



RAPPORT

Utveckling av Käppalaverket

Idéförslag

2009-11-13



Upprättad av: Karolina Ekman/Katarina Starberg
Granskad: Regine Ullman/Anders Ullman
Godkänd av: Katarina Starberg



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

RAPPORT

Idéförslag avseende utbyggnad av Käppalaverket

2009-11-13

Kund

Käppalaförbundet
Andreas Thunberg/Torsten Palmgren

LIDINGÖ

Konsult

WSP Samhällsbyggnad
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 8 688 60 00
Fax: +46 8 688 69 99

www.wspgroup.se

Kontaktpersoner

Käppalaförbundet

Torsten Palmgren, processchef, tel 08-766 6700

Andreas Thunberg, processingenjör, tel 08-766 6700

WSP

Katarina Starberg, projektledare, 08-688 6000, 070-276 6337



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Innehåll

1	INLEDNING	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Projektorganisation	5
1.3	Metodik	5
2	FÖRUTSÄTTNINGAR	6
2.1	Belastning och reningskrav	6
2.2	Studerade driftfall	7
2.3	Avgränsningar	7
2.4	Underlagsmaterial	7
2.5	Det befintliga verkets uppbyggnad	7
3	DIMENSIONERINGSFÖRUTSÄTTNINGAR	10
3.1	Inkommande flödes- och föroreningsbelastning	10
3.2	Reningskrav	13
4	FÖRSLAG TILL PROCESSLÖSNING	14
4.1	Övergripande beskrivning	14
4.2	Gamla bioblocket	16
4.3	Nya bioblocket	19
4.4	Bedömning av slam som kolkälla	22
4.5	Bräddvattenrening	23
4.6	Rening av läkemedelsrester	25
4.6.1	Bedömningsgrunder	25
4.6.2	Förslag till rening av läkemedelsrester vid Käppalaverket	26
5	ÅTGÄRDSFÖRSLAG	28
5.1	Åtgärder för fall 1: 700 000 pe, nuvarande reningskrav	28
5.1.1	Biosteget	28



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

5.1.2	Bräddvattenrening	28
5.2	Fall 2: 700 000 pe, strängare reningskrav	30
5.2.1	Biosteget	30
5.2.2	Bräddvattenrening	30
5.3	Fall 3: 900 000 pe, nuvarande reningskrav	31
5.3.1	Grovrening	31
5.3.2	Biosteget	31
5.3.3	Bräddvattenrening	31
5.4	Fall 4: 900 000 pe, strängare reningskrav	33
5.4.1	Grovrening	33
5.4.2	Biosteget	33
5.4.3	Bräddvattenrening	33
5.5	Fall 5: 700 000 pe, strängare reningskrav + läkemedelsavskiljning	35
5.6	Fall 6: 900 000 pe, strängare reningskrav + läkemedelsavskiljning	35
5.7	Ventilation och luktreduktion	36
5.7.1	Ventilation bräddvattenrening (flotationsanläggning)	36
5.7.2	Ventilation Kolfilterhall - fall 5 och 6.	37
6	KOSTNADER	38
6.1	Investeringskostnader	38
6.2	Driftkostnader	39
6.2.1	Jämförelse kolkälla/slam och bedömd intäktsminskning för biogas vid användning av slam som kolkälla	39
6.3	Årskostnader	40
6.4	Nyckeltal	42
7	SAMMANFATTNING AV FÖRSLAGETS KVALITETER	43

BILAGOR

Bilaga 1	Åtgärder
Bilaga 2	Investeringar
Bilaga 3	Energiförbrukning
Bilaga 4	Årskostnads kalkyl
Bilaga 5	Ritningsbilaga



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Käppalaförbundet har kontaktats av fem kommuner som i olika grad har anmält intresse om en anslutning till Käppalaverket. Dessa är Håbo, Knivsta, Norrtälje, Vaxholm och Österåker. Inom en 30 års period bedöms invånarantalet i dessa fem kommuner uppgå till ca 200 000 personer. Därutöver tillkommer ca 100 000 personer ytterligare från nuvarande medlemmar.

WSP har därför – som ett av fyra konsultbolag – fått i uppdrag att ta fram ett idéförslag på hur Käppalaverket kan byggas ut för att möta en framtida ökad belastning. Förslaget redovisas i föreliggande rapport.

1.2 Projektorganisation

Förslaget har tagits fram av följande projektorganisation:

Katarina Starberg har varit uppdragsledare och är ansvarig för förslaget som helhet. Processlösningar har utarbetats av Anders Ullman (underkonsult, Treatcon AB). Regine Ullman har tagit fram åtgärdsförslag för respektive lösning och svarat för maskinkalkyler. Mats Ek från IVL har konsulterats i frågor kring läkemedelsrening. Övrig projektorganisation har utgjorts av:

Stefan Tyrbo, byggkonstruktion
Mats Romson, ventilation
Bo Larsson, ÅF (underkonsult), el och automation.

Karolina Ekman har varit projektadministratör och samordnat rapporten.

1.3 Metodik

Processberäkningar för befintligt verk genomfördes för varje del i reningsprocessen (vattenfasen), med utgångspunkt i dimensionerande data (ur Principförslag 1992) samt nuvarande belastning, såväl hydraulisk som föroreningsbelastning.

Därefter beräknades framtida belastningsfall, enligt specifikation i förfrågan, för samtliga delar i verket. Utifrån dessa beräkningar gjordes bedömningar för vilka delar i verket som behöver åtgärdas.

Olika processlösningar övervägdes för vardera driftfallet genom beräkningar och översiktliga kostnadsbedömningar och en övergripande lösning för respektive fall valdes.

Åtgärdsförslag för respektive driftfall togs fram och kostnadsbedömdes. Nyckeltal framräknades för olika parametrar.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

2 Förutsättningar

2.1 Belastning och reningskrav

Käppalaförbundet har behov av att utreda konsekvenserna av såväl ökade reningskrav som en alltmer ökande belastning. I Tabell 1 och

Tabell 2 nedan redovisas de krav som Käppalaförbundet in sin förfrågan angivit skall undersökas.

Tabell 1 Reningskrav

	Nuvarande krav	Strängare krav
Fosfor, P_{tot}	0,3 mg/l, 12 ton/år	0,1 mg/l, 6 ton/år
Kväve, N_{tot}	10 mg/l, 700 ton/år	5 mg/l, 350 ton/år
BOD₇	8 mg/l, 700 ton/år	4 mg/l, 350 ton/år

Dessutom skall ett möjligt krav på rening av läkemedelsrester beaktas.

I uppdraget ingår att ange vilken reningsgrad som kan förväntas uppnås för olika parametrar med föreslagen teknik. Alla utsläppskrav gäller inklusive eventuell bräddning.

Tabell 2 Alternativ hydraulisk belastning

	Alt 1	Alt 2
Flöde, Mm ³ /år	60	100
Maxbelastning, m ³ /s	6	9
Antalet anslutna (pe ¹)	700 000	900 000

¹ 70 g BOD₇/person, dygn; 12 g N/pe,d samt 1,5 g P/pe, dygn



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

2.2 Studerade driftfall

Baserat på ovan angivna alternativ för reningskrav och belastning, har följande 6 driftfall studerats här:

Driftfall	Antal anslutna	Reningskrav	Läkemedelsrening
1	700 000	Nuvarande krav	-
2	700 000	Strängare krav	-
3	900 000	Nuvarande krav	-
4	900 000	Strängare krav	-
5	700 000	Nuvarande krav	Ja
6	900 000	Strängare krav	Ja

2.3 Avgränsningar

Utredningsuppdraget har enligt förfrågan begränsats till rening av vattenfasen vid Käppalaverket exklusive tunnelsystem, inloppspumpstation och slambehandling. Däremot har påverkan på slamproduktion, slamegenskaper och eventuell inverkan på gasproduktionen beskrivits.

2.4 Underlagsmaterial

Följande underlagsmaterial har använts:

Förfrågan, Utveckling av Käppalaverket, framtagning av idéskiss på utformning, med bilaga: Principförslag för utbyggnad, K-konsult, 1992.

www.kappala.se Pdf-dokument från hemsidan om befintlig kväverening och bio-P.

Miljörapport Käppalaförbundet, för åren 2005-2008.

B Björlenius, C. Wahlberg och A. Carlsson. En jämförelse av olika reningsmetoder för avskiljning av läkemedelsrester – Resultat från Stockholm Vattens projekt.

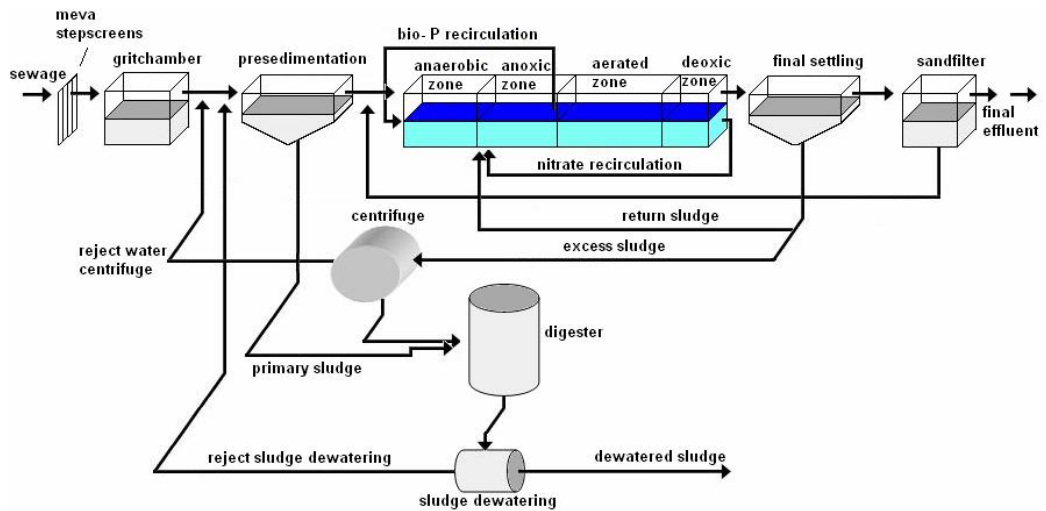
Cirkulation 5/09 2 sept, artikel Lovande reningsteknik mot läkemedelsrester s 12.

2.5 Det befintliga verkets uppbyggnad

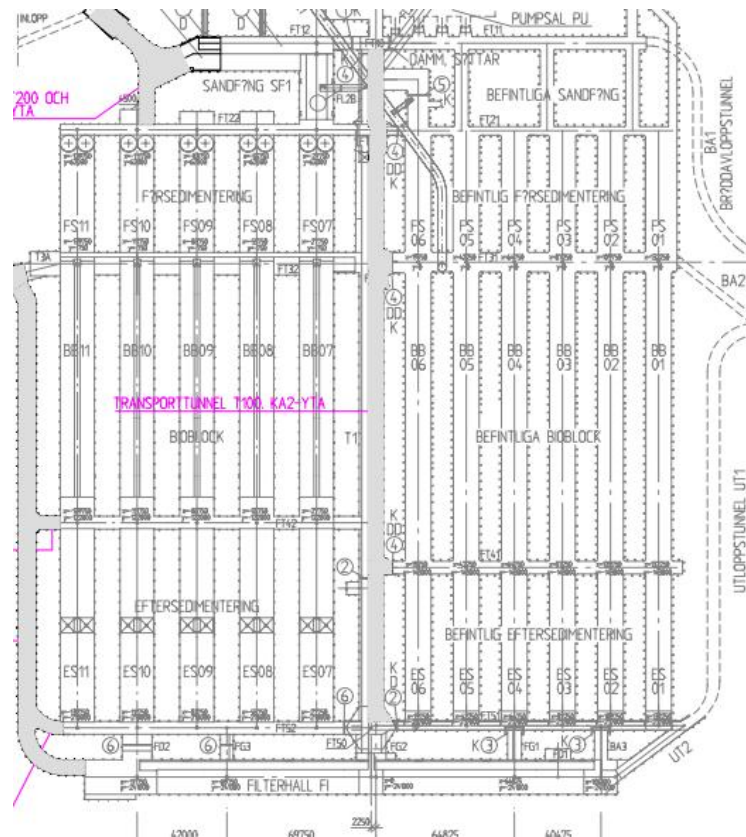
Käppalaverket har idag 11 reningslinjer (6 i den gamla delen och 5 i den nya delen) och 30 nedströms tvåmediafilter som slutpolering. Inloppspumpstationen består av 8 st pumpar med en total kapacitet på ca 10 m³/s. Grovreningen har nominellt denna kapacitet (10 s k trappgaller med 3 mm spaltvidd), dock har praktiken visat att kapaciteten är något lägre. Resterande delar, från och med sandfången har en kapacitet på ca 6 m³/s. Processen framgår av Figur 1.

I dagsläget belastas verket med motsvarande 480 000 pe.

Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	



Figur 1 Processöversikt, Käppalaverket



Figur 2 Översiktlig layout, Käppalaverket



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Biosteget består av en aktiv slamanläggning.

Under en längre tid har Käppalaverket bedrivit försök rörande biologisk fosforrening, bio-P, för att se om detta kan vara ett alternativ till den mer konventionella, kemiska reningen av fosfor.

Sedan våren 2004 behandlas 1/3 av flödet genom Käppalaverket med bio-P i den gamla anläggningsdelen.

Inkommande föroreningshalter åren 2005-2008 redovisas i Tabell 3. Uppgifterna är tagna ur miljörapporter för motsvarande år.

Tabell 3 **Inkommande föroreningsbelastning**

Ämne	2008	2007	2006	2005	medel
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
BOD	218	250	242	250	240
N-tot	39	43	43	45	43
P-tot	6,2	6,8	6,7	7,0	6,7



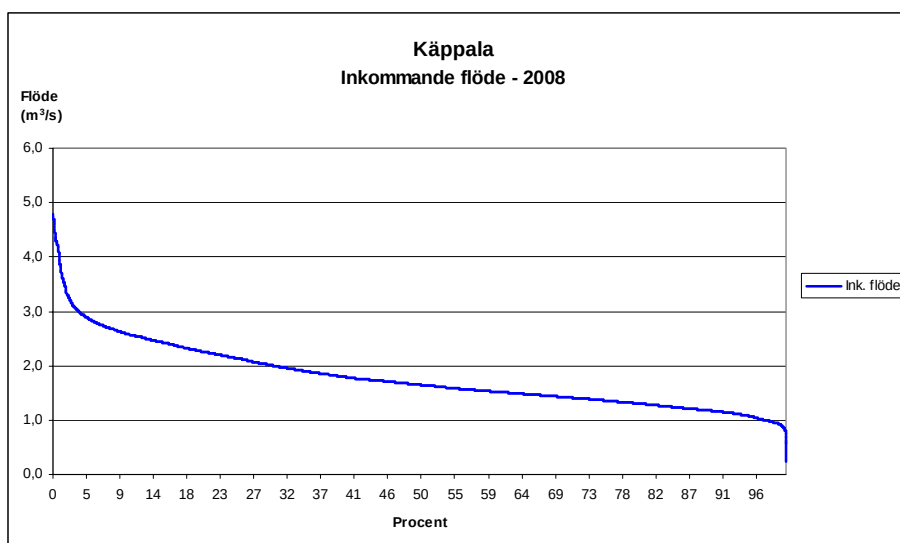
Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

3 Dimensioneringsförutsättningar

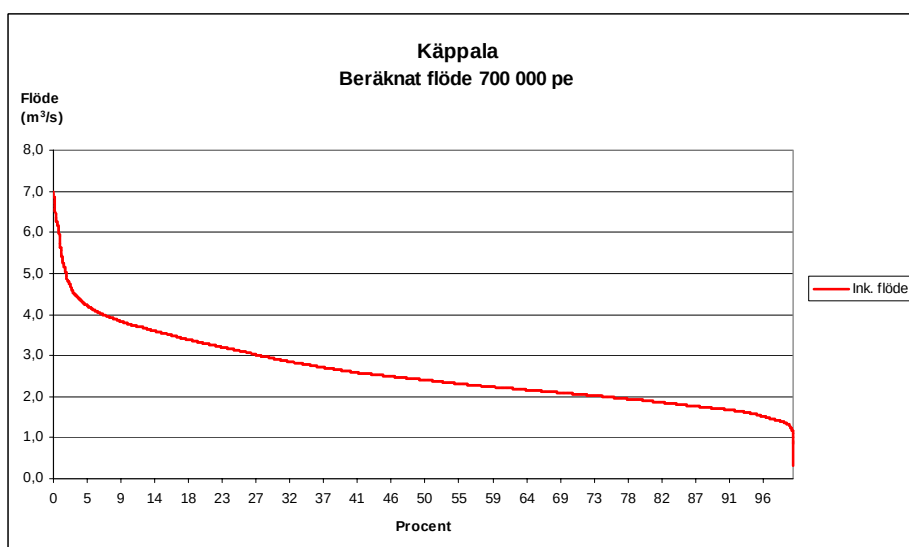
3.1 Inkommande flödes- och föroreningsbelastning

I Figur 3 visas gällande flödessituation, d v s flödet vid en belastning på 480 000 pe, vid Käppalaverket.

Förväntade flöden vid en belastning på 700 000 pe respektive 900 000 pe, som framgår av Figur 4 och Figur 5 har beräknats utifrån nuvarande flöde vid 480 000 pe.



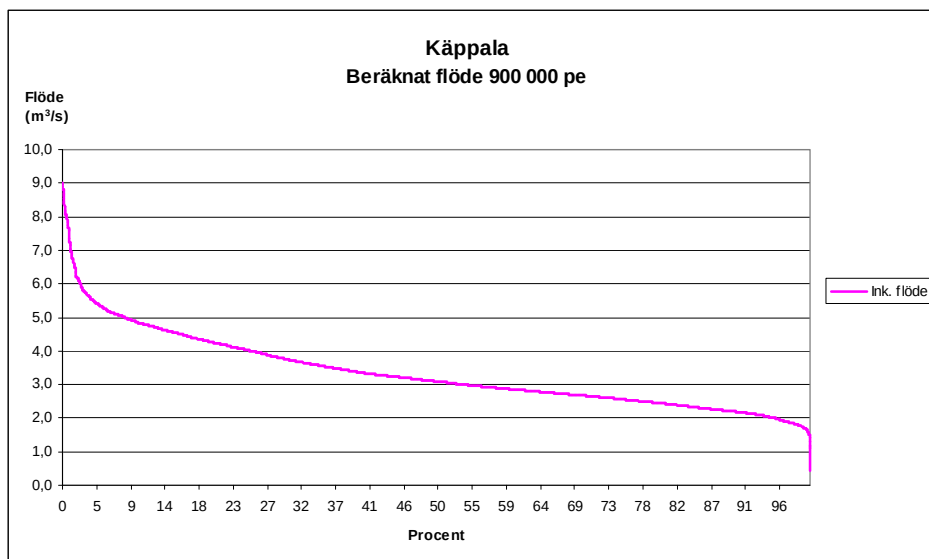
Figur 3 Nuvarande flödesfördelning



Figur 4 Bedömd flödesbelastning vid 700 000 pe.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	



Figur 5 Bedömd flödesbelastning vid 900 000 pe.

Av Tabell 4 framgår inkommande flödes- och föroreningsbelastning till reningsverket för 700 000 pe respektive 900 000 pe.

Tabell 4 Flödes- och föroreningsbelastning i inkommande och försedimenterat vatten

Belastning	Enhet	700 000 pe	900 000 pe
Flöde			
- medel	m ³ /s	2,6 (*)	3,4 (*)
- max	m ³ /s	7,0	9,0
Organiskt material - BOD₇			
Specifik belastning	g/pe, d	70	70
Dygnsbelastning	kg/d	49 000	63 000
Fosfor - P_{tot}			
Specifik belastning	g/pe, d	1,5	1,5
Dygnsbelastning	kg/d	1 050	1 350
Kväve – N_{tot}			
Specifik belastning	g/pe, d	12	12
Dygnsbelastning	kg/d	8 400	10 800
Susp – SS (**)			
Specifik belastning	g/pe, d	80	80
Dygnsbelastning	kg/d	56 000	72 000



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Flödet, och därmed föroreningarna, fördelas lika mellan de båda blocken. Fördelningen sker efter galler och sandfång enligt nuvarande utformning.

Maximalt flöde till respektive linje har beräknats till 3 m³/s.

Resterande vattenmängd behandlas i en separat bräddvattenrening, som installeras i en av det "gamla" blockets linjer.

Således kommer det gamla blocket i framtiden också att bestå av 5 bassänger i samtliga behandlingssteg (d v s 5 försedimenteringsbassänger, 5 biobassänger, 5 eftersedimenteringsbassänger).

I Tabell 5 redovisas inkommande flödes- och föroreningsbelastning till verket för 700 000 pe respektive 900 000 pe.

Tabell 5 Flödes- och föroreningsbelastning till biosteg

Belastning	Enhet	700 000 pe		900 000 pe		Brädd- vatten- rening
		G:a delen	Nya delen	G:a delen	Nya delen	
Flöde						
- medel	m ³ /s	1,3	1,3	1,7	1,7	-
- max	m ³ /s	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Organiskt material - BOD ₇						
Reduktion FS, utan förfällning	%	30	30	30	30	50
Till biosteg	kg/d	17 150	17 150	22 050	22 050	315 ^(*)
Fosfor - P _{tot}						
Reduktion FS, utan förfällning	%	50	50	50	50	90
Till biosteg	kg/d	263	263	338	338	1,3 ^(*)
Kväve – N _{tot}						
Reduktion FS, utan förfällning	%	10	10	10	10	10
Till biosteg	kg/d	3 780	3 780	4 860	4 860	97 ^(*)
Susp – SS ^(**)						
Reduktion FS, utan förfällning	%	60	60	60	60	90
Till biosteg	kg/d	11 200	11 200	14 400	14 400	72 ^(*)

(*) Föroreningsmängden från bräddvattenreningen leds till utloppet och har beräknats utifrån max bräddning 3% av tiden (se varaktighetsdiagram) och angiven reduktion som uppnås vid dosering av JKL eller likvärdig kemikalie..



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket Idéförslag	
Daterad: 2009-11-02		
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

3.2 Reningskrav

Föreslagen anläggningsutformning har dimensionerats dels för gällande villkor dels för skärpta villkor, vilka framgår av Tabell 6 nedan.

Utsläppskraven inkluderar eventuellt bräddat vatten.

Tabell 6 Gällande villkor samt skärpta villkor

Belastning	Enhet	Nuvarande villkor	Skärpta villkor
BOD ₇	mg/l	8,0	5,0
P _{tot}	mg/l	0,3	0,1
N _{tot}	mg/l	10	4,0



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

4 Förslag till processlösning

Följande beskrivning skall läsas tillsammans med flödesscheman i Bilaga 5.

4.1 Övergripande beskrivning

Utbyggnad av nuvarande process (aktivslam) skulle i praktiken innebära att ett helt nytt plan sprängs ut nedåt i berget, eftersom det inte går att bygga ut i sidriktningarna på befintligt plan. Denna möjlighet har i ett tidigt skede förkastats, främst av kostnadsskäl (men lösningen är ju också idémässigt trivial). Vid utformning av förslagen har fokus legat på sådana lösningar som ryms inom befintliga volymer och erbjuder flexibilitet i drift.

Nuvarande reningsprocess fungerar mycket bra vid Käppalaverket idag, med bland annat hög kvävereduktion. Det framtagna förslaget för Käppalaverket innebär framför allt omläggning av den biologiska processen samt komplettering med bräddvattenrening vid högre flöden än $6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Övriga delar klarar sig relativt bra och endast mindre åtgärder bedöms krävas. Erforderliga åtgärder beskrivs i detalj nästkommande kapitel.

Huvudsakligen innebär förslaget följande:

- 1) I nya delen läggs biosteget om till kontaktstabilisering med en sk Kraus-process. Verket är redan förberett för detta och kan enkelt ställas om.
- 2) I gamla delens biosteg introduceras rörligt bärmaterial och processen läggs därigenom om till en sk MBBR-process (Moving Bed Biological Reactor).
- 3) Vid flöden $> 6 \text{ m}^3/\text{s}$ tillämpas separat bräddvattenrening genom lamellflotation, som placeras i en av gamla blockets 6 linjer.
- 4) Vid 900 000 pe byggs grovreningen om med silar.
- 5) Eventuell läkemedelsrening sker i en ny kolfilteranläggning efter befintliga sandfilter.

Figur 6 illustrerar övergripande den föreslagna lösningen.

Flödet, och därmed föroreningarna, fördelas lika mellan de båda blocken. Fördelningen sker efter galler och sandfång enligt nuvarande utformning.

Maximalt flöde till respektive linje har beräknats till $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

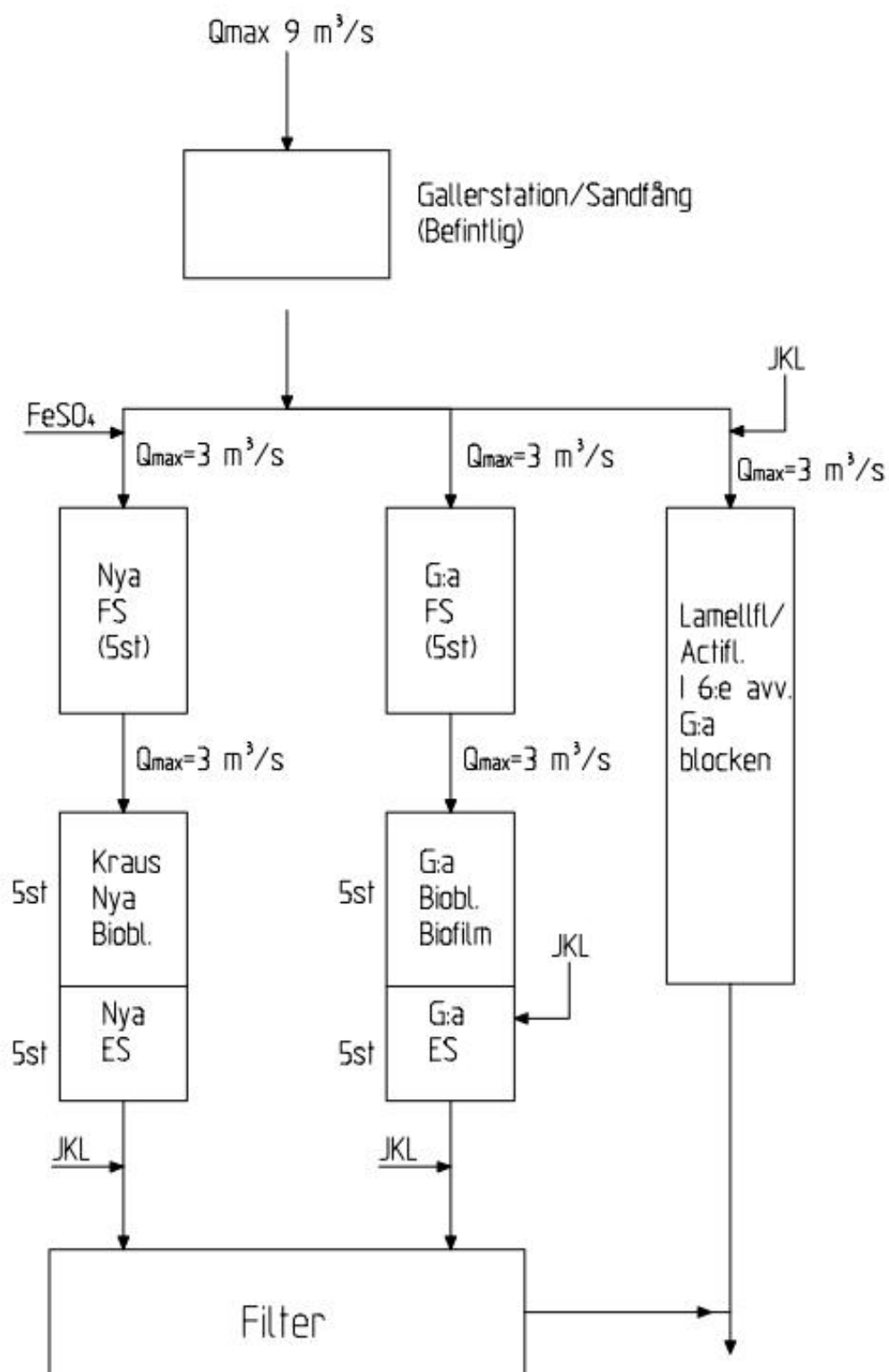
Resterande vattenmängd behandlas i en separat bräddvattenrening, som installeras i en av det gamla blockets linjer. Således kommer det gamla blocket i framtiden också att bestå av 5 bassänger i samtliga behandlingssteg (dvs 5 försedimenteringsbassänger, 5 biobassänger, 5 eftersedimenteringsbassänger).

Inga åtgärder görs i befintlig försedimentering. Detta steg är dimensionerat för $6 \text{ m}^3/\text{s}$ och bedöms klara sig väl upp till dimensionerande flöde.

Befintliga sandfilter används också som idag, upp till $Q_{\text{max}} > 6 \text{ m}^3/\text{s}$.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	





Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

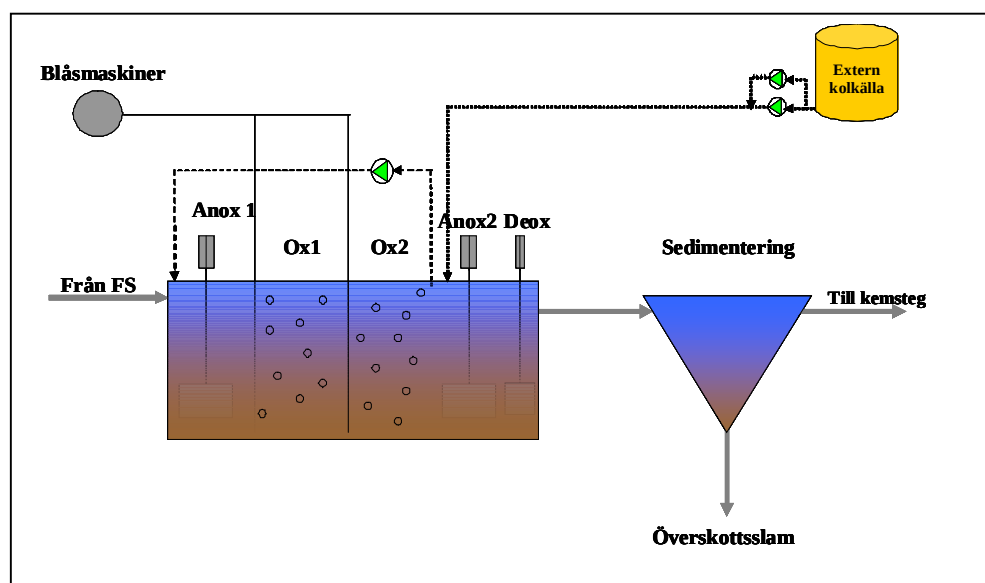
Figur 6 Övergripande förslag till ombyggnation av biosteget.

4.2 Gamla bioblocket

Gamla bioblocket föreslås utformas som en biofilmsanläggning. Nedanstående figur beskriver schematiskt biofilmsprocessen med rörligt bärmaterial.

I biofilmsanläggningar växer mikroorganismerna på bärmaterial till skillnad från t ex aktiv slam och SBR-anläggningar, där slammet är i suspension. Bärmaterialet utgörs oftast av mindre plastkroppar som svävar omkring i biobassängerna. Genom att odla mikroorganismerna på bärare i stället för att hålla dem i suspension erhålles mycket höga slamhalter (höga halter mikroorganismer per bassängvolym).

De höga slamhalterna medför i detta fall att reningskapaciteten kan ökas i tillgängliga bassängvolym. Bärarna rörs om antingen genom luftinblåsning (oxiska steg) eller med mekaniska omrörare (anoxiska eller anaeroba steg). Ett flertal biofilmsanläggningar för såväl BOD-reduktion som biologisk kväve- och fosforreduktion har uppförts i Sverige de senaste 10-15 åren. Det vanligaste användningsområdet är att öka kapaciteten på redan befintliga anläggningar.



Figur 7 Principschema för biofilm

Fördelarna med biofilm är att det kräver relativt små volymer och att det inte föreligger någon risk för tapp av nitrifierare (robust process).

Eftersedimenteringen utgör en trång sektor i biosteget eftersom detta steg är dimensionerat för 5 m³/s, jämfört med 6 m³/s i övriga delar (totalt för hela verket). Genom att introducera bärmaterial i biosteget i den gamla delen kommer sedimenteringsbassängerna i den delen av anläggningen att avlastas: enbart överskottsslam avskiljs i eftersedimenteringen, och det krävs ingen returslamåterföring. På så vis bedömer vi att sedimenteringsbassängerna i gamla delen kan klara ytbelastningen vid 3 m³/s och därigenom kan hela verket klara flöden upp till 6 m³/s inom befintliga volymer.



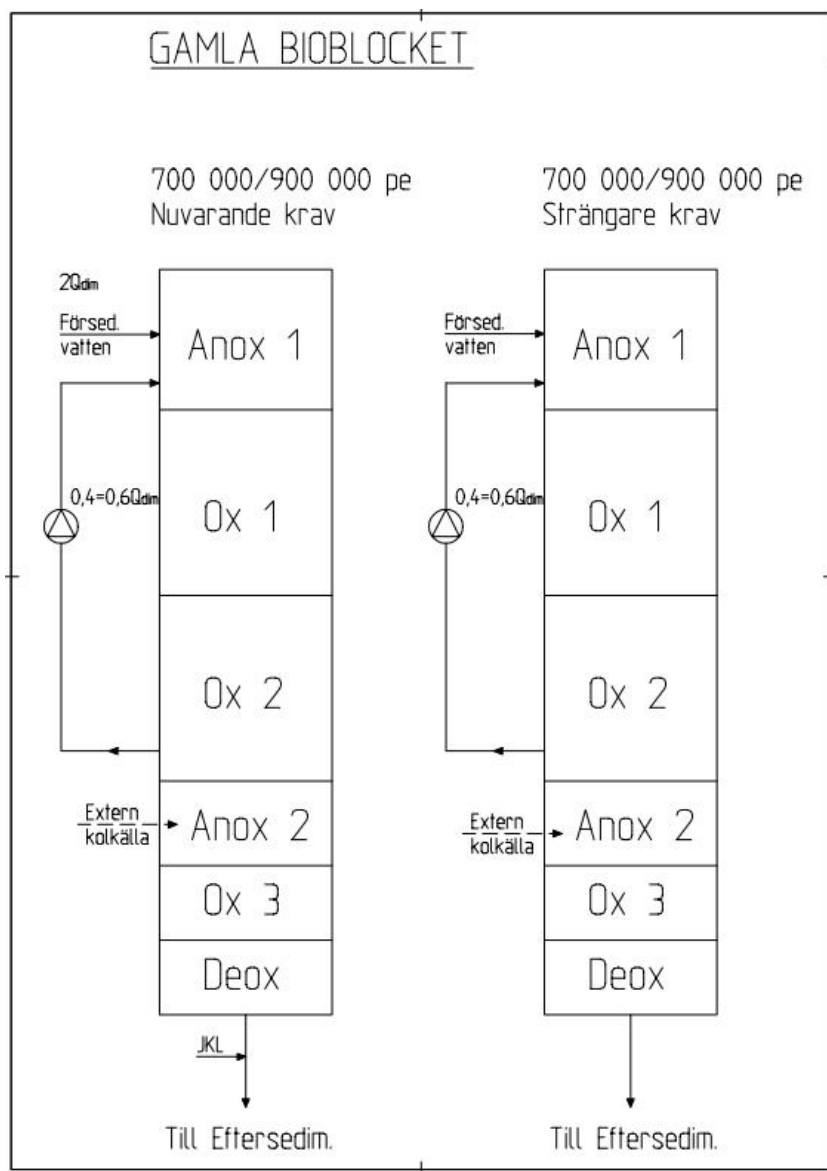
Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Vid ökade utsläppskrav och/eller belastning tillsätts mer bärarmaterial, vid behov. MBBR-process kan ge en högre andel findisperst suspenderat material. Om så krävs kan efterfällning med FeCl_3 tillämpas för att förbättra flockningsfunktionen bättre slamavskiljning och säkerställa låga halter löst $\text{PO}_4\text{-P}$ för att avlasta efterföljande sandfilter.

I gengäld krävs en extern kolkälla och ökad syreförbrukning jämfört med aktiv slam (på grund av biofilmens tjocklek). En extra volym för avluftning (Deox-zon) krävs för att förhindra flotation i sedimenteringen.

I det aktuella förslaget kommer, som nämnts tidigare, en av linjerna att användas för framtida bräddvattenrening, varför framtida biofilmsanläggning kommer att utgöras av endast fem linjer.

Det gamla bioblocket anpassas genom indelning i volymer.





Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Figur 8 Föreslagen volymindelning för MBBR i gamla bioblocket

I Tabell 7 redovisas volymindelningen samt mängden bärarmaterial som tillsätts.

Tabell 7 Volymindelning gamla bioblocket

Biosteg - zonindelning	Enhet	700 000 pe		900 000 pe	
		Nuv. krav krav	Skärpta	Nuv. krav krav	Skärpta
Anox 1					
- volym	m ³	6 500	6 500	6 500	6 500
- bärarmaterial (*)	m ³	1 500	1 500	1 900	1 900
Ox					
- volym	m ³	29 000	29 000	29 000	29 000
- bärarmaterial (*)	m ³	6 630	6 630	8 360	8 360
Anox 2					
- volym	m ³	5 515	5 515	5 515	5 515
- bärarmaterial (*)	m ³	1 320	2 170	1 660	2 850
Deox					
- volym	m ³	3 585	3 585	3 585	3 585
- bärarmaterial (*)	m ³	-	-	-	-
Summa					
- volym	m ³	44 600	44 600	44 600	44 600
- bärarmaterial (*)	m ³	9 450	10 300	11 920	13 110

(*) Mängden bärarmaterial förutsätter en aktiv yta på bärarna motsvarande minst 450 m²/m³



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

I Tabell 8 redovisas syre- och luftbehov samt behov av extern kolkälla för framtida biofilmsanläggning.

Tabell 8 Syre- och luftbehov samt behov av extern kolkälla

Parameter	Enhet	700 000 pe		900 000 pe	
		Nuv. krav	Skärpta krav	Nuv. krav	Skärpta krav
Syre- och luftbehov					
Syrebehov (SOR)	kg O ₂ /d	70 300	76 500	85 900	94 600
Luftbehov	Nm ³ /h	43 600	47 500	53 200	58 700
Extern kolkälla					
Extern kolkälla (*)	kg BOD ₇ /d	4 509	6 561	5 796	8 391

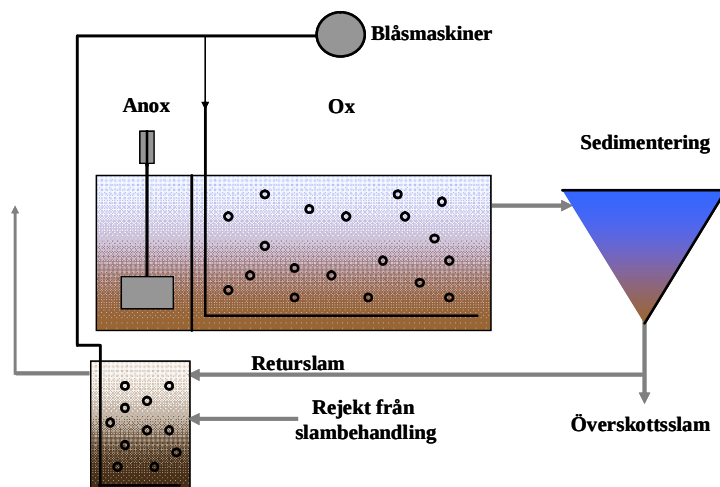
(*) Behovet av extern kolkälla har beräknats utifrån en antagen förbrukning av 3 g BOD₇/g reducerat NO₃-N

4.3 Nya bioblocket

Nya bioblocket föreslås utformas som en Krausanläggning.

Nedanstående figur beskriver schematiskt Krausprocessen (även kallad kontaktstabilisering), som är en variant av aktivslamprocessen där kontakttiden i luftningsbassängen väljs relativt kort. Genom den kortare kontakttiden kan man öka kapaciteten i befintliga volymer.

I stället finns en separat luftningsbassäng för aktivering av returslammet och rejektvatten från slambehandlingen innan det blandas med försedimenterat vatten. Detta innebär att man hela tiden har en separat volym för odling av nitrifierare och risken för tapp av nitrifierare vid höga flöden minskar således.



Figur 9 Principschema över Krausprocessen



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

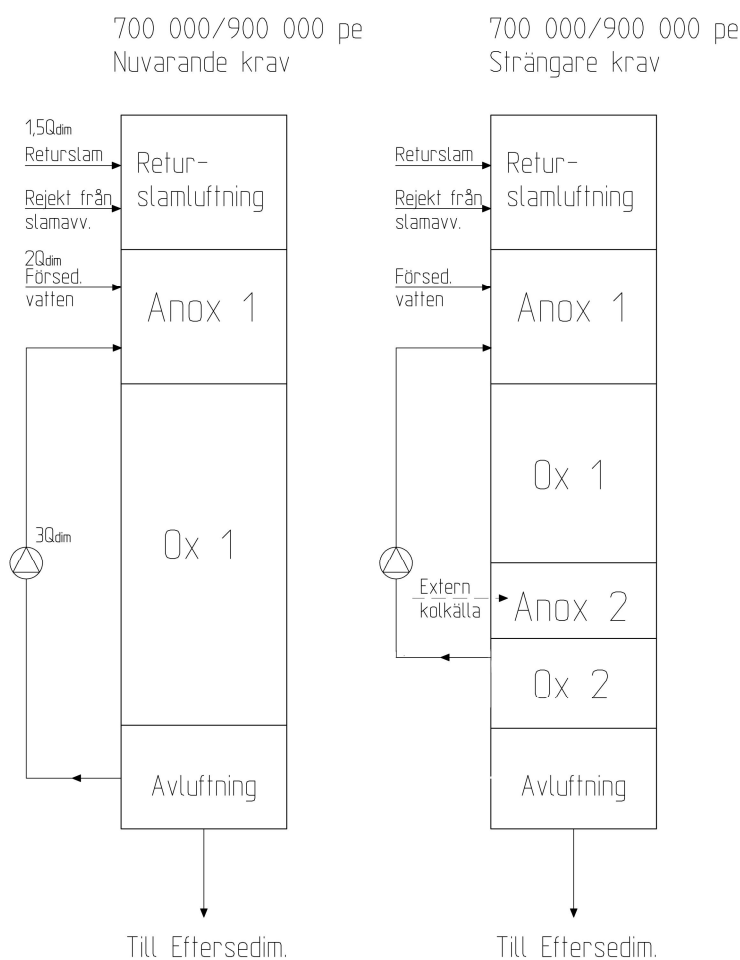
För att undvika att slammet sedimenterar till botten i de oluftade stegen, är dessa försedda med omrörare som håller slammet i suspension.

Processen ger en hög slamkvalitet och en högre reaktionshastighet än konventionella aktivslamlösningar. Den kräver därmed mindre volymer än en vanlig aktivslamprocess. Allt ammoniumhaltigt rektvatten leds till det nya blocket vilket gynnar tillväxten av nitrifierare i returslamluftningen samtidigt som det avlastar det gamla bioblocket.

Den nya delen vid Käppalaverket utformades ursprungligen vid den tidigare utbyggnaden för att kunna köras som en Krausprocess och bedöms enkelt kunna anpassas tillbaka till sådan drift. Försök som genomfördes under 90-talet visade mycket goda resultat.

Nedan redovisas föreslagen zonindelning för Krausprocessen Med nuvarande krav behövs alltså ingen ny zonindelning utan den befintliga utformningen kan användas.

NYA BIOBLOCKET



Figur 10 Zonindelning och flöden vid Krausprocess i nya bioblocket



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Krausprocessen är mycket flexibel och möjliggör successiv ombyggnad i takt med att reningskraven skärps.

Vid skärpta krav implementeras även efterdenitrifikation genom att omvandla en del av den stora Ox-zonen till en Anox-zon och slamhalten ökas något. 2 nya mellanväggar installeras då, och zonen kompletteras med nya omrörare. På grund av den något större slammängden, de höga nitrifikationshastigheter i Krausprocessen och de höga denitrifikationshastigheterna vid efterdenitrifikation med extern kolkälla är tillgängliga volymer tillräckliga för att uppnå erforderlig reningseffekt.

I Tabell 9 redovisas volymindelningen vid de olika belastningsfallen och de olika reningskraven.

Tabell 9 Volymindelning nya bioblocket

Belastning	Enhet	700 000 pe		900 000 pe	
		Nuv. krav	Skärpta krav	Nuv. krav	Skärpta krav
Slamluftning					
- volym	m ³	7 300	7 300	7 300	7 300
Anox 1					
- volym	m ³	25 000	25 000	25 000	25 000
Ox 1					
- volym	m ³	58 900	30 000	58 900	30 000
Anox 2					
- volym	m ³	-	20 000	-	20 000
Ox 2					
- volym	m ³	-	8 900	-	8 900
Avluftning					
- volym	m ³	3 300	3 300	3 300	3 300
Luftad kanal					
- volym	m ³	2 900	2 900	2 900	2 900
Summa					
- volym	m ³	97 400	97 400	97 400	97 400

I Tabell 10 nedan framgår syre- luftbehov samt behov av extern kolkälla för framtida Krausanläggning. Kvävehalten i utgående förväntas ligga på i medeltal 8 mg Ntot/l, om ingen extern kolkälla doseras, oavsett belastning upp till 900 000 pe.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Tabell 10 Syre- och luftbehov samt behov av extern kolkälla

Belastning	Enhet	700 000 pe		900 000 pe	
		Nuv. krav	Skärpta krav	Nuv. krav	Skärpta krav
Syre- och luftbehov					
Syrebehov (SOR)	kg O ₂ /d	81 300	88 000	103 000	108 500
Luftbehov	Nm ³ /h	23 300	25 200	29 500	31 100
Extern kolkälla					
Extern kolkälla ^(*)	kg BOD ₇ /d	-	1 348	-	1 762

(*) Behovet av extern kolkälla har beräknats utifrån en antagen förbrukning av 3 g BOD₇/g reducerat NO₃-N

4.4 Bedömning av slam som kolkälla

Kolkälla kan även produceras genom slamhydrolys. Nedan redovisas en bedömning av hur mycket metanproduktionen skulle minska på grund av de minskade tillgängliga slammängderna i respektive fall.

Tabell 11 Bedömd minskning av metanproduktion då slammet nyttjas som kolkälla

Fall	Beräknat BOD-behov (kgBOD/d)	Beräknat COD-behov från slamhydrolys* (kgCOD/d)	Beräknad minskning av metan-Produktion** (Nm ³ /d)
FALL 1	4 509	7 515	1 804
FALL 2	7 909	13 182	3 164
FALL 3	5 796	9 660	2 318
FALL 4	10 153	16 922	4 061
FALL 5	7 909	13 182	3 164
FALL 6	10 153	16 922	4 061

*2 d uppehållstid => 70 mg COD/g VSS

**bedömd metanproduktion: 0,24 Nm³ CH₄/kgCOD_{tillfört}



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

4.5 Bräddvattenrening

Följande beskrivning skall läsas tillsammans med ritningar i Bilaga 5.

Tänkbara lösningar för separat bräddvattenrening är i första hand Actiflo och flotation.

Båda metoderna är beprövade men Actifloanläggningen är svår att rengöra, vilket i det här specifika fallet utgör en allvarlig nackdel då luktfrågorna är mycket angelägna vid Käppalaverket. Eftersom anläggningen är i drift "intermittent" (dvs enbart vid höga flöden, uppskattningsvis mellan 0,5 och 3% av tiden) kommer den under långa perioder att stå still. Det medför en väsentligt förhöjd risk för lukt, i synnerhet tillsammans med den mer komplicerade rengöringen.

Actifloanläggningen kräver också betydligt högre takhöjd på grund av de cykloner för sandtvätt som ingår i anläggningsutformningen. För att minimera behov av pumpning av bräddvatten vore den bästa placeringen av en Actifloanläggning att förlägga den i berget, vilket då medför att ursprängning av berg måste ske och därmed erhålls högre investeringskostnader. Alternativt skulle anläggningen även kunna placeras utomhus (på gården), men detta medför att avloppsvattnet måste lyftas relativt högt och på så vis ökar energiförbrukning för pumpningen. Sand rundpumpas i anläggningen vilket också är energikrävande.

Bräddvattenrening föreslås därför ske med lamellflotationsteknik (LF). En linje i den gamla anläggningsdelen reserveras för uppställning av prefabricerade rostfria lamellflotationenheter.

Vattenrening i flotation är en konventionell välbeprövad teknik med mycket god reningsresultat. En flotation utrustad med lameller resulterar i en ännu effektivare avskiljningsprocess av fasta partiklar.

Grovrenat avloppsvatten leds till lamellflotationen genom ett inlopp där eventuell kemikalietillsats kan ske. I första hand leds vattnet med självfall, vid fullt utbyggd anläggning för 900 000 pe krävs dock pumpning av vatten till 3 av enheterna eftersom i FS01 är högre än nivån i inloppskanalen. En inloppspumpstation för dessa 3 flotationenheter installeras i FS 01. Precis före inloppet till flotationstankarna tillsätts dessutom dispersionsvatten (trycksatt luftmättat vatten; recirkulerat från flotationens utlopp). När trycket i dispersionsvattnet minskar vid inlopp till flotationstankarna, uppstår mycket små luftbubblor av den i dispersionsvattnet lösta luften. Dessa luftbubblor sätter sig fast på partiklar som finns i avloppsvattnet och lyfter dessa till flotationens yta.

Lamellpaketen i flotationen fungerar som förstoring av flotationsytan och medför ännu effektivare rening på samma yta.

Renat bräddvatten leds till en gemensam utloppspumpstation som placeras i slutet av ES01. Därifrån lyfts vattnet till befintlig utloppstunnel.

Slammet som avskiljs i flotationsenheterna pumpas till slamhanteringen i separat slamledning.

Anläggningsutformningen föreslås enligt nedanstående tabell.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Tabell 12 Anläggningsutformning bräddvattenrening

Belastning	Enhet	700 000 pe		900 000 pe	
		Nuv. krav	Skärpta krav	Nuv. krav	Skärpta krav
LF					
- antal enheter	st	6	6	15	15
- total kapacitet	m ³ /s	1	1	3	3
Inloppspumpar					
- antal enheter	st	0	0	3	3
Utloppspumpar					
- antal enheter	st	1	1	3	3
Slampumpar					
- antal enheter	st	6	6	15	15
Polymerberedare					
- antal enheter	st	1	1	3	3
Doserpumpar polymer					
- antal enheter	st	6	6	15	15
Doserpumpar järnklorid					
- antal enheter	st	6	6	15	15

Den valda tekniken är mycket effektiv med avseende på reningseffekt per anläggningsyta. Denna effektivitet innebär att den är mer energikrävande än fysikaliska avskiljningsprocesser som konventionell sedimentering utan behov av dispersionsvatten.

I det aktuella fallet medför den valda tekniken med föreslagen lösning ett antal väsentliga och mycket goda fördelar:

- All avloppsvattenrening för 900 000 pe kan realiseras inom befintliga anläggningsvolymer
- Layout för lösningen blir enhetlig och överskådlig (LF i FS01, BB01 och ES01)
- Bräddvattenreningen kan även byggas ut efter aktuellt behov eftersom nya flotationsenheter kan installeras i enlighet med erfarenheter från behov för ytterligare bräddvattenrening
- Bräddvattenreningen kan byggas ut i etapper i enlighet med vårt förslag:
 - 6 st enheter för 700 000 pe
 - 15 enheter för 900 000 pe
- Varje flotationsenhet utrustas med sin egen utrustning för inkommande flödeskontroll (reglerventil, flödesmätare), dosering av järnklorid (eller annan fällningskemikalie), dosering av polymer och transport av slam =>



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

det betyder att antalet enheter som behöver vara i drift för att rena allt bräddvatten kan helt och hållet anpassas till aktuellt flöde; denna lösning innebär också mycket hög driftsäkerhet och flexibilitet

- För att förhindra att lukt uppstår vid stillestånd, är varje flotationsenhet utrustad med automatisk tömningsfunktion: efter att flödet till en flotationsenhet har stängts av, kommer dispersionsvattenpumpen att vara i drift i ytterligare ca 0,5h. Det medför att alla resterande partiklar i vattenmassan i flotationstanken lyfts upp till ytan och avskiljs som slam. Vattenmassan är då ren och kan tömmas till utloppet. Automatisk spolning sker efter tömning. => på så sätt minskar man risken för att lukt uppstår genom svavelvätebildning i stående orenat avloppsvatten
- För att förhindra att eventuell lukt, som uppkommer under drift, sprids, utrustas varje flotationsenhet med en huv för punktutsug (se även kapitel "Ventilation")
- Möjligheten till att köra varje LF-enhet oberoende av de andra innebär effektivt utnyttjande av dessa (enbart så många i drift som krävs för att behandla aktuellt flöde) samt medför fördelen att behov för tillsyn minimeras. Efter tömning rekommenderas en kontroll av LF-enheterna för att säkerställa att inget slam är kvar i tanken som kan resultera i att lukt uppstår.

Reningsresultatet från bräddvattenreningen bedöms enligt följande:

BOD-reduktion: > 60 %

P_{tot}-reduktion: > 90 %

N_{tot}-reduktion: > 10 %

Slammet som avskiljs i LF-enheterna liknar mest primärslam. Vid tillsats av fällningskemikalie som FeCl₃ består en del av slammet av kemslam.

4.6 Rening av läkemedelsrester

4.6.1 Bedömningsgrunder

Det finns 1200 aktiva ämnen i de läkemedel som säljs i Sverige. Dessa hamnar i toalettavloppet främst via urinen. Restprodukterna är ofta långlivade och vattenlösliga och oro finns för att de på sikt kan påverka vattenlevande organismer negativt.

Stockholm Vatten är den enda aktör i Sverige som genomfört fördjupade försök på bred front inom området. Under 4 år har Stockholm Vatten studerat rening av läkemedelsrester, och inom projektet har ca 90 aktiva läkemedelssubstanser analyserats.

Aktuella avskiljningsmetoder är antingen *biologiska*: aktivslam, membranbioreaktorer, biofilmsystem eller *separerande*: nanofiltrering, omvänd osmos, aktivt kol eller *oxidativa*: ozonering, ultraviolett ljus+väteperoxid.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Avskiljningsgraden varierar mycket mellan olika typer av läkemedel. Projektets utvärdering av data från 43 svenska reningsverk visar att läkemedel i genomsnitt reduceras 50 %. Verk med kväverening kan komma upp i 60 % minskning.

Högre slamålder kan ge bättre avskiljning av läkemedelsrester (membranbio-reaktorer och biofilmsystem ger möjlighet för högre slamålder). De separerande och oxidativa metoderna har testats på redan renat utgående avloppsvatten.

Slutsatserna från Stockholm Vattens projekt är att de biologiska metoderna inte når upp till mer än en genomsnittlig avskiljning på 70-80 % med stora variationer mellan de olika läkemedelssubstanserna.

Nanofiltrering hade endast begränsad effekt vid förutsättningarna i detta försök, liksom UV+väteperoxid. Omvänd osmos visade sig mycket effektivt men var mycket energikrävande och den dyraste metoden.

Också ur ett ekotoxikologiskt perspektiv framstår aktivt kol och ozonering i låg dos som de bästa metoderna. Aktivt kol är ur denna synvinkel bättre än ozonering eftersom den senare kan generera biologiskt aktiva ämnen, om än främst vid högre doser av ozon.

Stockholm Vattens läkemedelsprojekt med pilotanläggning i Sjöstadsverket visar att aktivt kol och ozon är de mest lovande teknikerna för att minska läkemedelsrester i avloppsvatten. Försöket vid Stockholm Vatten visade mer än 95 % avskiljning av alla undersökta läkemedelsrester med de två metoderna (15 mg ozon/l). Ozonering som huvudalternativ är en slutsats från ett stort EU-projekt, Poseidon (Ternes 2006). Ozonering bör helst ske vid låg dos (5 mg/l) eftersom ökad dos ger större risk för bildning av biprodukter. Samtidigt gav 5 mg/l klart sämre destruktion av åtminstone 5 substanser.

Försöket har visat att ozonering är den mest kostnadseffektiva metoden och mindre resurskrävande än aktivt kol. Kolets kapacitet är under utredning, men preliminära uppgifter visar att det blir dyrare än ozonering (1,5-5 ggr dyrare). Om omvänd osmos undantas hamnar den extra kostnaden för att reducera läkemedelsrester på de här icke-specifika sätten mellan 90 öre och 6 kronor per kubikmeter. Det finns ännu inte tillräcklig kunskap om vilka föreningar som man i första hand bör avskilja.

Stockholm Vatten sammanfattar sitt projekt med att om befintlig rening kompletteras med ozon eller med aktivt kol uppnås en hög avskiljningsgrad till rimliga kostnader utan en allt för stor miljöbelastning av växthusgaser.

En ozonanläggning skulle vara mer kompakt. Helst skulle man vilja dosera ozon efter behovet för att minska risken för oönskade biprodukter, men det är antagligen svårt att hitta en on-line parameter att styra efter. Som med allt arbete med ozon måste man ha säkra varningssystem och undvika att överskott av ozon avgår till luft vid eller efter behandlingen.

4.6.2 Förslag till rening av läkemedelsrester vid Käppalaverket

På grund av ovan redovisade farhågor och osäkerheter kring ozonanvändning föreslår WSP rening med aktivt kol för Käppalaverket. Kolfiltren placeras förslagsvis direkt efter sandfiltren. Sannolikt behövs 30-40 min uppehållstid enligt en känd kolleverantör. Sthlm Vattens försök körde 60 resp 10 min, och 10 min gav betydligt sämre resultat. För att utnyttja kolets kapacitet fullständigt måste man ha



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

minst två, men helst tre seriekopplade steg. Då kan man räkna med att avskilja mer än 95 % av varje specifik substans som studerades, men det innebär stora volymer.

Vad som krävs är i dagsläget inte möjligt att avgöra eftersom några kravnivåer inte föreskrivits och ej heller vilka substanser som ska kontrolleras. Aktuellt förslag blir därmed endast en fingervisning om vilka kostnader som kan förväntas.

Det driftmässigt bästa alternativet är att placera kolfiltren direkt efter befintliga sandfilter. En ny hall sprängs då ut i det berg som finns tillgängligt. Maximalt kan man då rymma kolfilter med ca 8 min uppehållstid. Beroende på vilka krav som kommer att ställas kan detta vara otillräckligt. Kostnadsbedömningen i Driftfall 5 och 6 avser denna utformning).

Alternativet är att gå nedåt i berget och inrymma en större kolfilteranläggning på ett nytt plan, så att en bättre utformning, kanske upp till 3 steg med uppehållstid 30 min i varje steg erhålls. Nackdelen blir då – förutom högre kostnad för mycket stora volymer – att det renade vattnet dessutom måste pumpas ut med väsentligt högre lyfthöjd än idag. I kalkylen redovisas en mycket översiktlig investeringskostnad över detta alternativ, extrapolerad från ovan beskriven anläggning inrymd efter sandfiltrena.

Till en början måste man räkna med att kolet kommer att klassas som farligt avfall. Om det med tiden blir så, att man i stor skala använder kolfilter för läkemedelsborttagning kommer sannolikt basen för vem som får elda sådana ämnen i sina förbränningsanläggningar att breddas.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

5 Åtgärdsförslag

Nedan beskrivs kortfattat bedömda erforderliga åtgärder i aktuella anläggningsdelar för de 6 driftfallen.

Detaljerad sammanställning av åtgärder återfinns i Bilaga 1.

5.1 Åtgärder för fall 1: 700 000 pe, nuvarande reningskrav

5.1.1 Biosteget

5.1.1.1 Gamla delen

Vattenreningsprocess MBBR i BB02-06 för ett max-flöde på 3m³/s:

- Rivning av mellanvägg, kanal och väggelement för zonindelning
- Rivning av befintligt luftningssystem och returslampumpar
- Upprättande av nya zoner genom installation av silplåtar:
- Flytt och nyinstallation av omrörare till ny Anox 1 + 2
- Flytt av befintliga recirkulationspumpar till slutet på ny Ox 1
- Installation av 2 st nya blåsmaskiner
- Installation av nytt grovblåsig luftningssystem med kringutrustning
- Tillsats av bärarmaterial i Anox 1, Ox 1, Anox 2

Kemdosering

- Ny utrustning för dosering av kolkälla
- Ny utrustning för dosering av järnklorid

5.1.1.2 Nya delen

Vattenreningsprocess Kraus i BB07-12:

- Eventuell komplettering av bef. luftningssystem i första zonen (anaerob/anox/ox)
- Installation av returslampumpar

5.1.2 Bräddvattenrening

Idrifttagning av ett av de gamla, avställda sandfången

- Iordningställande av inlopp och utlopp
- Installation av ny blåsmaskin och grovblåsig luftningssystem för luftning av sandfången



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

- Installation av skruvtransportörer och sandpumpar samt sandvattenledning till nuvarande grovrening
- Uppgradering av ventilationssystem

Bräddvattenrening för 1m³/s:

- Installation av 6 st lamellflotationsenheter med kringutrustning i BB01 för ett totalt flöde av 1m³/s
- Installation av stamledningar samt in- och utloppsloppsledningar till varje enhet.
- Upprättande av ny utloppspumpstation för bräddavloppsvatten (till bef. utloppstunnel)
- Installation av slamledningar för transport av slam till slamhanteringen
- Installation av nytt ventilationssystem anpassat för de 6 lamellflotationsenheterna



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

5.2 Fall 2: 700 000 pe, strängare reningskrav

5.2.1 Biosteget

5.2.1.1 Gamla delen

Vattenreningsprocess MBBR i BB02-06 för ett max-flöde på 3m³/s:

Lika som alternativ 1, samt:

- tillsats av ytterligare bärarmaterial i Anox 2

Kemdosering

Lika som alternativ 1, samt:

- Installation av nya doseringsledningar för kolkälla till BB07-12 (Anox 2)

5.2.1.2 Nya delen

Vattenreningsprocess Kraus i BB07-12:

- Lika som alternativ 1, samt
 - Installation av två nya mellanväggar för utformning av en ny zon: Anox 2
 - Installation av nya omrörare i ny Anox 2 (20kW per linje)
 - Komplettering av luftningssystem i Ox 1
 - Flytt av befintliga recirkulationspumpar till slutet på Ox 1

5.2.2 Bräddvattenrening

Lika som driftfall 1.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

5.3 Fall 3: 900 000 pe, nuvarande reningskrav

5.3.1 Grovrening

- Demontering av befintliga galler och installation av 5 st nya silar
- Uppgradering av skruvtransportörer för rens.
- Installation av spolvattenanslutningar

5.3.2 Biosteget

5.3.2.1 Gamla delen

Vattenreningsprocess MBBR i BB02-06:

Åtgärder lika som i driftfall 1, samt

- Tillsats av ytterligare bärarmaterial

Kemdosering

Lika som driftfall 1.

5.3.2.2 Nya delen

Vattenreningsprocess Kraus i BB07-12:

Åtgärder lika som i driftfall 1, samt

- Installation av demonterade returslampumpar från gamla delen
- Installation av nya recirkulationspumpar

5.3.3 Bräddvattenrening

5.3.3.1 Bräddvattenrening för 2 m³/s (ger bräddvattenreningskapacitet på totalt 3 m³/s):

Idrifttagning av ett av de gamla, avställda sandfången.

Lika som driftfall 1.

Bräddvattenrening för 2 m³/s

Lika som för alternativ 1, samt installation av

- Installation av ytterligare 9 st lamellflotationsenheter med kringutrustning:
 - a. 3 st i FS01
 - b. 2 st i BB01
 - c. 4 st i ES01



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

- Spolvattensystem
- Polymerdoseringssystem
- Utloppspumpstation
- Installation av stamledning som självfallsledning för grovrenat avloppsvatten till lamellflotationerna i ES01
- Ny pumpstation i bef. slamfickor i FS01 med installation av 3 st propellerpumpar
- Installation av in- och utloppsloppsledningar från varje enhet samt stamledning för renat bräddvatten till utloppspumpstation
- Koppling av nya slampumpar till slamledningar från pkt 22.
- Installation av nytt ventilationssystem anpassat för de nya 9 lamellflotationsenheterna
- Installation av spolvattensystem
- 2 st polymerdoseringssystem
- 1 st utloppspumpstation



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

5.4 Fall 4: 900 000 pe, strängare reningskrav

5.4.1 Grovrening

Åtgärder lika som driftfall 3.

5.4.2 Biosteget

5.4.2.1 Gamla delen

Vattenreningsprocess MBBR i BB02-06:

Åtgärder lika som driftfall 3, samt:

- tillsats av ytterligare bärmaterial (jämfört med 900 000 pe + nuv. krav) i Anox 2

Kemdosering

Lika som driftfall 2.

5.4.2.2 Nya delen

Vattenreningsprocess Kraus??? i BB07-12:

Åtgärder lika som i driftfall 3, samt

- Installation av två nya mellanväggar för utformning av en ny zon: Anox 2
- Installation av nya omrörare i ny Anox 2 (20kW per linje)
- Komplettering av luftningssystem i Ox 1
- Flytt av befintliga recirkulationspumpar till slutet på Ox 1

5.4.3 Bräddvattenrening

5.4.3.1 Bräddvattenrening för 2 m³/s (ger bräddvattenreningskapacitet på totalt 3m³/s):

Idrifttagning av ett av de gamla, avställda sandfången.

Lika som driftfall 1.

Bräddvattenrening för 2 m³/s

Lika som för alternativ 1, samt installation av

- Installation av ytterligare 9 st lamellflotationsenheter med kringutrustning:
 - a. 3 st i FS01
 - b. 2 st i BB01
 - c. 4 st i ES01



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

- Spolvattensystem
- Polymerdoseringssystem
- Utloppspumpstation
- Installation av stamledning som självfallsledning för grovrenat avloppsvatten till lamellflotationerna i ES01
- Ny pumpstation i bef. slamfickor i FS01 med installation av 3 st propellerpumpar
- Installation av in- och utloppsloppsledningar från varje enhet samt stamledning för renat bräddvatten till utloppspumpstation
- Koppling av nya slampumpar till slamledningar från pkt 22.
- Installation av nytt ventilationssystem anpassat för de nya 9 lamellflotationsenheterna
- Installation av spolvattensystem
- 2 st polymerdoseringssystem
- 1 st utloppspumpstation



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

5.5 Fall 5: 700 000 pe, strängare reningskrav + läkemedelsavskiljning

Lika som driftfall 2, samt:

Kolfilteranläggning för 6 m³/s rening av för läkemedelsrester:

- Byggnation av ny kolfilterhall bakom befintliga sandfilter
- Ventilationssystem för ny kolfilterhall

5.6 Fall 6: 900 000 pe, strängare reningskrav + läkemedelsavskiljning

Lika som driftfall 4, samt:

Kolfilteranläggning , lika som driftfall 5.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

5.7 Ventilation och luktreduktion

Ventilation bedöms klaras med befintliga system (med god marginal), med undantag av den nya bräddvattenreningen och den nya kolfilterhallen. Dessa delar föreslås ventileras enligt följande.

5.7.1 Ventilation bräddvattenrening (flotationsanläggning)

Processen i flotationsbassängerna genererar en hel del dålig lukt. Med övertäckta bassänger kan en luktfri miljö bibehållas i bergrummet, utan behov av ett ökat luftflöde. Befintliga fläktar bibehålls utan ändring. Ventilationen i öriga linjer i verket påverkas inte.

Om bassängerna inte täcks över krävs istället en högre luftcirkulation i utrymmet. Då denna luftvolym inte finns tillgänglig måste den i så fall tas ifrån andra linjer i verket, vilket riskerar att dessa drabbas av sämre lukt och arbetsmiljö.

En lösning utan övertäckning skulle också innebära svårigheter att minimera lukten i rummet, eftersom tilluft sker från taket och frånluftskanalen suger från bassängernas sida. Därmed finns risk att den dåliga luften sprids i andra riktningar i rummet och inte dras ut. Ett sätt att avhjälpa detta skulle kunna vara en installation som blåser luft över bassängens yta i riktning mot befintligt frånluftsuttag.

För att minimera lukt från flotationsbassängerna täcks dessa med en genomsiktig huv som specialtillverkas för ändamålet. Ljuset från allmänbelysningen släpps igenom huven. På så sätt kan okulär övervakning normalt ske av processen och huven behöver endast lyftas vid särskilt behov av service på insidan av bassängerna. Vi dessa tillfällen kan huven lyftas ca 2 meter med hjälp av vinsch och linor. Huvens vikt bedöms till ca 200 kg.

Huven byggs upp kring en ställning, förslagsvis en ram av fiberarmerad plast eller liknande.

Huvens sidor utformas av 2 mm glasklar plastfolie och bör vara 1-2 m höga. Dessa överlappar flotationsbassängernas kanter ca 100 mm. Huvens tak görs av vävarmerad genomsiktig plastfolie. Ovansidan är ansluten till en ny frånluftskanal i bergrummets tak. Anslutningen sker med flexibla kanaler/slangar, som möjliggör att huven vid behov kan höjas och sänkas. För den nya frånluftskanalen behövs en fläkt med en kapacitet på 5 kW:

Frånluftssystemet suger ut den illaluktande luften från utrymmet mellan vattenytan och huvens tak. Undertrycket i utrymmet gör att huvens sidor (den tunna plastfolien) tätar mot bassängkanterna. Bassängens övre kant förses med vertikala hål/spalter i en sarg. Dessa hål fungerar som tilluftskanaler parallella med huvens sidor. Luftrikningen gör att plastfoliens insidor hålls imfria.

Den befintliga frånluftskanalen längs bassängernas sida onödiggörs och kan tas bort.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

5.7.2 Ventilation Kolfilterhall - fall 5 och 6.

Den nya kolfilterhallen ventileras med samma luft som idag ventilerar sandfilterhallen. Denna luft länkas över till den nya hallen/tunneln, som då blir först i luftströmmen. Ventilationsluften följer sedan samma flöde som i dag genom hela verket, från slutreningen till grovreningen.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

6 Kostnader

I detta kapitel redovisas bedömda kostnader för respektive alternativ. Detaljerade kalkyler samt uppskattning av elkostnader bifogas i Bilaga 2-Bilaga 4.

Kalkylerna har beräknats som *särkostnadskalkyler*, dvs kostnader för att rena *den ökade belastningen* i respektive fall jämfört med idag.

6.1 Investeringskostnader

Bedömda investeringskostnader för föreslagna åtgärder sammanfattas Tabell 13 nedan och redovisas i Bilaga 2.

Tabell 13 Bedömda investeringskostnader, T SEK/år

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6
	Nuvarande krav, 700 000 pe	Strängare krav, 700 000 pe	Nuvarande krav, 900 000 pe	Strängare krav, 900 000 pe	Strängare krav, 700 000 pe läkemedels rening	Strängare krav, 900 000 pe läkemedels rening
<u>Fast maskinutrustning</u>	59 570	61 310	112 970	114 575	104 615	152 195
El	5 810	7 260	11 740	13 085	19 295	20 635
Ventilation	1 700	1 700	2 900	2 900	3 200	3 200
Vissa pumpar o mekaniska installationer	52 060	52 350	98 330	98 590	82 120	128 360
<u>Maskiner</u>	64 450	71 140	91 950	100 340	101 430	130 310
Pumpar, elinstallationer m.m.						
<u>Bygg och vissa bygginventarier</u>	3 550	4 360	5 290	6 100	104 220	105 960
Summa investeringar	127 570	136 810	210 210	221 015	310 265	388 465
Oförutsett, 10 %	12 757	13 681	21 021	22 101	31 026	38 846
Summa entreprenadkostnad	140 327	150 491	231 231	243 116	341 291	427 311
Projektering och genomförande (25 %)	35 082	37 623	57 808	60 780	85 323	106 827
Summa anläggningskostnad, (avr) T SEK	175 400	188 100	289 000	303 900	426 600	534 100



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket Idéförslag	
Daterad: 2009-11-02		
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

6.2 Driftkostnader

Bedömda driftkostnader sammanfattas i Tabell 14 nedan, och redovisas i detalj i Bilaga 4.

Uppskattning av elförbrukning har baserats på uppgifter om nuvarande elförbrukning vid befintlig anläggning och redovisas i Bilaga 3.

Tabell 14 Bedömda ökade driftkostnader, T SEK/år

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6
	Nuvarande krav, 700 000 pe	Strängare krav, 700 000 pe	Nuvarande krav, 900 000 pe	Strängare krav, 900 000 pe	Strängare krav, 700 000 pe läkemedelsrening	Strängare krav, 900 000 pe läkemedelsrening
Underhåll	2 330	2 469	3 806	3 979	3 671	5 173
Elenergi	7 609	7 592	13 555	13 533	8 126	14 230
Kemikalier	5 613	9 985	7 732	13 399	9 987	13 399
Personal	100	300	400	600	500	800
Summa ökade driftkostnader (avr T SEK/år)	15 650	20 350	25 490	31 510	22 280	33 600

6.2.1 Jämförelse kolkälla/slam och bedömd intäktsminskning för biogas vid användning av slam som kolkälla

I enlighet med förfrågan har kostnaderna för att använda en del av slammet för produktion av kolkälla genom slamhydrolys och kostnaderna för att använda extern kolkälla (metanol) grovt jämförts. Jämförelsen redovisas i Tabell 15, nedan.

Kostnaderna för slam som kolkälla har baserats på förlorade intäkter vid försäljning av biogas (se även Tabell 11 i kapitel 4.4).

Kalkylpris för biogasen har antagits till 4,70 kr/Nm³ metan.

Pris för metanol: 3 100 kr/ton.



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Tabell 15 Jämförelse av kostnader för extern kolkälla och slam

Fall	Beräknad minskning av metanproduktion (Nm ³ /d)	Bedömd kostnad för slam som kolkälla1) M SEK/år	Bedömd kostnad för extern kolkälla (metanol) SEK/år
FALL 1	1 804	3,1	5,1
FALL 2	3 164	5,4	8,9
FALL 3	2 318	4,0	6,6
FALL 4	4 061	7,0	11,5
FALL 5	3 164	5,4	8,9
FALL 6	4 061	7,0	11,5

Med slam som kolkälla blir kostnaden således lägre. Dock skall här påpekas att någon fullständig kostnadsjämförelse inte gjorts, dvs kostnader för hydrolysen är inte inkluderade (ombyggnadskostnader mm).

6.3 Årskostnader

Bedömda årskostnader sammanfattas i Tabell 17 och redovisas i Bilaga 4.

Förutsättningarna för kalkylen enligt uppgift från Käppalaverket redovisas i Tabell 16.

Tabell 16 Förutsättningar för årskostnadskalkylen

Parameter	Värde
Kalkylränta %	3,00
Avskrivningstid, år:	
- Maskiner (pumpar, elinstallationer mm)	10
- Fast maskinutrustning (el, vent, vissa pumpar o mekaniska installationer)	20
- Byggnader o vissa bygginventarier	30
- Övriga kostnader (projektering upphandling m.m.)	10
Underållskost, bedömd schablon av Maskin (i posten maskin ingår flera större poster för underhållsfria anläggningsdelar)	2 %
El, köp inkl skatt, kr/kWh	0,71
KEMI KALIEPRIS	
Järnsulfat, kr/ton	450
Järnklorid, kr/ton	1 400



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

Metanol, kr/ton	3 100
Polymer, kr/kg	30
Energipris gas, kr/kWh	0,47

Tabell 17 Ökade årskostnader, T SEK/år

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6
	Nuvarande krav, 700 000 pe	Strängare krav, 700 000 pe	Nuvarande krav, 900 000 pe	Strängare krav, 900 000 pe	Strängare krav, 700 000 pe läkemedel srening	Strängare krav, 900 000 pe läkemedel srening
DRIFTSKOSTNAD	15 652	20 348	25 493	31 510	22 283	33 602
KAPITALTJÄNST- KOSTNAD	15 854	17 094	25 420	26 901	34 243	43 436
ENERGIINTÄKTER	8 386	8 386	16 400	16 400	8 836	16 400
Summa ökade årskostnader	39 890	45 828	67 311	74 810	64 912	93 438
Summa ökade nettoårskostnader (hänsyn till energiintäkt) (avr. T SEK/år)	31 500	37 442	50 913	58 411	56 526	77 038



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

6.4 Nyckeltal

Nedan redovisas några olika beräknade nyckeltal avseende kostnader för föreslagna processlösningar baserade på ovan redovisade kostnadsbedömningar. Även här är det särkostnader, dvs kostnaden för den ökade mängden som avses.

Tabell 18 Bedömda nyckeltal

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4	Fall 5	Fall 6
	Nuvarande krav, 700 000 pe	Strängare krav, 700 000 pe	Nuvarande krav, 900 000 pe	Strängare krav, 900 000 pe	Strängare krav, 700 000 pe läkemedelsrening	Strängare krav, 900 000 pe läkemedelsrening
Ökad nettokostnad per ökad volym, SEK/m3 renat vatten (hänsyn till energiintäkt)	1,36	1,62	1,10	1,26	2,45	1,67
Ökad driftkostnad per ökad volym, SEK/m3 renat vatten	0,68	0,88	0,55	0,68	0,97	0,73
Ökat elenergibehov per ökad volym kWh el/m3 renat vatten	0,46	0,46	0,41	0,41	0,50	0,43
Ökade tot kost kr/ökad kg avskiljt N	93	57	61	47	81	59
Ökad nettokost/kr ökad kg avskiljt N (hänsyn till energiintäkt)	74	87	119	136	132	180
Ökad driftkost/ökad kg avskiljt kväve	36	47	59	73	52	78



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

7 Sammanfattning av förslagets kvaliteter

- Ökning av kapaciteten vid Käppalaverket föreslås ske genom huvudsakligen *omläggning av den biologiska processen* samt *komplettering med bräddvattenrening* vid högre flöden än 6 m³/s.
- Huvudsakligen innebär förslaget följande:
 - I nya delen läggs biosteget om till kontaktstabilisering med en sk Kraus-process. Verket är redan förberett för detta och kan enkelt ställas om.
 - I gamla delens biosteg introduceras rörligt bärmaterial och processen läggs därigenom om till en sk MBBR-process (Moving Bed Biological Reactor).
 - Genom ovanstående omläggningar av driften i den biologiska reningen kan flöden upp till 6 m³/s klaras med såväl nuvarande som skärpta krav (se nedan).
 - Vid flöden > 6 m³/s tillämpas separat bräddvattenrening genom lamellflotation, som placeras i en av gamla blockets 6 linjer. Grovreningen byggs om med silar.
- Ovan presenterade förslag visar att ett fullgott reningsresultat för de olika driftfallen bör kunna erhållas utan att behöva bygga ut befintliga volymer, vilket torde vara en stor ekonomisk fördel. Utbyggnad av större bassängvolymer måste ju ske genom att ett helt nytt plan anläggs under det befintliga och innebär att mycket stora bergvolymer då måste sprängas ut.
- Skärpta kvävekrav kan uppnås med relativt enkla medel:
 - Kraus (i nya delen) med efterdenitrifikation.
 - BBR (gamla delen) samma lösning som för nuvarande krav, enbart genom tillsats av ytterligare bärmaterial.
- Kostnaderna för ovan förslag bedöms uppgå till:

		Investering, MSEK	Årskostnad, M SEK/år
Fall 1	700 000 pe, nuv krav	175	31,5
Fall 2	700 000 pe, skärpta krav	190	37,4
Fall 3	900 000 pe, nuvarande krav	290	50,9
Fall 4	900 000 pe, skärpta krav	300	58,4



Uppdragsnr: 10126264	Utveckling Käppalaverket	
Daterad: 2009-11-02	Idéförslag	
Reviderad:		
Handläggare: Katarina Starberg	Status: Slutlig	

- Den befintliga anläggningen är i dag mycket flexibel med avseende på flödesfördelning, drift av enskilda anläggningsdelar och linjer. Föreslagen lösning innebär att denna flexibilitet bibehålls fullt ut.
- Anläggningsuformningen av bräddvattenreningen – med ett stort antal mindre flotationsenheter – medför att energiförbrukningen här minimeras genom att antalet enheter som nyttjas hela tiden anpassas till det aktuella flödet.
- Förslaget innebär också att reningsresultaten kan verifieras och optimeras mycket grundligt på plats före införandet. Förutsättningarna för fullskaleförsök är mycket goda. Genom enkel omställning av t ex 1 linje vardera i gamla och nya delen kan fullskaleförsök med Kraus respektive rörligt bärarmaterial genomföras. Försöken kan genomföras under lång tid för att kontrollera funktion och resultat under varierande förhållanden och kan påbörjas omgående, dvs i god tid innan den ökade belastningen blir aktuell.