, såväl inom vatten- som avloppsreningsverk. Processen finns beskriven i ett produktblad som bifogas. Den kompakta Actiflo-tekniken är förmodligen intressant för Käppala eftersom tillgängligt utrymme i berget är begränsat. Alternativen med konventionell snabbfällning eller flotation (DAF), tar alla betydligt mer utrymme i anspråk.

I ett eventuellt fortsatt arbete jämför vi gärna alternativa tekniker mer specifikt.

Activflo- principbild

Processen beskrivs mer utförligt i bilagd handling. För Käppala kan mycket goda reningsresultat upprätthållas med en ytbelastning om 100 m/h.

Processen har mycket snabb svarstid, normalt erhålls full reningseffekt efter endast 4-5 minuter. Reningseffekten bedöms vi till 40-50% för BOD och >90 % för fosfor och suspenderade ämnen. Drifkostnaden m.a.p el och kemikalier uppgår till 0,12 kr/m³ med användande av de kostnader för el och kemikalier som Käppala angivit.

En bräddvattenbehandling för Käppala skulle givetvis byggas ut i etapper, en första etapp om två linjer med sammanlagd kapacitet att behandla maximala flöden om 1,5 m³/s redovisas i det kommande förslaget. En linje, medger drift vid så lågt flöde som 0,12 m³/s.

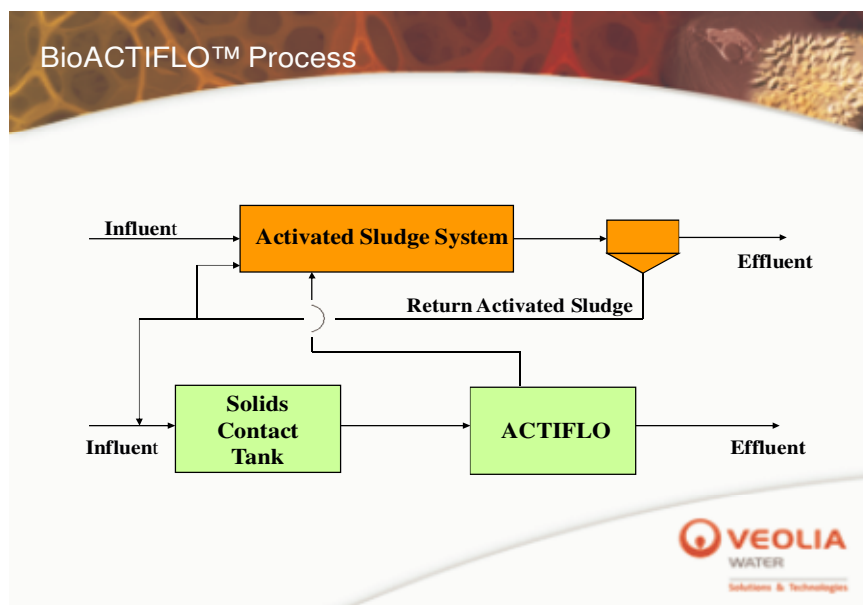
Denna kapacitet kan inrymmas i de två av de f.d. sandfången som utan större ombyggnader kan konverteras. Vi har kostnadsbedömt åtgärderna som redovisas. Som bilaga visas en förslagsskiss på installationen.

Kostnader för drift redovisas och har beräknats utifrån många internationella referensanläggningar som kan redovisas om Käppala finner intresse av tekniken.

8.1.2 Bio ACTIFLO – BIOKEMISK BRÄDDVATTENBEHANDLING

I koncernen sker en ständig utveckling av nya processer, förbättringar av befintliga och utveckling av nya användningsområden. Ett internt utvecklingsprojekt har resulterat i en processtillämning, Bio-Actiflo™.

Bio-Actiflo består av en konventionell Actiflo anläggning som föregås av en kontaktbassäng med kort uppehållstid som i samband med bräddning innehåller returslam med låg slamhalt.



Systemet visar vid referensanläggningar i USA och Frankrike, mycket intressanta resultat. Reduktionen av BOD ökar till cirka ca 70-80 %. I huvudsak är det den lösta BOD-andelen som reduceras tack vare kontaktbassängens adhesionskapacitet.

Eventuellt kan utrymme för kontaktbassänger skapas genom att fördjupa och eventuellt något bredda de kanalsystem som föregår de f.d. sandfången. För att svara på denna fråga måste förhållandena på plats studeras mer ingående tillsammans med er.

Vi förordar att förutsättningarna för att anlägga en bio Actiflo invid sandfången utreds.

8.2 UTÖKAD BIOLOGISK BEHANDLING – FLIK 7, 10, 11 OCH 12

Det finns många möjligheter att öka processens kapacitet utan att utöka utrymmesbehovet.

Under arbetet har vi prövat flera processlösningar men valt bort dessa i vårt huvudförslag. Vi kan omnämna:

- Biologiska filter med denitrifikationskapacitet, till exempel Biostyr eller konvertering av de befintliga sandfiltren
- Renodlad bärraktor, MBBR
- Membranteknik, MBR.

8.2.1 ONLINE PROCCESOPTIMERING OCH –STYRNING, STARCONTROL® – FLIK 7

Vårt system för online processoptimering och -styrning, STARControl®, har framgångsrikt implementerats på många anläggningar i Skandinavien och världen. I systemet finns flera decenniers kunskap och erfarenheter från processoptimering och -styrning av avloppsvattenreningsverk inbyggt.

Vid implementering av processoptimering med STAR kan vi från erfarenhet uppskatta ett antal positiva effekter.

Energiförbrukningen för luftning brukar minska med 20 – 25 %, genom att systemet hela tiden utvärderar behovet av luftning och hela tiden strävar efter att avskilja kolföreningar under oluftade förhållanden. Alternativt kan kvävereduktionskapaciteten ökas med c:a 20%, vilket är en fördel då ökad belastning kan förväntas.

Vidare uppskattas kemikalieförbrukningen minska med 25 – 50 %. Käppala har idag en mycket låg kemikalieförbrukning, varför vi inte i detta förslag medräknat någon ekonomisk effekt av detta.

Används ATS (Aeration Tank Settling) kan den hydrauliska kapaciteten för biosteget ökas med 25 %, vilket under de närmaste årtiondet innebär inga eller ytterst få bräddningstillfällen vid Käppala.

Fördelen med att arbeta med ett system som STAR som arbetar på en överordnad nivå (till skillnad PLC-baserade system) är att processsäkerheten kan ökas då systemet hela tiden utvecklas och förbättras. En viktig komponent i STAR är datakvalitetsövervakning. Denna övervakar varje nytt mätvärde i systemet och bedömer dess kvalitet genom en mängd statistiska tester. Om kvaliteten på ett viktigt mätvärde visar sig vara dålig kommer STAR automatiskt att välja bort detta värde och istället utnyttja antingen ett uppskattat värde eller en reservstrategi baserad på de mätningar som är av god kvalitet. På detta sätt ökas robustheten och tillförlitligheten för systemet blir mycket högt.

Det är vårt förslag, att redan i dag åstadkomma en resurseffektivare drift genom att införa STAR för processoptimering och överordnad styrning av den befintliga anläggningen. I kapitel 6, redogörs för en datorsimulering av den befintliga anläggningen med användande av

on-line styrning via STAR. Simuleringarna samt kompletterande beräkningar visar att Käppalaverket kan drivas med nuvarande utsläppskrav med signifikant ökad belastning, eventuellt hela den ansatta maximala belastningen om cirka 900 000 pe.

STAR beskrivs översiktligt i bilaga flik 7.

8.2.2 AKTIV SLAM MODIFIERAD MED DELVIS BÄRARE, IFAS/HYBAS – FLIK 10

Vårt system för IFAS (Integrated Fixed-film Activated Sludge) är Hybas™ som baseras på AnoxKaldnes bärarteknologi. Denna lösning är vårt huvudförslag och har kostnadsbedömts. Lösningen är en naturlig fortsättning på dagens process och ska även styras intelligent med hjälp av on-line mätning och övergripande styrprogram.

Hybasprocessen är en kombination av en aktivslamprocess och MBBR-process. De långsamt växande nitrifierarna växer på bärarmaterialet och i bärarsteget sker en väsentlig del av nitrifikationen. I det suspenderade slammet sker nitrifikation, denitrifikation samt reducering av BOD. Eftersom nitrifikationen sker i bärarsteget krävs mindre aktivt slam, vilket i sin tur kan översättas till mindre volymer jämfört med en konventionell aktivslamprocess.

Hybasprocessen har med goda resultat använts för att konvertera traditionella aktivslamprocesser över hela världen och är en av de snabbast växande teknologierna för biologisk avloppsvattenrening. Ny utveckling inom Veolia indikerar att luftningsenergin kan hållas på samma nivå som motsvarande aktivslamprocess. En modifiering av Veolias Hybas-process kan till och med ge minskade luftningskostnader samt andra betydande praktiska och ekonomiska fördelar.

8.2.3 MBR – FLIK 12

Vi redovisar en Design Study som utförts av vårt tyska dotterbolag Aquantis.

Vi gav Aquantis uppgiften att se om skärpta krav om totalkväve (≤ 5 mg/l) och totalfosfor ($\leq 0,1$ mg/l) kan upprätthållas vid en belastning om motsvarande 900 000 pe om endast det gamla bioblocket byggs om till en renodlad MBR-anläggning (lösningen benämns BIOSEP^R inom Veolia-koncernen).

Aquantis har i sin beräkning angivit att det sannolikt går. I utredningen föreslås att man använder membran av fabrikat GE-Zenon av typ XeeWeed^R eftersom de ansetts vara den bästa typen för användande i bergrumsförläggning. En viss osäkerhet råder om behovet av en efterdenitrifikation, det kan med säkerhet inte avgöras innan ett pilotförsök genomförs.

För att skydda membranerna mot fibrer krävs det en förbehandling innan membranerna. Frågan är om nuvarande galler silning och försedimentering är tillräcklig, även detta måste undersökas.

Den totala investeringskostnaden för att införa en MBR lösning i det äldre biologiska blocket kan kostnadsbedömas till cirka 5-600 Mkr. Driftkostnaden vid 900 000 pe kan skattas till

cirka 18 Mkr med ett energipris om 0,71 kr/kWh. Enligt våra bedömningar har prisnivån för membran börjat plana ut, varför någon större prisreduktion inte bör tillgodoses om en anläggning byggs i framtiden.

Vi har tills vidare ansett att totalkostnaden för att införa en MBR-lösning vid Käppala, överstiger nyttan jämfört med andra lösningar. MBR kan vara intressant om det råder säkerhet om att väsentligt skärpta reningskrav, inkluderande läkemedelsreduktion, kommer att genomdrivas i en nära framtid.

8.2.4 REJEKTVATTENBEHANDLING MED ANAMOX – FLIK 11

Vi ser i detta idéförslag ingen omedelbar fördel med att införa en separat behandling av rejektivatten, men det kan efter samarbete med er finnas fördelar så att en lösning än dock kan komma att bli intressant. Den första anläggningen i drift finns vid Himmerfjärdsverket och har utvärderats i Svenskt Vatten rapport 2008-18. Vi lämnar en kort information om Anamox.

I mitten av 90-talet identifierade forskare en ny bakterie som var involverad i kväveomvandlingen och bakterien fick namnet Anerobic Ammonium Oxidisers, Anammox. Bakterien omvandlar ammonium (NH_4) med nitrit (NO_2) som elektronacceptor till kvävgas (N_2). Anammoxbakterierna lever alltid i symbios med ammoniumoxiderare (Nitrosomonas), vilka producerar den nödvändiga nitriten. De två reaktionerna tillsammans, nitrifikation och anamox, kallas för deammonifikation.

Deammonifikation tar en genväg jämfört med den traditionella nitrifikation och denitrifikation processen. Endast 50 % av inkommande ammonium oxideras till nitrit av ammoniumoxiderarna. Därefter tar anammoxbakterien över och utnyttjar det ammonium som finns kvar i avloppsvattnet och den nitrit som har bildats och bildar i sin tur kvävgas.

Eftersom bara 50% av inkommande ammonium oxideras till nitrit åtgår det mindre luft än i en aktiv slam process där all ammonium först oxideras till nitrit och därefter till nitrat. Dessutom renar deammonifikationsprocessen kvävet utan tillsats av extern kolkälla. Mindre luftåtgång och ingen kolkälle-dosering gör att deammonifikation är en mycket resurssnål process.

För att kunna utnyttja deammonifikation måste vattnet som ska renas uppfylla vissa kriterier; det måste hålla en hög ammoniumhalt ($>300 \text{ mg/l}$), en hög temperatur ($>20^\circ\text{C}$) och en hög N/COD-kvot (>1). Systemet måste dessutom ha en lång slamålder på grund av att anammoxbakterierna har en fördubblingstid på ca två veckor och därmed tillväxer långsamt. Den långa fördubblingstiden är processens stora nackdel eftersom det tar drygt ett år att starta upp processen. När processen väl är etablerad har den dock visat sig vara robust.

Rejektivattenbehandling har vi tills vidare lämnat i detta förslag, eftersom vi sett att Käppala har volymer som kan klara den framtida maximala belastningen om 900 000 pe utan att inför en extra processbehandling. Om det visar sig att belastningen aldrig kommer att nå 900 tpe, kan det givetvis vara intressant att diskutera rejektivattenbehandling, då en sådan onekligen ger en väsentlig avlastning av biosteget.

8.3 UTÖKAD KEMISK BEHANDLING OCH PARTIKELREDUKTION – FLIK 8

De existerande sandfiltren är av hög kvalitet och bör så långt som möjligt behållas i en framtida processlösning.

Kruger A/S genomför i samarbete med DTI Miljö, Köpenhamns energi, Lynetteselskape, Spillevandcenter Averore samt Århus kommun ett forskningsprojekt, benämnt MILTEK. Miltek står för MILjöeffektiv TEKnologi för långtgående rening av bräddvatten och avloppsvatten. Projektet studerar olika kombinationstekniker för att åstadkomma en högre reningsgrad vad gäller små föroreningsmängder med avseende på fosfor, suspenderad substans, bakterier och miljöfrämmande ämnen som hormoner. Resultaten från detta projekt kan ha betydelse för utformningen av ett framtida Käppala varför vi lyfter fram projektet i detta förslag. MILTEK studerar bland annat:

- ✓ Sandfilter ombyggda till aktivt kolfilter
- ✓ Kompakt och snabb flockning och sedimentering baserad på recirkulerande aktivt kol
- ✓ Oxidativ hydrolys
- ✓ Mikrosilning med föregående flockning och koagulering

Eftersom även miljöfrämmande ämnen studeras, visar försöken hur metoderna kan reducera läkemedelsrester.

Veolia Vatten genomför även ett försöksprojekt tillsammans med den kommunala anläggningen Ruhleben WWTP i Berlin. Design flödet är 2,9 m³/s och målet med försöket är att sänka utgående totalfosfor från 0,1-0,5 mgP/l till 0,05-0,12 mgP/l. Försöket genomförs som ett pilotförsök med en delström avloppsvatten om 100 m³/h som leds genom flockning och koagulering där flocken avskiljs över ett roterande skivfilter med 10 mikrons öppningshål.

Just nu pågår en tillbyggnad av Rya verket i Göteborg, där 32 mikrosilar installeras efter befintliga slutsedimenteringsbassänger för att minska utgående susphalter och fosforhalter. Anläggningen är dimensionerad för ett maxflöde på 36 000 m³/h och skall reducera susphalter från 30 mg/l till 10 mg/l. Anläggningen kommer att tas i drift under våren 2010.

Den verksamhet som nämns ovan ligger delvis till grund för vårt förslag till att skärpa prestandakraven på utgående totalfosforhalt från 0,3 mg/l till 0,1 mg/l.

För att åstadkomma utökad fosforreduktion föreslår vi två alternativ som baseras på att förstärka fällnings- och filtreringssteg mellan nuvarande mellansedimentering och sandfiler. Alternativen är i form av Actiflo eller kemisk fällning och mikrosilning. Dessa lösningar presenteras. Val av alternativ bör ske efter försöksverksamhet.

8.3.1 KEMISK SNABBFÄLLNING FÖRE SANDFILTER – FLIK 8

Actiflo-tekniken kan även användas som en mycket kompakt lösning för att avlasta och förstärka behandlingen över de befintliga sandfiltren.

I princip är anläggningarna identiska med de föreslagna anläggningarna för bräddvattenbehandling, men större. En linje byggs för att behandla vatten från det gamla blocket och en linje för det nya.

Tack vare att Actiflo är snabbstartad kan man välja om processen ska vara i kontinuerlig drift eller användas vid behov, det vill säga om susphalten eller/och fosforhalten efter filter överstiger tillåtet värde. Vi har i beräkning av kostnader antagit att Actiflo behöver vara i drift 70 % av tiden utslaget på ett år, dvs. ca 70 % av årsmedel flödet. Fördelningen förefaller rimlig med hänsyn till de uppgifter som finns i dag.

Vi rekommenderar att ett pilotförsök genomförs för att få dimensioneringsunderlag för en verklig anläggning. Försöket genomförs med vatten från en biolinje och förhållanden som efterliknar framtida förhållanden.

Anläggningarna kan placeras i en frigjord sedimentering i det gamla blocket. Alternativt, om det visar sig nödvändigt och bergtekniskt möjligt, tillskapas utrymmen genom att spränga mindre hallar i berget mellan sedimentering och sandfilter.

Tänkbara placeringar, i sedimentering och i berghallar, redovisas skissartat under flik 5.

8.3.2 MIKROSILNING EFTER SANDFILTER

Som ett alternativ till Actiflo kan mikrosilar användas för att polera utgående vatten efter sandfilter och på så sätt uppnå lägre susp- och fosfor halter.

Anläggning utformas i princip enligt nedan:

Metallsalt tillsätts som idag på sandfiltrena och därefter pumpas avloppsvattnet och fördelas vid ca 800 000 pe till 15 mikrosilar. För att erhålla en låg susphalt förses mikrosilarna med dukar med en porstorlek på 10 µm. Utgående vatten leds till befintlig utloppsledning och avskilt slam pumpas tillbaka till försedimenteringen för att inte överbelasta slutsedimenteringen.

Anläggningen placeras i en frigjord slutsedimenterings bassäng i gamla blocket. Möjlig placering av 15 silar, i sedimentering redovisas skissartat under flik 5.

Det kan även vara nödvändigt med en koagulering och en flockning framför mikrosilarna för att erhålla en fosfor halt mindre än 0,1 mg/l. Detta får en framtida förstudie visa.

8.4 REDUKTION AV LÄKEMEDEL

8.4.1 KUNSKAPSLÄGET – EN KORT SAMMANFATTNING

I Sverige har nyligen ett Läkemedelsprojekt, utfört av Stockholm vatten, avslutats. Där har olika reningstekniker testats som kan komplettera den ordinarie reningen av avloppsvatten för att utöka reduktionen av läkemedelsrester.

Bland annat har försök gjorts med två oxiderande metoder (ozonering och UV-ljus i kombination med väteperoxid) och ett antal separerande metoder (nanofilter, omvänd osmos, aktivt kol). Dessutom har några olika biologiska metoder undersökts.

Resultaten visar att det går att rena bort läkemedelsrester med flera av dessa metoder. Ur ekotoxikologiskt perspektiv är aktivt kol eller ozonering med låg dos de bästa teknikerna. En grov bedömning av kostnader och energiåtgång, dvs resursförbrukning, visar att dessa metoder även är bäst ur detta perspektiv.

Läkemedelsprojektet redovisar sin slutrapport i samband med ett seminarie i december.

I Danmark pågår, som omnämnts i föregående, bland annat ett forskningsprojekt benämnt MILTEK där förmågan att reducera läkemedelsrester med olika tekniker ingår. Vi föreslår att de påbörjade försöken med Actiflo Carb, flik 9, som genomförs i projekt MILTEK följs och att dessa försök eventuellt utökas i sin analys av specifika läkemedelsrester för jämförelse med svenska läkemedelsprojektet.

8.4.2 EXEMPLET OZONERING VID 800 000 PE

I vårt förslag har vi valt att mer detaljerat studera en av de två mest intressanta behandlingsmetoderna som utpekats i det svenska läkemedelsprojektet, ozonering.

Läkemedelsprojektet anger att en dosering med 5 g O₃/m³ avloppsvatten ger en nedbrytningsgrad om ca 80 % av de uppmätta ämnena och att nedbrytningsgraden ökar till ca 90 % om doseringen höjs till 15 g O₃/m³.

För att få bästa möjliga bedömning av konsekvenserna för Käppala vad gäller teknik, utrymmesbehov och kostnader, har vi samarbetat med en svensk tillverkare av system för ozontillverkning och dosering, Primozone Production AB. Primozone har en patenterad teknisk lösning för produktion av ozon som anses vara energieffektivare än andra fabrikat på marknaden.

Vi har valt att studera konsekvenserna för de doseringsmängder som nämns ovan, 5 respektive 15 g O₃/m³. Kostnader för investering och drift baseras på uppgifter från Primozone samt egna kompletteringar för bygg samt övrigt och anpassning. Kostnader har bedömts för en anläggning, belastad med cirka 800 000 pe.

Egentillverkning av syrgas via VSPA (Vakuum Pressure Swing Adsorption) teknik studeras istället för köp av syrgas. VSPA-tekniken är ett sätt att tillverka syrgasen på plats. Man separerar syret från kvävet och lagrar den koncentrerade syrgasen i en bufferttank. Inga andra produkter än den omgivande luften behöver tillföras VSPA-enheten (förutom el).

Med VSPA-teknik finns behov av att kyla delar av processen, dessutom måste även ozongenereringsprocessen kylas. Vi har räknat med en kylvattentemperatur på 12° C. Processen fungerar även vid högre temperatur men ger då något mindre volym ozon.

Beroende på att det finns suspenderat material i reaktortanken så föreslås preliminärt att en injektionslösning studeras. Injektion ger säkrare och lägre inlösningsbehov och medför inte behov om årliga tömningar av bassänger.

Om vi ansätter en uppehållstid på 7,5 minuter krävs en bassängvolym om ca 2 200 m³.

Primozone har vidare bedömt utrymmesbehovet för både VSPA och ozoneringsutrustning. Beroende på doseringsområde blir ytbehovet:

5 g O₃/m³: ca 250 m²

15 g O₃/m³: ca 1 000 m²

Primozone Production AB har redan utfört ett antal studier för tillverkning av större enheter av ozongeneratorer än vad som säljs i dagsläget. Det största aggregat som finns till försäljning i dag är har kapaciteten 1 kg O₃/h. De enheter som kostnadsbedömts har en kapacitet på cirka 10 kg O₃/h. Det skulle då gå åt 16 st aggregat á 10 kg/ plus 2 st aggregat á 1 kg O₃/h, vid en dos om 15 g O₃/m³.

Vi kan i dagsläget ansätta några grova bedömningar av investerings- och driftkostnadsbehov för framtida ozoneringsanläggning som eventuellt kan medför reduktion av läkemedelsrester om ca 90 %, d.v.s en dos om 15 g O₃/m³. Investeringskostnaden kan bedömas till cirka 160 Mkr, årlig driftkostnad till ca 17 Mkr. Sammantaget ger det en ungefärlig årskostnad om 0,4 kr/m³.

Om vattenbehandlingen i Käppala i framtiden ändras enligt vårt idag redovisade förslag till ombyggnad till IFAS-process, finns möjlighet att ställa av en av de befintliga biolinjerna i det gamla blocket. Detta block medger ungefär utrymme för uppställning av aggregat med installationer samt anordnande av bassänger samt installationer för tryckhöjning och injektion av O₃ mm.

Det bör alltså vara möjligt att ordna läkemedelsreduktion utan att bygga ut Käppala reningsverk och grova indikationer om kostnader visas. Kostnaderna blir i vår bedömning, lägre än de som Läkemedelsprojektet nyligen redovisat. Anledningen är förmodligen skillnader i energiåtgång (ozoneringsteknik) men även skillnader i ansatt energipris och räntesats mm.

8.4.3 FÖRSLAG TILL FORSKNINGSPROJEKT

Vi bedömer att krav om reduktion av läkemedel vid kommunala anläggningar befinner sig cirka 10-15 år framåt i tiden. Denna tid bör användas till att finna argument för eller emot ett införande av rening, finna resursoptimala reningsfunktioner och studera eventuella risker med behandlingen.

Vi föreslår ett par utvecklingsprojekt för att fortsatt studera möjligheterna till reduktion av läkemedelsrester. Den förstnämnda, Actiflo Carb, kan eventuellt även kombineras med strängare krav om fosforreduktion, ned mot 0,1 mg/l.

Nordiska rådet kan eventuellt delfinansiera ett forskningsprojekt inom detta område. En förutsättning brukar vara att fler skandinaviska länder samarbetar i projektet. Vi föreslår att möjligheten att söka finansiering genom Nordiska rådet undersöks.

Förslag: Actiflo Carb – Flik 9

Actiflo Carb har utvecklats inom koncernen som en lösning till att, kompakt, åstadkomma en utökad reduktion av organiska ämnen, pesticider, lukt och smak samt lösta mikroföroreningar (t.ex. hormonella substanser).

Processen utgörs av en Actiflo anläggning som föregås av en kontaktreaktor för inkommande vatten och pulvriserad aktivt kol (PAC). Kolet utgör i denna process kontaktyta för adsorption av kemiska ämnen. Mikrosand och lite polymer tillförs som vanligt i en flockningsreaktor.

Kolet avskiljs via sandcyklonen och leds tillbaka till kontaktreaktorn för återbruk.

Adsorptionen av kemiska ämnen gör att kolet inom vissa tidsintervall, sannolikt 3-6 månader, måste bytas eller regenereras. Actiflo Carb belastas normalt med ca 30 m/h.

Fel! Objekt kan inte skapas genom redigering av fältkoder.

Principbild Actiflo Carb

I dag finns flera referensanläggningar med Actiflo Carb, såväl för behandling av dricksvatten som för avloppsvatten.

Vi föreslår att de påbörjade försöken med Actiflo Carb som genomförs i projekt MILTEK följs och att dessa försök eventuellt utökas i sin analys av specifika läkemedelsrester för jämförelse med svenska läkemedelsprojektet. Om metoden anses intressant för Käppala, föreslår vi att en försöksverksamhet påbörjas. Försöken bör eventuellt läggas upp med och utan ozonering för att studera ozoninverkan på prestanda och kolets livslängd.

Förutom Actiflo Carb finns intressanta projekt att studera om vilja och intresse finns.

Vi vill bland annat nämna att t.ex. konvertera ett av de befintliga sandfiltren till ett kolfilter. Även ozonering efter försökslinje med IFAS teknik kan vara ett lämpligt försök, anpassat till Käppalaverkets förutsättningar.

9. UTBYGGNADSFÖRSLAG MED KOSTNADER

Det primära målet med vår idé till utbyggnad, är att optimera den befintliga processen så långt som möjligt. Optimeringen syftar till att eliminera utbyggnader och minimera resursbehovet utan att minska stabiliteten och säkerhet. Genom att minimera resursbehovet tillgodoses även harmoni med klimatmålet på bästa sätt.

Vi anser oss ha funnit ett huvudförslag som i etapper kommer att lösa de framtida behoven och önskemålen för anläggningen och dessutom ger stor flexibilitet för framtiden.

Parallellt med de första mer detaljerade arbetena med förstudie, föreslås ett par upplägg för pilotstudier som bör genomföras för att nå bättre kunskap om möjligheter till reduktion av läkemedel. Konsekvens och nytta med läkemedelsreduktion är fortfarande i sin linda och kommer att kräva en samlad samhällsanalys innan exakta processlösningar kan definieras.

Det förslag som vi redovisar är i mycket hög grad anpassad för att ta hänsyn till utveckling av ny kunskap under de närmaste 10-15 åren. Ett första utbyggnadssteg säkerställer tillväxten och ger beredskap för skärpta reningskrav förutom för läkemedel.

Vi har försökt att koppla behov och konsekvens till en ökande belastning och/eller skärpta reningskrav. Det är svårt att ange exakta gränser.

Vi redovisar i tabellen nedan förslag som block inlagda i en ungefärlig tidsskala. Respektive block i figuren, innebär åtgärder som redovisas relativt kortfattat i den följande texten så att ni förstår vilka åtgärder som blir aktuella och hur vi utfört kostnadsbedömningen.

KÄPPALA AVLOPPSRENINGSVÄRK					
Idéförslag					
Belastning antal pe	Steg 1	Steg 2 600 000	Steg 3	Steg 4	900 000
Bibehållna krav 8/0,3/10	Förstudie	STAR + ATS IFAS/Hybas-pilot	Bräddvatten steg 1	IFAS/Hybas Bräddvatten steg 2	
Skärpt BOD, fosfor och kväve 4/0,1/5		STAR + ATS Bräddvatten steg 1	IFAS/Hybas Polering steg 1	Bräddvatten steg 2 Polering steg 2	
Införande av läkemedelsreduktion Reduktion ca 90 %		Läkemedelsred. pilot		Läkemedelsred. (ozonering)	

Under kapitel 9.3 redovisas denna tabell återigen, kompletterad med investeringskostnader, driftkostnader samt kapitalkostnader.

Steg ett innebär att tillsammans med er genomföra en förstudie kring de alternativ som ni finner intressanta ur vårt redovisade idéförslag. Detta steg har inte prissatts.

9.1 BIBEHÅLLNA KRAV

Vårt förslag till första utbyggnader, innebär relativt blygsamma investeringar om dagens villkor behålls. Vi rekommenderar ett snart införande av:

- Införande av **STAR plus ATS**.
- Konvertering av en biolinje för drift som **IFAS/Hybas pilot**. Möjligheten till låg slambelastning av mellansedimenteringen samt andra process- och resurs-effektiviserande fördelar utvärderas genom fullskaleförsök.

Efter en tids drift med STAR plus ATS, tas beslut när Käppala kompletteras med en **Bräddvattenbehandling steg ett**.

När belastningen närmar sig cirka 800 000 pe, bör **Bräddvattenbehandling steg 2** införas samt att i princip alla biolinjerna konverteras till **IFAS/Hybas**.

I och med ovanstående åtgärder bedömer vi att anläggningen är väl förberedd för den maximalt framtida belastningen om 800 000 - 900 000 pe som skisserats i ert förfrågningsunderlag.

9.1.1 STAR OCH ATS

Processen kompletteras med ett processteknisk överordnat styrsystem som baseras på on-linemätning av vitala parametrar. Vi rekommenderar det egenutvecklade programmet STAR2^R.

Anläggningens respektive block förses med STAR-styrning. Aktivslambassängerna behålls i stort i sin nuvarande utformning, men det sker en komplettering av luftargrupper och omrörare så att en större flexibilitet uppnås. Vidare kompletteras med ytterligare instrument för on-line mätning, bland annat nitrat och ammonium, slam och syre.

- Star- styrning installeras till respektive block. STAR förses med moduler för styrning av nitrifikation, denitrifikation, returslampumpning, fördelning av flöde, dosering av kemikalier samt ATS.
- Implementering av två separata STAR system för styrning av biologin. Servrar installeras i Käppalas centrala vaktrum/datorrum. Beskrivning av STAR systemet framgår av bilaga.
- Styrda fördelningsluckor till respektive bioblock. Styr via STAR
- Förbättring av/med reglerbara luckor till respektive behandlingslinjerna.
- Gamla och nya bioblocket förses stegvis med kompletterande omrörare och luftargrupper så att erforderlig flexibilitet uppnås. Preliminärt gör vi bedömningen att de befintliga blåmaskinerna inte behöver förstärkas. Den kapacitet som beskrivits bör räckra även med ökande belastning. I kalkylen har vi räknat med cirka 30 stycken nya omrörare av samma fabrikat som de befintliga.

- Till minst en linje per block, installeras nitrat och ammoniummätare för onlinemätning.
- Komplettering med extra syre och slamhaltsmätare, vi har medräknat 10 stycken nya instrumenteringar i bedömning av kostnader.
- Komplettering med bryggor mm för nya omrörare

9.1.2 HYBAS PILOTLINJE OCH KOMPLETT HYBAS

För att klara framtida belastning samt ökade krav byggs biosteget om till en Hybas process. Kombinationen med en Hybas process och styrning med Star kommer det inte bli några problem att klara högre utgående reningskrav vid ökande belastning. I god tid innan detta görs, föreslår vi att en av biolinjerna konverteras och utgör pilotlinje för slutlig design mm.

För en konventionell Hybas process vid Käppala har vi gjort en dimensionering som ger att en anläggning preliminärt kan se ut på följande sätt. Vi anser att en av de äldre biolinjerna kan lämnas orörd och kan användas för annat bruk, t.ex. läkemedelsreduktion. Observera att beskrivningen är preliminär och att vi med stor sannolikhet kommer att föreslå en annan uppbyggnad, jämför vad vi inledningsvis nämnt om förbättring av IFAS-process.

Respektive biolinje delas in i 9 stycken steg, ett pre-anox steg för att reducerar nitrat i det recirkulerade slammet innan den aeroba tanken.

För att erhålla kolkälla passerar 20 % av inkommande flöde via detta steg och resterande 80 % leds direkt till den anaeroba tanken för att eventuellt erhålla bio-P.

Nästa steg är en pre-denitrifikation och därefter en steg för reduktion av BOD.

Det femte steget är nitrifikation med bärarmaterial (hybrid).

Därefter leds vattnet till De-oxygenation för att minska syret innan det recirkuleras tillbaka till pre-denitrifikation eller leds in till post denitrifikation.

Från post denitrifikation leds vatten in till re-aeration för att oxidera det kvarstående BOD.

Recirkulera slam leds eventuellt via hydrolys för att förbättra för den biologiska fosfor reduktionen.

- Nitrifikation bärarsteget förses med ett grovblåsigt luftarsystem anpassat för bärarmaterial. Komplettering sker eventuellt med nya blåsmaskiner.
- Bärare till bärarsteget. Observera att det endast är en mindre del av varje biolinje som ska förses med bärare, övrig del av bassängen drivs som konventionell AS. Mängden bärare är därför begränsad och kan sannolikt sänkas än mer jämfört med den kostnadsbedömning som gjorts till förslaget.
- För att minska fluxet in till bärarsteget leds vattnet in på långsidan av tanken m.h.a av en fördelningskanal som placeras efter kanten.
- Biolinjen förses med ett antal nya mellanväggar för optimering av processfunktion
- För att behålla bärarmaterialet i tanken installeras runda silar som placeras efter långsidan av respektive bassäng.
- Mellanväggar, luftargrupper och omrörare omplaceras/flyttas för erhållande av optimal processfunktion.
- Mätare omplaceras till optimala lägen för fortsatt STAR styrning.

9.1.3 BRÄDDVATTENBEHANDLING STEG ETT OCH TVÅ

Bräddvattenbehandling införs vid en tidpunkt som avgörs efter en analys av flödestillrinning till Käppala. En bräddvattenbehandling för Käppala skulle givetvis byggas ut i steg.

De tre äldre sandfången används inte i dag. Vi redovisar en lösning där en linje installeras i två av de befintliga sandfången, som ett första steg. Placering av behandlingen i någon eller några av dessa är strategiskt rätt. Det behandlade vattnet leds till ett nytt utlopp till tunnel, föregånget av flödesmätning och provtagning. Kapacitet 0,12 till 1,5 m³/s.

Om det visar sig möjligt, ur bergteknisk synpunkt, föreslår vi att bräddvattenbehandlingen utförs biokemisk genom införande av en kontaktbassäng före respektive Actiflo, dvs. Bio-Actiflo.

När belastningen ökar genomförs steg två. Ytterligare ett sandfång förses med Actiflo. Den kapacitet som då erhålls uppgår till cirka 0,12 till 2,2 m³/s, vilket bör motsvara ett verkligt framtida maxbehov. Vi tror att ett ombyggt biosteg till IFAS/Hybas klarar en viss ökad flödesbelastning. Studier får visa om det bergtekniskt går att utvidga ett sandfång så att dubbla Actiflo kan byggas som steg två. Vi har i kostnadsbedömningen endast räknat med en Actiflo till det tredje sandfånget som steg 2.

- Ombyggnad av den befintliga avstängningen i kanal före de f.d. sandfången så att avloppsvatten > cirka 5-6 m³/s leds till bräddvattenbehandling
- Två av sandfången byggs om och inreds för Actiflo utformning med bassänger för koagulering, injektion, mognad och lamellsedimentering. En Actiflo med kapacitet mellan 0,12 till 0,7 m³/s upptar en yta om ca 15*5 m med ett vattendjup om 4 m.
- Arbetet innebär preliminärt inget tillkommande bergarbete utan endast rivning av betongkonstruktioner och räckan mm. Botten i sandfången fylls med makadam och ny högre belägen betongbotten samt väggar för indelning i bassängenheter gjuts. Vattendjup om 4 m etableras.
- Styrda inloppsluckor till respektive linje installeras.
- Ovanför injektionsbassängen installeras fem sandcykloner och sandbehållare med dosering.
- Aggregat för dosering av flytande polymer installeras ovanför mognadsbassängen.
- Reningsverkets kemikalieanläggning kompletteras med nya doseringspumpar och ledningar för separat, flödesstyrd kemikaliedosering
- Lokala styrskåp installeras för respektive linje
- Bassängenheterna förses med täckningar och räckan
- Kompletterande spolposter samt kompletterande ventiler av bassänger och bergrum så att en god arbetsmiljö erhålls
- En ny utloppstunnel sprängs mot befintlig tunnel.
- Utrusning för provtagning och flödesmätning installeras.

9.2 SKÄRPSTA RENINGSKRAV

Någon gång utmed tids-/belastningsaxeln kommer eventuellt skärpta krav att ställas på Käppalaverket. I förfrågan ställdes frågor kring vad som vi anser krävs och vad detta skulle innebära i investerings- och driftkostnader.

För skärpning av kraven på BOD, P respektive N bedömer vi att det innebär följande för Käppala.

BOD/N ned till 8/5 mg/l:

- **STAR plus ATS** införs.
- **Bräddvattenbehandling steg ett** införs.
- **IFAS/Hybas** införs när belastningen närmar sig cirka 700 000 pe.
- Etanoldosering förutsätts ske med cirka 20 g/m³.
- **Bräddvatten steg två** genomförs när belastningen närmar sig cirka 800 000 pe.

P ned till 0,1 mg/l:

- **Polering steg ett** införs direkt.
- **Polering steg två** införs när belastningen närmar sig cirka 800 000 pe.

Reduktion av läkemedelsrester:

- **Läkemedelsreduktion** genomförs om och när krav ställs. Vi redovisar en full utbyggnad med ozonering, eftersom det är mest sannolika lösningen om reduktion ska uppgå till 90 %, med dagens kunskapsläge. Alternativ eller kombinationer studeras.

I och med ovanstående åtgärder bedömer vi att anläggningen är väl förberedd för den maximalt framtida belastningen om 900 000 pe med de skärpta krav som skisserats i ert förfrågningsunderlag.

9.2.1 UTBYGGNAD AV IFAS/HYBAS M.H.T SKÄRPSTA KRAV

Utbyggnaden av Hybas sker i överensstämmelse med vad som krävs vid bibehållna krav. Dock krävs det en utökning av luftningsutrustningen som är svår att specificera utan detaljkunskap om hur den befintliga ser ut. Vi har i kostnadsbedömningen tagit med investeringar för att öka luftarkapaciteten och blåsmaskinskapaciteten med ca 25 % jämfört med i dag. På samma sätt har vi ansatt en ökad energiåtgång med 25 % jämfört mot en interpolering av dagens angivna elförbrukning i biosteget. Eventuellt fylls mer bärarmaterial på i bärarsteget.

9.2.2 POLERING STEG ETT OCH TVÅ

Vi har skisserat två alternativa lösningar som framgår av föregående kapitel. Val av alternativ, bör föregås av försök.

Kostnadsbedömningar av båda alternativen har gjorts. Det visar sig att en kompletterande silning efter kemisk fällning på sandfilter, blir ekonomiskt mest fördelaktig om den placeras i en av de befintliga biolinjernas sedimentering. Dock tillkommer en relativt stor kostnad för att anlägga en ny pumpstation för utlopp

Om en Actiflo lösning studeras, bör den avlasta sandfiltren eftersom Actiflo innehåller ett kemiskt fällningssteg. Även denna anläggning kan placeras i en frigjord sedimentering men ett alternativ som bör övervägas är att tillskapa utrymmen genom att spränga mindre hallar i berget mellan sedimentering och sandfilter. En placering där gör att logistiken för in/utlopp blir enklare än med en placering i sedimenteringen.

Actiflo linjer byggs ut stegvis. Vi förordar två separata linjer för respektive bioblock, eventuellt indelade så att ett första och andra utbyggnadssteg möjliggörs. Kostnaderna har delats på för en stegvis utbyggnad av Actiflo.

En mikrosilanläggning i två steg, placeras i den överblivna biolinjens sedimentering. Som första steg med silar, installeras cirka 10 stycken av totalt bedömda 15 st för belastning upp till 900 000 pe.

Tänkbara placeringar, i sedimentering och i berghallar, redovisas skissartat på planritning. Vi har medräknat kostnader för att anlägga nivålyftning före Actiflo bassängerna. För en anläggning placerad i sedimenteringen har vi medräknat grova kostnader för att anlägga ett nytt utlopp till utloppstunneln samt pumpstation för hela flödet, ca 6 m³/s.

En Actiflo anläggning blir dyrare i investering och medför även något högre driftkostnad. Dock anser vi en Actiflo anläggning som mer robust och med mindre servicebehov samt lägre risker för igensättning av sildukar. Vi har valt att redovisa kostnader för Actiflo anläggningar för polering.

9.2.3 LÄKEMEDELSREDUKTION

Vi kan i dagsläget ansätta grova bedömningar av investerings- och driftkostnadsbehov för framtida ozoneringsanläggning som preliminärt medför reduktion av läkemedelsrester om ca 90 %, d.v.s. en dos om 15 gO₃/m³.

Vi har medtagit anläggningskostnader för att placera en komplett VSP anläggning för tillverkning av syrgas och ozon samt nödvändiga bassänger och utrustningar för inlösning av ozonet via ejektor. Se kapitel 8.4.2. Kostnaderna inkluderar ombyggnationer för att erhålla bra golvutrymmen, eftersom nästan alla anläggningsdelar ska stå på golv. Endast en mindre del av f.d luftningen delas av för inblandning av ozon. Kostnad för ev. pumpstation, ligger med i beräkning för poleringssteg, se ovan.

9.3 KOSTNADER

Kostnadsberäkningar har utförts enligt det föregående kapitlet. Vi väljer att redovisa kostnader för investering, drift och sammanlagd kapitaltjänstkostnad i tabellen som visas nedan.

Generella förklaringar:

- Driftkostnad har bedömts för elenergi, fällningskemikalie, polymer, mikrosand, ev. etanol samt driftpersonal.
- Driftkostnader redovisas i tabellen vid två belastningar, 700 000 pe samt 800 000 pe
- Alla kostnader har bedömts som relativa dagens förhållanden.
- Kostnader för t.ex. Polering steg 2, innebär tillkommande kostnader efter det att steg 1 genomförts.
- Etanoltillsats har förutsatts ske först vid skärpta krav. Det är troligt att etanol kan komma att behövas även med dagens villkor då belastningen uppgår till cirka 800 000 pe.
- Specifikation av årskostnad uttryckt som kr/m³ för det över tiden sammanlagda behovet, anges i högerkolumn.
- Kostnader har bedömts för maskininstallationer, el/styrinstallationer, byggåtgärder samt översiktligt för vvs.
- Till dessa kostnader har lagts 12-20 % påslag för ospecificerat och alla byggherreomkostnader som projektering, byggledning, drifttagning etcetera.

Vi har i förslaget försökt att redovisa kostnaderna på ett lättförståeligt sätt. Mer detaljer lämnas gärna vid behov.

10. ÖVRIGT

10.1 TILLFÄLLIG DRIFT

Vi konstaterar de första utbyggnaderna för on-line styrning blir enkelt att genomföra. Endast kortvariga stopp av enstaka linjer för komplettering med omrörare och luftargrupp, bedöms inte påverka reningen. Den befintliga processen kan i stort fortgå helt utan negativ påverkan som bräddningar eller försämrade utsläppsgrader

För en andra utbyggnadsetapp krävs en mer detaljerad planläggning. Omställning till en eventuell Hybas process görs naturligtvis stegvis med 1-2 linjer till ombyggnad åt gången.

I ett förprojekteringsskede utförs alltid en noggrann beskrivning av hur den tillfälliga driften löses.

10.2 TIDPLAN

Mycket preliminära tider framgår av våra bedömningar som har redovisats i kapitel 2 och 9.

Det är under samarbetet med att arbeta fram en förstudie och under genomförande av försök och pilotstudier som vi gemensamt kan bestämma mer exakta tidslinjer. Om och när skärpta reningskrav ska genomföras består helt på framtida myndighetsbeslut som vi i dag inte kan bedöma med någon som helst säkerhet.

10.3 FÖRDELAR OCH NACKDELAR – RISKER

Fördelarna för Käppala med denna första utbyggnadsetapp är uppenbara. Till en relativt låg investeringskostnad säkerställs och utvidgas den nuvarande behandlingen samtidigt som dagens processutformning behålls. Lösningen innebär flexibilitet inför myndighetsbeslut om eventuellt skärpta reningskrav.

STAR styrningen kommer enligt våra analyser att leda till en årlig energibesparing om 25 % jämfört med dagens elförbrukning i biosteget. Styrningen kommer även att ge er driftpersonal insyn i hur processen fungerar och reagerar.

Nackdelar är givetvis väsentligt ökande kapital och driftkostnader som är föranledda eventuellt skärpta krav på anläggningen.

Generella risker med processlösningarna har vi svårt att se. Den mest kännbara risken i bedömningen av kostnader är förändringar i elpris och kemikaliekostnader. Käppalaförbundet har i dag relativt låga omkostnader för både el och kemikalie tack vare förmånligt elavtal och en mycket ekonomiskt fördelaktigt kemikalieval, järnsulfat.

11. SAMMANFATTNING

Vi hoppas att Ni finner våra förslag intressanta. Den frågeställning som ställts är komplex och innehåller många faktorer som påverkar ett slutligt val av lösningar.

Den mest inverkan faktorn är tiden. Nya processer för behandling av avloppsvatten kommer förmodligen att ha utvecklats innan val ska ske. Vi kan inte lova att de förslag vi redovisar innebär en exakthet eller en absolut sanning. Vi kan lova att de är fullt möjliga att anlägga till de ungefärliga kostnader som anges och att de kommer att leda till kravställd prestanda och goda egenskaper i övrigt. Er rötgasproduktion kommer inte alls att påverkas negativt, snarare tvärt om.

Lösningarna som beskrivs innebär stor flexibilitet och låga, till och med sänkta, driftkostnader trots en ökande belastning. Våra föreslagna lösningar kräver inte utökning av bergrummet, den befintliga anläggningen disponeras på annat sätt.

Vi tycker också att vi föreslår lösningar som kan komma att utvecklas mot än mer resurs-effektiv drift.

Nästa steg för er är att, i nära samarbete med den ni väljer, genomföra en förstudie och kanske påbörja försök med ny teknik. Vi hoppas på ett förverkligande av ett öppet och förtroendefullt samarbete mellan vår och Er projektgrupp.

Vi rekommenderar att ett sådant arbete inleds med studiebesök. Vi rekommenderar besök vid Lynetten WWTP i Köpenhamn, Oxford WWTP för att se Hybas i drift samt ett besök vid Veolia vattens forskningscenter, Anjou Recherche i Paris.

VA-INGENJÖRERNA
Stockholm
2009-11-12

KRÜGER
Köpenhamn