

---

# RAPPORT

---

Käppala avloppsreningsverk

## Käppala Avgasning

Uppdragsnummer 1839152000

### Hydrauliska Beräkningar Bioblock 11 och Eftersedimenteringsbassäng 11

---



Stockholm 2012-02-10

### Sweco Environment AB Process och utredning, Stockholm

Upprättad av: Wen Zhang

Granskad av: Erik Lindblom

1 (22)

<b>Sweco</b>	Sweco Environment AB	Wen Zhang
Vatten & Miljö	Org.nr 556346-0327	Telefon direkt 0046-869 562 84
Gjörwellsgatan 22	säte Stockholm	Mobil 0046-738 476 284
Box 34044, 100 26 Stockholm	Ingår i Sweco-koncernen	wen.zhang@sweco.se
Telefon 08-695 60 00		
Telefax 08-695 60 10		
www.sweco.se		
Uppdrag 1839152000; p:\1834\1839152_avgasning_käppala_20\000\10 arbetsmtrl_dok\beräkn\hydraulik\leverans_2012-02-10\hb-2012-02-10.docx		

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>FÖRUTSÄTTNINGAR</b>	<b>5</b>
3.1	Beräknade flöden och studerade anläggningsdelar	5
3.2	Beräkningsformler	5
3.2.1	Förlust i kanalkrök	5
3.2.2	Engångsförlust i rörledning	6
3.2.3	Förlust vid sektionsförändringen i kanal	6
3.2.4	Förlust vid överfall	6
3.2.5	Förlust vid dränkt öppningshål	7
3.2.6	Förlust i öppen kanal	7
<b>4</b>	<b>HYDRAULISKA BERÄKNINGAR PÅ BB11</b>	<b>8</b>
4.1	Förlust i skibord mellan FT42 och ES11	8
4.2	Förlust i lucka mellan FT42 och BB11-D	8
4.3	Förlust vid öppning mellan BB11-O och BB11-A	8
4.4	Förlust vid mellanväggar i BB11	9
4.5	Förlust vid öppning mellan K3 och BB11-A	9
4.6	Förlust vid öppning mellan inblandningskammaren och K3	10
4.7	Förlust vid öppning mellan K2 och inblandningskammaren	10
4.8	Förlust vid öppning mellan K1 och K2	11
4.9	Förlust vid öppning mellan RN och K1	11
4.10	Förlust i RN kanal	11
4.11	Förlust vid dimensionsändring i inloppskanal	12
4.12	Förlust vid inlopp skibord	13
4.13	Förlust vid lucka mellan RS och K1	13
4.14	Förlust vid avgasningstornet	13
4.15	Sammanfattning	14
4.16	Förslag på åtgärder	14
<b>5</b>	<b>HYDRAULISKA BERÄKNINGAR PÅ ES11</b>	<b>16</b>
5.1	Skibord mellan utströmningsrännor och utloppskanal	16
5.2	Förlust vid utlopp från utströmningsrännor	16
5.3	Förlust i hålen i utströmningsrännor	16
5.4	Förlust i hålen i utloppsrännor	17
5.5	Förlust vid utlopp från inloppskanal till utloppsrännor	17
5.6	Förlust i inloppskanal	18

2 (22)

RAPPORT  
2012-02-10  
KÄPPALA AVGASNING

---

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

5.7	Förlust vid sektionsförändringsdelen	18
5.8	Förlust vid inlopp till sektionsförändringsdelen	18
5.9	Sammanfattning	19
<b>6</b>	<b>SLUTSATS</b>	<b>20</b>

### BILAGOR

Bilaga 1: Skiss med ritningar för beräkningar

Bilaga 2: Detaljerade hydrauliska beräkningar

## 1 SAMMANFATTNING

För att undersöka de hydrauliska förutsättningarna att installera ett avgasningstorn mellan Bioblock 11 (BB11) och Eftersedeimenteringsbassäng 11 (ES11), har en serie av hydrauliska beräkningar gjorts.

Det dimensionerande inflödet ( $Q_{dim}$ ) är ansatt till 27 648 m<sup>3</sup>/d för Bioblock 11 och hydrauliskt skall anläggningsdelen klara inflödet  $2 \times Q_{dim}$ .

I rapporten "Hydrauliska Beräkningar Bioblock 11" beräknade vi huruvida  $2 \times Q_{dim}$  kan ledas genom befintligt Bioblock 11. Slutsatsen är att vatten inte kommer att strömma över i anläggningen. Men om avgasningstornet installeras mellan BB11 och ES 11, kommer det att finnas en ytterligare och fast förlust på ca 0,4 m. Därigenom kommer enligt beräkningsresultaten vattnet överstiga betongunderkantnivån på 3 ställen: utlopp i BB11-OA (Oxidations-zon), BB11-D (Deox-zon) och FT42 (Fördelningskanal 42).

För att kunna leda hela det studerade flödet genom BB11 behöver vattennivån att sänkas med ca 0,144 m. Tänkbara åtgärder diskuteras i rapporten men behöver diskuteras vidare med Käppalaförbundet.

Det ökade inflödet kan ledas genom ES11. Enligt beräkningsresultaten finns ingen risk för översvämning i denna anläggningsdel.

## 2 INLEDNING

Föreliggande rapport redovisar hydrauliska beräkningar vid Käppala avloppsreningsverk. Syftet är att utreda huruvida ett högre än normalt flöde hydrauliskt kan ledas genom befintligt Bioblock 11 (BB11) och Eftersedimenteringsbassäng 11 (ES11).

Det dimensionerande inflödet ( $Q_{dim}$ ) är ansatt till 27 648 m<sup>3</sup>/d (1 152 m<sup>3</sup>/h) och hydrauliskt skall anläggningsdelen klara  $2 \times Q_{dim}$ . Till detta kommer retur slam (100 % av dimensionerande inflöde), nitratrecirkulation (300 % av dimensionerande inflöde) och bio-P-recirkulation (100 % av dimensionerande inflöde). Bio-P-recirkulationen är avställd, vilket innebär att det studerade maximala flödet genom BB11 är  $6 \times Q_{dim}$ .

Genom BB11 och ES11 leds dessutom retur slam om maximalt  $1 \times Q_{dim}$ .

Nitratrecirkulationen påverkar endast hydrauliken i BB11 d.v.s. det maximala flödet genom ES11 som studeras är  $3 \times Q_{dim} = 3 456 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Beräkningarna BB11 och ES11 startar vid skiborden i fördelningskanal 42 (FT42) som har nivån +1,7 respektive vid skiborden mellan utloppskanalen och utströmningsrännorna som har nivån +1,3.

Syftet med arbetet som redovisas nedan är att utreda om den befintliga anläggningen har hydraulisk kapacitet att ta emot maximalt inflöde med maximal hydraulisk belastning från interna strömmar.

### 3 FÖRUTSÄTTNINGAR

#### 3.1 Beräknade flöden och studerade anläggningsdelar

Det maximala studerade flödet igenom aktivslambassängen är  $6 \times Q_{dim} = 6\,912 \text{ m}^3/\text{h}$ . Nitratrecirkulationen om  $3 \times Q_{dim}$  pumpas tillbaka till inkommande kanal och det maximala studerade flödet genom eftersedimenteringsbassängerna blir  $3 \times Q_{dim} = 3\,456 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Max inkommande: $Q_{max} = 2 \times Q_{dim}$	2 304	$\text{m}^3/\text{h}$
Returslam: $1 \times Q_{dim} =$	1 152	$\text{m}^3/\text{h}$
Nitratrecirkulation: $3 \times Q_{dim} =$	3 456	$\text{m}^3/\text{h}$
Maxflöde totalt i BB11: $6 \times Q_{dim} =$	6 912	$\text{m}^3/\text{h}$
Maxflöde i ES11: $3 \times Q_{dim} =$	3 456	$\text{m}^3/\text{h}$

De hydrauliska beräkningarna för Bioblock 11 innehåller följande delar:

- Inloppskanal
- Retur-nitrat kanal (RN)
- Returslam (RS)
- K1, K2, K3
- Inblandningskammare, anaerob zon (BB11-A)
- Oxidations-zon (BB11-OA)
- Deox-zon (BB11-D)
- Fördelningskanal (FT42)

De hydrauliska beräkningarna för Eftersedimenteringsbassäng 11 innehåller följande delar:

- Inloppskanal
- Utloppsrännor
- Utströmningsrännor

#### 3.2 Beräkningsformler

Följande beräkningsformler har använts vid beräkning av olika typer av friktionsförluster.

##### 3.2.1 Förlust i kanalkrök

$$\text{Friktionsförlust} = (\mu \cdot v^2) / (2 \cdot g) \quad (\text{m})$$

där  $\mu$  = avbördningskoefficient = 0,5

v = hastighet (m/s)  
 g = jordaccelerationskonstanten = 9,81 (m/s<sup>2</sup>)

### 3.2.2 Engångsförlust i rörledning

$$\text{Friktionsförlust} = (\mu \cdot v^2) / (2 \cdot g) \quad (\text{m})$$

där  $\mu$  = 0.5 inlopp ledning  
 $\mu$  = 1.0 utlopp från ledning till reservoar  
 $\mu$  = 0.25 rörböj  
 $\mu$  = 0.30 rundat t-rör  
 $\mu$  = 1.1 skarpkantat t-rör  
 $\mu$  = 0.2 kona (där konlängden är 3 x (D2 – D1))  
 $\mu$  = 0.25 slussventil  
 $\mu$  = 0.5 backventil  
 $\mu$  = 1.2 brunn  
 v = hastighet (m/s)  
 g = jordaccelerationskonstanten = 9,81 (m/s<sup>2</sup>)

### 3.2.3 Förlust vid sektionsförändringen i kanal

$$\text{Friktionsförlust} = \mu \cdot (v_1^2 / (2 \cdot g) - v_2^2 / (2 \cdot g)) \quad (\text{m})$$

där  $\mu$  = 1,0 – för en plötslig sektionsökning  
 $v_1$  = Vattenhastighet i kanal del 1 (m/s)  
 $v_2$  = Vattenhastighet i kanal del 2 (m/s)  
 g = Jordaccelerationskonstanten = 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

### 3.2.4 Förlust vid överfall

$$\text{Friktionsförlust} = \left( \frac{3Q}{2 \cdot \mu \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \right)^{3/2} \quad (\text{m})$$

Där Q = flöde (m<sup>3</sup>/s)  
 $\mu$  = avbördningskoefficient  
 B = överfallskantens bredd (m)  
 g = Jordaccelerationskonstanten = 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

### 3.2.5 Förlust vid dränkt öppningshål

$$\text{Friktionsförlust} = 1/\mu^2 \times v^2 / (2 \times g) \quad (\text{m})$$

Där  $\mu$  = avbördningskoefficient

$v$  = Vattenhastighet (m/s)

$g$  = Jordaccelerationskonstanten = 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

### 3.2.6 Förlust i öppen kanal

Mannings formel har använts.

$$\text{Friktionsförlust} = (v^2 \times L) / (M^2 \times R^{4/3}) \quad (\text{m})$$

där  $v$  = hastighet (m/s)

$L$  = kanallängd (m)

$M$  = Mannings tal = 80 ((m/(s<sup>2</sup>\*m<sup>1/3</sup>))<sup>0.5</sup>)

$R$  = A/P (m)

$A$  = Våt area = B\*H (m<sup>2</sup>)

$B$  = Kanalbredd (m)

$H$  = Vattendjup (m)

$P$  = B + (2\*H) (m)

## 4 HYDRAULISKA BERÄKNINGAR PÅ BB11

Vattennivåer och förluster i olika anläggningsdelar i BB11 beräknas i detta kapitel för det studerade maximala flödet,  $6 \times Q_{dim}$ .

Beräkningarna är numrerade ("Beräkning nr") och lokaliseringen framgår av planritningen som bifogas i Bilaga 1. Alla luckor förutsätts vara helt öppnade.

### 4.1 Förlust i skibord mellan FT42 och ES11

Beräkning nr:	1
Typ av förlust:	Överfall
Formel nr:	3.2.4
Flöde:	$3 \times Q_{dim} = 3\,456 \text{ m}^3/\text{h}$
Förutsättning:	Skibord bredd: 3,50 m
	Skibord kantnivå: + 1,70 m
Beräkning:	Friktionsförluster: 288 mm
Vattennivå före skibord:	+1,988 m

### 4.2 Förlust i lucka mellan FT42 och BB11-D

Beräkning nr:	2
Typ av förlust:	Inlopp, Utlopp
Formel nr:	3.2.2
Flöde:	$3 \times Q_{dim} = 3\,456 \text{ m}^3/\text{h}$
Förutsättning:	Lucka bottennivå: -0,50 m
	Lucka bredd: 1,0 m
Beräkning:	Vattenhastighet: 0,386 m/s
	Friktionsförluster: 12 mm
Vattennivå före luckan:	+ 2,000 m

### 4.3 Förlust vid öppning mellan BB11-O och BB11-A

Beräkning nr:	3
Typ av förlust:	Inlopp, Utlopp
Formel nr:	3.2.2
Flöde:	$6 \times Q_{dim} = 6\,912 \text{ m}^3/\text{h}$
Förutsättning:	Öppning bottennivå: -3,90 m



	Öppning bredd:	1,0 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,325 m/s
	Friktionsförluster:	8 mm
	Vattennivå före öppning:	+ 2,008 m

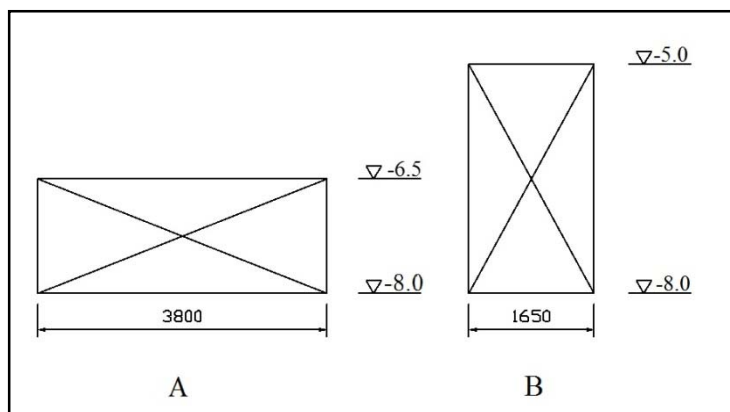
#### 4.4 Förlust vid mellanväggar i BB11

Måtten på mellanväggarna visas inte tydligt i erhållna ritningar. Förlusterna har antagits baserat på gamla hydrauliska beräkningar där mellanväggarna i biobassängen ger en förlust 0,005 m/vägg. Det finns 4 väggar, vilket innebär att den totala förlusten är  $0,005 \times 4 = 0,02$  m.

Vattennivå uppström BB11-A: + 2,028 m

#### 4.5 Förlust vid öppning mellan K3 och BB11-A

För öppningen mellan K3 och BB11-A finns två olika dimensioner angivna i de befintliga ritningarna, se Figur 3-1. "Öppning A" visas i flera ritningar än "öppning B" och används därför i huvuduträkningarna. För säkerhetsskull har beräkningar gjorts även för utformningen enligt öppning B och enligt resultaten är friktionsförlusten 5 mm större i "öppning B" än i "öppning A", vilket inte påverkar det slutgiltiga resultatet nämnvärt.



Figur 4-1: Inloppsmått K3-BB11-A enligt ritningar.

Beräkning nr:	5
Typ av förlust:	Dränkt öppning
Formel nr:	3.2.5
Flöde:	$6 \times Q_{dim} = 6\,912 \text{ m}^3/\text{h}$

Förutsättning:	Öppning bottennivå:	- 8,0 m
	Öppning bredd:	3,8 m
	Öppning höjd:	1,5 m
Beräkning:	Hastighet:	0,337 m/s
	Friktionsförluster:	16 mm
Vattennivå före öppning:		+ 2,044 m

#### 4.6 Förlust vid öppning mellan inblandningskammaren och K3

Typ av förlust:	Dränkt öppning	
Beräkning nr:	6	
Formel nr:	3.2.5	
Flöde:	$6 \times Q_{dim} = 6\,912 \text{ m}^3/\text{h}$	
Förutsättning:	Öppning bottennivå:	+ 0,8 m
	Öppning bredd:	4 m
	Öppning höjd:	1,2 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,400 m/s
	Friktionsförluster:	23 mm
Vattennivå före öppning:		+ 2,066m

#### 4.7 Förlust vid öppning mellan K2 och inblandningskammaren

Typ av förlust:	Dränkt öppning	
Beräkning nr:	7	
Formel nr:	3.2.5	
Flöde:	$6 \times Q_{dim} = 6\,912 \text{ m}^3/\text{h}$	
Förutsättning:	Öppning bottennivå:	- 1,0 m
	Öppning bredd:	1,55 m
	Öppning höjd:	3,00 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,413 m/s
	Friktionsförluster:	24 mm
Vattennivå före öppning:		+2,091 m

#### 4.8 Förlust vid öppning mellan K1 och K2

Typ av förlust:	Dränkt öppning	
Beräkning nr:	8	
Formel nr:	3.2.5	
Flöde:	$6 \times Q_{\text{dim}} = 6\,912 \text{ m}^3/\text{h}$	
Förutsättning:	Öppning bottennivå:	- 8,0 m
	Öppning bredd:	1,65 m
	Öppning höjd:	3,00 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,388 m/s
	Totalt friktionsförluster:	21 mm

Vattennivå före öppning: + 2,112 m

#### 4.9 Förlust vid öppning mellan RN och K1

Typ av förlust:	Dränkt öppning	
Beräkning nr:	9	
Formel nr:	3.2.5	
Flöde:	$5 \times Q_{\text{dim}} = 5\,760 \text{ m}^3/\text{h}$	
Förutsättning:	Öppning bottennivå:	- 0,5 m
	Öppning bredd:	2,00 m
	Öppning höjd:	1,50 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,533 m/s
	Totalt friktionsförluster:	40 mm

Vattennivå före öppning: + 2,152 m

#### 4.10 Förlust i RN kanal

Typ av förlust:	Krök 90 °C	
Beräkning nr:	10 a	
Formel nr:	3.2.1	
Flöde:	$2 \times Q_{\text{dim}} = 2\,304 \text{ m}^3/\text{h}$	
Förutsättning:	Bredd:	2,00 m
	Höjd:	1,50 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,213 m/s
	Friktionsförluster:	1 mm

Typ av förlust:	Krök 90 °C	
Beräkning nr:	10 b	
Formel nr:	3.2.1	
Flöde:	$3 \times Q_{dim} = 3\,456 \text{ m}^3/\text{h}$	
Förutsättning:	Bredd:	2,00 m
	Höjd:	1,50 m
	Längd:	0,3 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,320 m/s
	Friktionsförluster:	3 mm

Typ av förlust:	Dimensionsändring	
Beräkning nr:	10 c	
Formel nr:	3.2.3	
Flöde:	$3 \times Q_{dim} = 6\,900 \text{ m}^3/\text{h}$	
Förutsättning:	Kanalbredd:	1,55 m
	Vattendjup nedströms:	1,50 m
	Vattendjup uppströms:	2,65 m
Beräkning:	Hastighet nedströms:	0,413 m/s
	Hastighet uppströms:	0,233 m/s
	Friktionsförluster:	6 mm
Vattennivå i slutet av RN kanal:	+ 2,162 m	

#### 4.11 Förlust vid dimensionsändring i inloppskanal

Typ av förlust:	Dimensionsändring	
Beräkning nr:	11	
Formel nr:	3.2.3	
Flöde:	$2 \times Q_{dim} = 2\,304 \text{ m}^3/\text{h}$	
Förutsättning:	Kanalbredd nedströms:	1,55 m
	Kanalbredd uppströms:	3,80 m
	Vattendjup:	2,66 m
Beräkning:	Hastighet nedströms:	0,155 m/s

Hastighet uppströms:	0,063 m/s
Friktionsförluster:	1 mm
Vattennivå i slutet av inloppskanal:	+ 2,163 m

#### 4.12 Förlust vid inlopp skibord

Beräkning nr:	12
Typ av förlust:	Överfall
Formel nr:	3.2.4
Flöde:	$2 \times Q_{dim} = 2\ 304\ m^3/h$
Förutsättning:	Skibord bredd: 3,80 m
	Skibord kantnivå: + 2,35 m
Beräkning:	Friktionsförluster: 208 mm
Vattennivå före skibord:	+2,558 m

#### 4.13 Förlust vid lucka mellan RS och K1

Beräkning nr:	13
Typ av förlust:	Dränkt öppning
Formel nr:	3.2.5
Flöde:	$Q_{dim} = 1\ 152\ m^3/h$
Förutsättning:	Lucka bredd: 0,80 m
	Lucka höjd: 0,80 m
Beräkning:	Vattenhastighet: 0,500 m/s
	Friktionsförluster: 35 mm
Vattennivå före luckan:	+2,147 m

#### 4.14 Förlust vid avgasningstornet

Ett avgasningstorn ska installeras mellan BB11 och ES11. Det kommer att placeras efter skibordet i FT42 och innan inloppskanal till ES11. Avgasningstornet förutsätts ge en fast förlust på 0,4 m.

#### 4.15 Sammanfattning

Nivån på betongöverkanter i beräknade anläggningsdelarna visas i följande tabell. Tabell 4-1 sammanfattar beräkningarna.

De röda markerade siffrorna är högre än betongunderkanten nivåer.

**Tabell 4-1: Sammanfattning hydrauliska beräkningar av BB11**

Anläggningsdel	Kapitel (Nr)	Flöde (m <sup>3</sup> /h)	Vatten nivå		Betongunderkanten (m)	Betongöverkanten (m)
			Vatten nivå (m)	(avgasning) (m)		
FT 42	4.1	3456	+ 1,988	+ 2,388	+ 2,350	+ 2,760
BB11-D	4.2	3456	+ 2,000	+ 2,397	+2,26 ~ +2,40	+ 2,700
BB11-O	4.3	6912	+ 2,008	+ 2,404	+2,26 ~ +2,75	+ 2,560
BB11-A	4.4	6912	+ 2,028	+ 2,424	+ 2,750	+ 3,050
K3	4.5	6912	+ 2,044	+ 2,440	+ 2,750	+ 3,050
Inblandningskammare	4.6	6912	+ 2,066	+ 2,463	+ 2,750	+ 3,050
K2	4.7	6912	+ 2,091	+ 2,487	+ 2,750	+ 3,050
K1	4.8	6912	+ 2,112	+ 2,508	+ 2,750	+ 3,050
RN	4.9	5760				
	4.10	2304 - 3456	+ 2,162	+ 2,559	+ 2,750	+ 3,050
Inloppskanal	4.11	2304	+ 2,163	+ 2,559	+ 2,750	+ 3,050
Inloppsskibord	4.12	2304	+ 2,558	+ 2,549	+ 2,750	+ 3,050
RS	4.13	1152	+ 2,147	+ 2,543	+ 2,750	+ 3,050

Med avgasningstornet stiger alltså vattennivån enligt beräkningarna över underkantnivån på betongen på tre ställen.

#### 4.16 Förslag på åtgärder

Ett sätt att lösa problemet med för höga vattennivåer är att öka höjd och/eller bredd på utloppsskibordet till FT42. Storleken på öppningarna mellan BB11-OA och BB11-D och mellan BB11-D och FT 42 skulle också kunna ökas.

Med en ökning av en meter på bredden vid luckan mellan FT 42 och BB11-D och öppningen mellan BB11-D och BB11-OA, minskar förlusten minskar med 7 mm respektive 5 mm. Om bredden av skibord dubblas, sänks vattennivån på 106 mm. Skibordsnivån påverkar alltså vattennivån relativt mycket. En sammanställning av tänkbara åtgärder listas i Tabell 4-2.

Det är viktigt att poängtera att de parallella bioblocken är identiskt utformade för att få en jämn hydraulisk belastning. Om layouten på endast BB11 ändras kommer att denna

belastas annorlunda än övriga block om avgasningstornet efter försöken tas bort. Det bästa är därför om en temporär förändring kan göras, t.ex. sänka nivån på ett reglerbart skibord.

**Tabell 4-2: Förslag för förändringar i BB11**

Anläggningsdel	Befintlig		Förslag för förändringar	
	Bottennivå	Bredd (m)	Bottennivå	Bredd (m)
Skibord i FT42	/	3,5	/	10,0
Lucka m. FT42 och BB11-D	-0,5	1,0	-0,5	1,0
Öppning m. BB11-D och BB11-OA	-3,9	1,0	-3,9	1,0

Resultat av hydrauliska beräkningar efter förändringar presenteras i tabell 4-3.

**Tabell 4-3: Sammanfattning hydrauliska beräkningar efter förändringar i BB11**

Anläggningsdel	Kapitel (Nr)	Flöde (m <sup>3</sup> /h)	Vatten nivå (m)	Vatten nivå (avgasning) (m)	Betongunderkanten (m)	Betongöverkanten (m)
FT 42	4.1	3456	+ 1,988	+ 2,243	+ 2,350	+ 2,760
BB11-D	4.2	3456	+ 2,000	+ 2,252	+2,26 ~ +2,40	+ 2,700
BB11-O	4.3	6912	+ 2,008	+ 2,260	+2,26 ~ +2,75	+ 2,560
BB11-A	4.4	6912	+ 2,028	+ 2,280	+ 2,750	+ 3,050
K3	4.5	6912	+ 2,044	+ 2,296	+ 2,750	+ 3,050
Inblandningskammare	4.6	6912	+ 2,066	+ 2,319	+ 2,750	+ 3,050
K2	4.7	6912	+ 2,091	+ 2,343	+ 2,750	+ 3,050
K1	4.8	6912	+ 2,112	+ 2,364	+ 2,750	+ 3,050
RN	4.9	5760				
	4.10	2304 - 3456	+ 2,162	+ 2,414	+ 2,750	+ 3,050
Inloppskanal	4.11	2304	+ 2,163	+ 2,415	+ 2,750	+ 3,050
Inloppsskibord	4.12	2304	+ 2,558	+ 2,431	+ 2,750	+ 3,050
RS	4.13	1152	+ 2,147	+ 2,399	+ 2,750	+ 3,050

## 5 HYDRAULISKA BERÄKNINGAR PÅ ES11

Vattennivåer och förluster i olika anläggningsdelar i ES11 beräknas i detta kapitel för det studerade maximala flödet,  $3 \times Q_{dim}$ .

### 5.1 Skibord mellan utströmningsrännor och utloppskanal

Beräkning nr:	14	
Typ av förlust:	Överfall	
Formel nr:	3.2.4	
Flöde:	$2 \times Q_{dim}/20$ :	115,2 m <sup>3</sup> /h
Förutsättning:	Skibord bredd:	0,55 m
	Skibord kantnivå:	+ 1,35 m
Beräkning:	Överfallshöjd:	98 mm
Vattennivå före skibord:		+1,448 m

### 5.2 Förlust vid utlopp från utströmningsrännor

Beräkning nr:	15	
Typ av förlust:	Utlopp	
Formel nr:	3.2.2	
Flöde:	$2 \times Q_{dim}/20$ :	115,2 m <sup>3</sup> /h
Antal rännor:	20 st	
Förutsättning:	Bottennivå:	+ 0,91 m
	Diameter:	0,35 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,333 m/s
	Friktionsförluster:	6 mm
Vattennivå före utströmningsrännor:		+ 1,454 m

### 5.3 Förlust i hålen i utströmningsrännor

Storleken på hålen i utströmningsrännorna och utloppsrännorna hittas inte ur erhållna ritningar. Detaljritningar på rännorna saknas. Mätningar hämtas från den gamla hydrauliska beräkningen från 1996, Hydrauliska Beräkningar, RUST VA-PROJEKT.

Beräkning nr:	16	
Typ av förlust:	Inlopp, Utlopp	
Formel nr:	3.2.2	
Flöde:	$2 \times Q_{dim}/20/18$ :	6,4m <sup>3</sup> /h



Antal hål:	18 st	
Förutsättning:	Hål diameter:	0,1 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,905 m/s
	Friktionsförluster:	104 mm
Vattennivå i utströmningsrännor:		+ 1,558 m

#### 5.4 Förlust i hålen i utlopps-rännor

Beräkning nr:	17	
Typ av förlust:	Utlopp	
Formel nr:	3.2.5	
Flöde:	$3 \times Q_{dim}/2/6$ :	288 m <sup>3</sup> /h
Antal rännor:	2st	
Antal hål:	6st	
Förutsättning:	Hål diameter:	0,4 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,637 m/s
	Friktionsförluster:	52 mm
Vattennivå i utlopps-rännor:		+ 1,610 m

#### 5.5 Förlust vid utlopp från inloppskanal till utlopps-rännor

Beräkning nr:	18	
Typ av förlust:	Utlopp	
Formel nr:	3.2.1, 3.2.2	
Flöde:	$3 \times Q_{dim}/2$ :	1 728 m <sup>3</sup> /h
Antal krök 90°:	2st	
Antal öppning:	2st	
Förutsättning:	Öppning bottennivå:	-0,6 m
	Öppning höjd:	1,27 m
	Öppning bredd:	1,00 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,378 m/s
	Friktionsförluster:	11 mm
Vattennivå före utlopps-rännor:		+ 1,621 m

## 5.6 Förlust i inloppskanal

Beräkning nr:	19	
Typ av förlust:	Kanal	
Formel nr:	3.2.6	
Flöde:	3 x Q <sub>dim</sub> :	3 456 m <sup>3</sup> /h
Förutsättning:	Kanal bottennivå:	-0,6 m
	Kanal höjd:	1,27 m
	Kanal bredd:	1,20 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,630 m/s
	Friktionsförluster:	12 mm
Vattennivå före inloppskanal:	+ 1,633 m	

## 5.7 Förlust vid sektionsförändringsdelen

Beräkning nr:	20	
Typ av förlust:	Sektionsminskning	
Formel nr:	3.2.3	
Flöde:	3 x Q <sub>dim</sub> :	3 456 m <sup>3</sup> /h
Förutsättning:	Innan sektionsminskning	
	Kanal bottennivå:	-0,6 m
	Kanal höjd:	3,06m
	Kanal bredd:	1,20 m
	Efter sektionsminskning	
	Kanal bottennivå:	-0,6 m
	Kanal höjd:	1,3 m
	Kanal bredd:	1,20 m
Beräkning:	Vattenhastighet innan:	0,353 m/s
	Vattenhastighet efter:	0,630 m/s
	Friktionsförluster:	14 mm
Vattennivå före sektionsminskning:	+ 1,647 m	

## 5.8 Förlust vid inlopp till sektionsförändringsdelen

Beräkning nr:	21
---------------	----

Typ av förlust:	Dränkt öppningshål	
Formel nr:	3.2.5	
Flöde:	3 x Q <sub>dim</sub> :	3 456 m <sup>3</sup> /h
Förutsättning:	Öppning bottennivå:	-0,6 m
	Öppning höjd:	1,45 m
	Öppning bredd:	1,20 m
Beräkning:	Vattenhastighet:	0,552 m/s
	Friktionsförluster:	43 mm
Vattennivå före inloppskanal:	+ 1,690 m	

## 5.9 Sammanfattning

Betongunderkantnivån (+1,91) och överkantnivån (+2,1) är på en konstant nivå i ES11. De beräknade vattennivåerna vid inflödet  $2 \times Q_{dim}$  och returslamflödet  $Q_{dim}$  redovisas i tabell 5-1. För detaljerade beräkningsresultat, se Bilaga 2.

**Tabell 5-1: Sammanfattning hydrauliska beräkningar**

Anläggningsdel	Kapitel (Nr)	Flöde (m <sup>3</sup> /h)	Uppströmsnivå (m)	Betongöverkanten (m)	Betongunderkanten (m)
Skibord i utströmningsrännor	5.1	115,2	+ 1,448	+ 2,100	+ 1,910
Utlopp från rännorna	5.2	115,2	+ 1,454	+ 2,100	+ 1,910
Hål i utströmningsrännor	5.3	6,4	+ 1,558	+ 2,100	+ 1,910
Hål i utloppstännor	5.4	288	+ 1,610	+ 2,100	+ 1,910
Utlopp från kanal	5.5	1728	+ 1,621	+ 2,100	+ 1,910
Inloppskanal	5.6	3456	+ 1,633	+ 2,100	+ 1,910
Sektionsförändring	5.7	3456	+ 1,647	+ 2,100	+ 1,910
Dränkt öppning vid inlopp	5.8	3456	+ 1,690	+ 2,100	+ 1,910

Den totala hydrauliska förlusten genom ES11 blir för det studerade flödet blir 0.24 m. Förutom skibordet i utströmningsrännorna är det hålen i utströmnings- och utloppsrännorna som genererar förlusten.

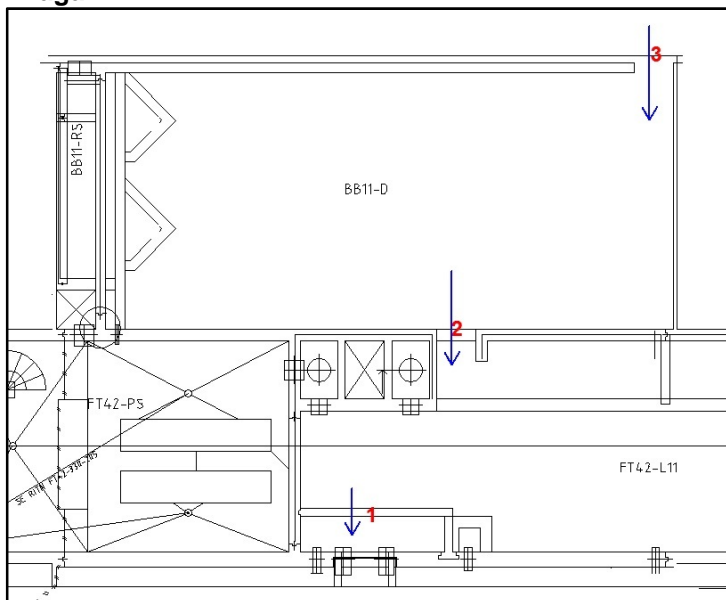
Den högsta vattennivån är +1,690 vid inloppet till eftersedimenteringsbassängen. Betongunderkantnivån här är +1,910 och därför finns det goda möjligheter att leda  $2 \times Q_{dim}$  och samtidigt returslam genom ES11.

## 6 SLUTSATS

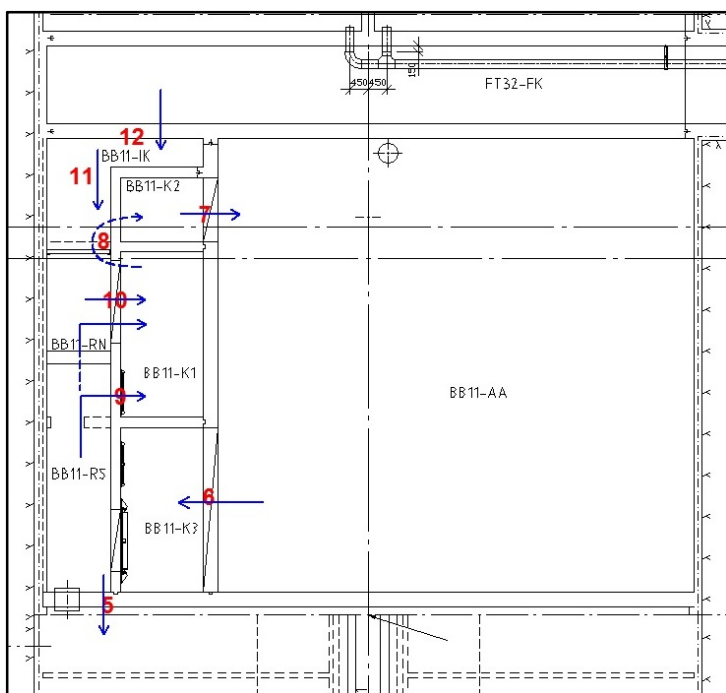
Med det maximala inflödet  $2xQ_{dim} = 2\ 304\ m^3/h$ , överströmmar vatten inte över betongöverkanten genom BB11 och ES11. Vattennivå uppnåddes dock över betongunderkanten på flera ställen. För att undvika översvämning kan dock skibord i FT42 behöva rekonstrueras.

Som nämns i rapporten att hålla en jämn hydraulisk belastning i alla bioblocken, en temporär lösning behöver undersökas och utvecklas.

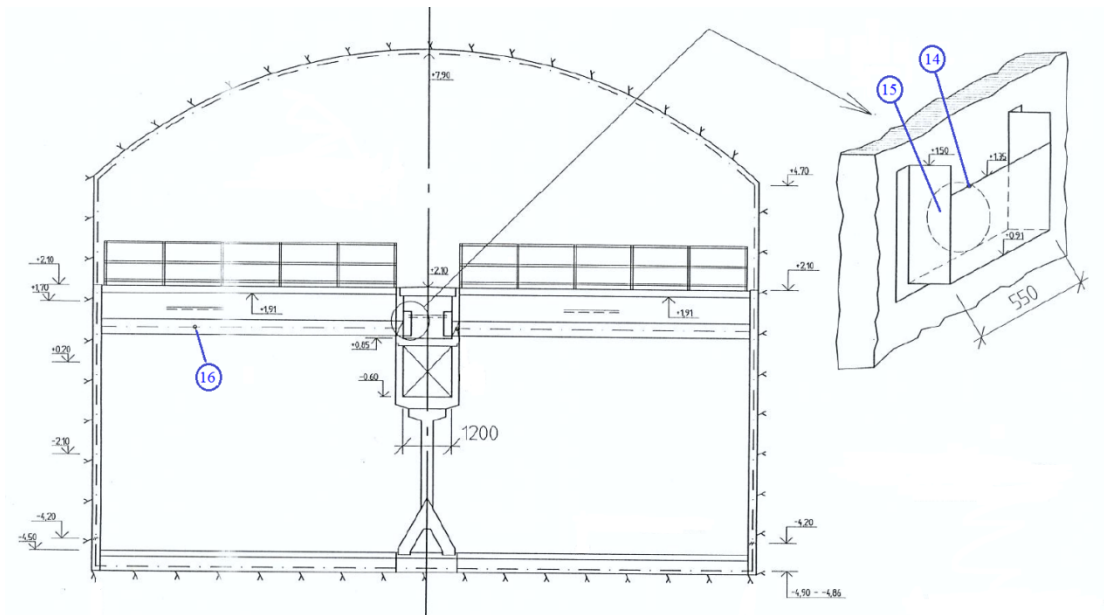
**Bilaga 1**



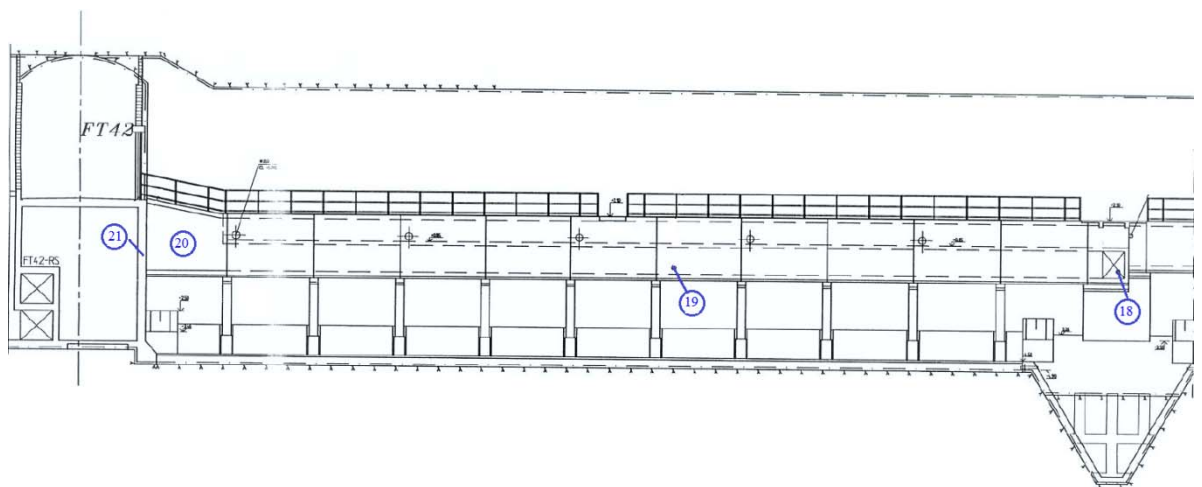
Figur 1 Vatten från ox-zon (BB11-OA) till deox-zon (BB11-D) och fördelningskanal (FT42).



Figur 2 Vatten från inloppskanal FT42 till BB11



Figur 3 Vatten från utströmningsrännor till utloppskanal



Figur 4 Vatten från inloppskanal till utströmningsrännor







Innan sektionsförändring							
Bottennivå	-0,5	0,960	0,413	+ 2,551			2,3
Höjd	1,5						
Bredd	1,55						
Efter sektionsförändring		0,960	0,203	0,007 + 2,557		3,05	4,7
Bottennivå	-0,5						
Bredd	1,55				+ 2,563 + 2,556		
μ=	1,0						
Vatten nivå i RN =	+ 2,559 m						
	2,563						

**11 Sektionsförändring**

$$\Delta H = \mu \cdot (U1^2 / (2 \times g) - U2^2 / (2 \times g))$$

Innan sektionsförändring							
Bottennivå	-0,5	0,640	0,135	+ 2,559		3,06	4,7
Höjd	3,06						
Bredd	1,6						
Efter sektionsförändring		0,640	0,055	0,001 + 2,559		3,06	11,6
Bottennivå	-0,5						
Höjd	3,06				+ 2,563 + 2,563		
Bredd	3,8						
μ=	1,0						

**12 Inlopp skibord**

$$\Delta H = (3 \times Q / (2 \times \mu \times B \times (2 \times g)^{1/2}))^{2/3}$$

Skibord kantnivå=	+ 2,35
Skibord bredd/e=	3,80
μ=	0,64

		0,640	0,199	+ 2,549	+ 2,559		3,08
						+ 2,549 + 2,563	2,75

**13 Returslam from RS till K1**

Lucka 2	$\Delta H = 1/\mu^2 \times U^2 / (2 \times g)$	0,320	0,500	0,035	+ 2,543	+ 2,508	1,21	0,6
Lucka bottennivå=	+ 1,30							3,05
Lucka höjd=	0,8							2,75
Lucka bredd=	0,8							
μ=	0,6							
Vattennivå i RS kannal =	2,54							

Anläggningsdel	Kapitel (Nr)	Flöde (m³/h)	Vatten nivå (m)	Vatten nivå (avgasning) (m)	Betongunderkanten (m)	Betongöverkanten (m)
FT 42	4.1	3456	+ 1,988	+ 2,388	+ 2,350	+ 2,760
BB11-D	4.2	3456	+ 2,000	+ 2,397	+2,26 ~ +2,40	+ 2,700
BB11-O	4.3	6912	+ 2,008	+ 2,404	+2,26 ~ +2,75	+ 2,560
BB11-A	4.4	6912	+ 2,028	+ 2,424	+ 2,750	+ 3,050
K3	4.5	6912	+ 2,044	+ 2,440	+ 2,750	+ 3,050
Inblandningskammare	4.6	6912	+ 2,066	+ 2,463	+ 2,750	+ 3,050
K2	4.7	6912	+ 2,091	+ 2,487	+ 2,750	+ 3,050
K1	4.8	6912	+ 2,112	+ 2,508	+ 2,750	+ 3,050
RN	4.9	5760				
	4.10	2304 - 3456	+ 2,162	+ 2,559	+ 2,750	+ 3,050
Inloppskanal	4.11	2304	+ 2,163	+ 2,559	+ 2,750	+ 3,050
Inloppsskibord	4.12	2304	+ 2,558	+ 2,549	+ 2,750	+ 3,050
RS	4.13	1152	+ 2,147	+ 2,543	+ 2,750	+ 3,050

Q dimension flow	Q dim	0,32 m <sup>3</sup> /s	g=	9,810
	Q max	0,64 m <sup>3</sup> /s		
	Q medel	0,22 m <sup>3</sup> /s		
	Q retur	100 % Q dim		
	Q nitratrecirkul	300 % Q dim		
	Q bio-P	100 % Q dim		
Q design flow	Q max	1,60 m <sup>3</sup> /s		
	Q medel	1,09 m <sup>3</sup> /s		

Manuellt ifyllda värden

Beräknade nivåer

Förändring

Alternativ B (öppning mellan K3 och BB11)

	Antal e	Q	Q/e	U	ΔH	V.Y.u.	V.Y.n.	D	A/e	P/e	R	Överkantsnivån	Kommentar
	st.	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m/s	m	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m		
<b>BIOBLOCK 11</b>													
Längd=		127,0											
Bredd=		16,0											
Bottennivå=		- 8,00											
Högsta nivå=		+ 3,05											
Förlust vid avgasningst		0,40 m											
<b>1 Skibord i FT42</b>	1	0,960			0,143	+ 2,243						2,76	
$\Delta H = (3 \times Q / (2 \times \mu \times B \times (2 \times g)^{1/2}))^{2/3}$													2,35
Skibord kantnivå=		+ 1,70											
Skibord bredd=		10,0											
μ=		0,6											
<b>2 Lucka m. FT42 och BB11-D (Helt öppna)</b>												2,70	
Inlopp: $\Delta H = \mu \times U^2 / (2 \times g)$		0,960		0,350	0,003		+ 2,243	2,74	2,7			+2,26 ~ +2,40	
Utlopp: $\Delta H = \mu \times U^2 / (2 \times g)$		0,960		0,350	0,006	+ 2,252							
Lucka bottennivå=		-0,5											
Lucka bredd=		1,0											
μ inlopp		0,5											
μ utlopp		1,0											
<b>3 Öppning m. BB11-D och BB11-OA</b>													
Inlopp: $\Delta H = \mu \times U^2 / (2 \times g)$		1,920		0,312	0,002		+ 2,252	6,15	6,2			2,56	
Utlopp: $\Delta H = \mu \times U^2 / (2 \times g)$				0,312	0,005	+ 2,260						+2,26 ~ +2,75	
Antal öppning=		1,0											
Öppning bottennivå=		- 3,90											
Öppning bredd=		1,0											
μ inlopp		0,5											
μ utlopp		1,0											
<b>4 Mellan väggar i BB11</b>													
Antal väggar		4,0											
Antas att mellanväggar i biobassängen ger en förlust = 0,005/vägg					0,020	+ 2,280	+ 2,260					3,05	
												2,75	
<b>5 Utlopp från K3 till BB11</b>													
$\Delta H = 1/\mu^2 \times U^2 / (2 \times g)$	A	1,920		0,337	0,016	+ 2,296	+ 2,280	10,28	5,7			3,05	
	B	1,920		0,388	0,021	+ 2,301	+ 2,280		5,0			2,75	
	(Alternativ B markerade med streckade linjer)												

Antal öppning =	1,0										
Öppning bottennivå=	- 8,00										
Öppningl höjd=	1,5										
Öppning bredd=	3,8										
μ=	0,6										
<b>6 Öppning mellan Anoxisk och K3</b>		1	1,920	0,400	0,023	+ 2,319	+ 2,296	1,50	4,8		3,05
$\Delta H=1/\mu^2 \times U^2 / (2 \times g)$											2,75
Antal öppning =	1,0										
Öppning bottennivå=	+ 0,80										
Öppningl höjd=	1,2										
Öppning bredd=	4,0										
μ=	0,6										
<b>7 Öppning mellan K2 och Anoxisk</b>		1	1,920	0,413	0,024	+ 2,343	+ 2,319	3,32	4,7		3,05
$\Delta H=1/\mu^2 \times U^2 / (2 \times g)$											2,75
Antal öppning =	1,0										
Öppning bottennivå=	- 1,00										
Öppningl höjd=	3,0										
Öppning bredd=	1,55										
μ=	0,6										
<b>8 Öppning mellan K1 och K2</b>		1	1,920	0,388	0,021	+ 2,364	+ 2,343	10,34	5,0		3,05
$\Delta H=1/\mu^2 \times U^2 / (2 \times g)$											2,75
Antal öppning =	1,0										
Öppning bottennivå=	- 8,00										
Öppningl höjd=	3,00										
Öppning bredd=	1,65										
μ=	0,6										
<b>9 Öppning mellan K1 och RN</b>		1	1,600	0,533	0,040	+ 2,404	+ 2,364	2,86	3,0		3,05
$\Delta H=1/\mu^2 \times U^2 / (2 \times g)$											2,75
Antal öppning =	1,0										
Öppning bottennivå=	- 0,50										
Öppningl höjd=	1,50										
Öppning bredd=	2,00										
μ=	0,6										
<b>Inloppskanal</b>											
<b>10 Kanalkrök 1, 90 °C</b>	$\Delta H=\mu \times U^2 / (2 \times g)$	1	0,640	0,213	0,001	+ 2,405	+ 2,404	2,90	3,0		3,05
a. Bottennivå	-0,5										2,75
bredd	2,0										
Höjd	1,5										
Antal=	1,0										
μ=	0,5										
b. <b>Kanalkrök 2, 90 °C</b>	$\Delta H=\mu \times U^2 / (2 \times g)$	1	0,960	0,320	0,003	+ 2,407	+ 2,404	2,90	3,0		
Bottennivå	-0,5										
Höjd	1,50										
bredd	2,00										
Antal=	1,0										
μ=	0,5										
c. <b>Sektionsförändring</b>	$\Delta H=\mu \times (U1^2 / (2 \times g) - U2^2 / (2 \times g))$										
Innan sektionsförändring											
Bottennivå	-0,5		0,960	0,413		+ 2,407			2,3		

Bilaga 2 - Hydrauliska Beräkningar BB11 (efter förändringar)

Höjd 1,5  
Bredd 1,55

Efter sektionsförändring 0,960 0,213 0,006 + 2,413 2,91 4,5  
Bottennivå -0,5  
Bredd 1,55 + 2,419 + 2,412!  
 $\mu=$  1,0

Vatten nivå i RN = + 2,414 m  
2,419

**11 Sektionsförändring**

$$\Delta H = \mu \cdot (U1^2 / (2 \times g) - U2^2 / (2 \times g))$$

Innan sektionsförändring  
Bottennivå -0,5 0,640 0,142 + 2,414 2,91 4,5  
Höjd 2,91  
Bredd 1,6

Efter sektionsförändring  
Bottennivå -0,5 0,640 0,058 0,001 + 2,415 2,91 11,1 3,05  
Höjd 2,91 + 2,419 + 2,419 2,75  
Bredd 3,8  
 $\mu=$  1,0

**12 Inlopp skibord**

$$\Delta H = (3 \times Q / (2 \times \mu \times B \times (2 \times g)^{1/2}))^{2/3}$$

Skibord kantnivå= + 2,35  
Skibord bredd/e= 3,80  
 $\mu=$  0,60 0,640 0,208 + 2,558 + 2,415 3,08  
+ 2,558 + 2,419 2,75

**13 Returslam from RS till K1**

Lucka  $\Delta H = 1 / \mu^2 \times U^2 / (2 \times g)$  0,320 0,500 0,035 + 2,399 + 2,364 1,06 0,6  
Lucka bottennivå= + 1,30 3,05  
Lucka höjd= 0,8 2,75  
Lucka bredd= 0,8  
 $\mu=$  0,6

Vattennivå i RS kannal 2,40

Anläggningsdel	Befintlig		Förslag för förändringar	
	Bottennivå	Bredd (m)	Bottennivå	Bredd (m)
Skibord i FT42		3,5		10,0
Lucka m. FT42 och BB11-D	-0,5	1,0	-0,5	1,0
Öppning m. BB11-D och BB11-OA	-3,9	1,0	-3,9	1,0

Anläggningsdel	Kapitel (Nr)	Flöde (m³/h)	Vatten nivå (m)	Vatten nivå (avgasning) (m)	Betongunderkanten (m)	Betongöverkanten (m)
FT 42	4.1	3456	+ 1,988	+ 2,243	+ 2,350	+ 2,760
BB11-D	4.2	3456	+ 2,000	+ 2,252	+ 2,26 ~ + 2,40	+ 2,700
BB11-O	4.3	6912	+ 2,008	+ 2,260	+ 2,26 ~ + 2,75	+ 2,560
BB11-A	4.4	6912	+ 2,028	+ 2,280	+ 2,750	+ 3,050
K3	4.5	6912	+ 2,044	+ 2,296	+ 2,750	+ 3,050
Inblandningskammare	4.6	6912	+ 2,066	+ 2,319	+ 2,750	+ 3,050
K2	4.7	6912	+ 2,091	+ 2,343	+ 2,750	+ 3,050
K1	4.8	6912	+ 2,112	+ 2,364	+ 2,750	+ 3,050
RN	4.9	5760				

Bilaga 2 - Hydrauliska Beräkningar BB11 (efter förändringar)

	4.10	2304 - 3456	+ 2,162	+ 2,414	+ 2,750	+ 3,050
Inloppskanal	4.11	2304	+ 2,163	+ 2,415	+ 2,750	+ 3,050
Inloppsskibord	4.12	2304	+ 2,558	+ 2,558	+ 2,750	+ 3,050
RS	4.13	1152	+ 2,147	+ 2,399	+ 2,750	+ 3,050



Högsta nivå=  
Mannings tal=

0,67  
80,0

**7 Sektionsförändring**

$$\Delta H = \mu^2 (U1^2 / (2 \times g) - U2^2 / (2 \times g))$$

3,05

2,75

Innan sektionsförändring

Bottennivå -0,6  
Höjd 1,3  
Bredd 1,20

0,960

0,630

+ 1,633

1,5

Efter sektionsförändring

Bottennivå -0,6  
Bredd 1,20  
Höjd 3,06  
 $\mu = 1,0$

0,960

0,358

0,014

+ 1,647

+ 1,633

2,23

2,7

**8 Inlopp till inloppskana**

$$\Delta H = 1 / \mu^2 \times U^2 / (2 \times g)$$

0,960

0,552

0,043

+ 1,690

+ 1,647

1,7

3,05

Antal öppning = 1,0  
Öppning bottennivå = - 0,60  
Öppning höjd = 1,45  
Öppning bredd = 1,20  
 $\mu$  inlopp = 0,6

Anläggningsdel	Kapitel (Nr)	Flöde (m <sup>3</sup> /h)	Uppströmsnivå (m)	Betongöverkanten (m)	Betongunderkanten (m)
Skibord i utströmningsrännor	5.1	115,2	+ 1,448	+ 2,100	+ 1,910
Utlopp från rännorna	5.2	115,2	+ 1,454	+ 2,100	+ 1,910
Hål i utströmningsrännor	5.3	6,4	+ 1,558	+ 2,100	+ 1,910
Hål i utloppstännor	5.4	288	+ 1,610	+ 2,100	+ 1,910
Utlopp från kanal	5.5	1728	+ 1,621	+ 2,100	+ 1,910
Inloppskanal	5.6	3456	+ 1,633	+ 2,100	+ 1,910
Sektionsförändring	5.7	3456	+ 1,647	+ 2,100	+ 1,910
Dränkt öppning vid inlopp	5.8	3456	+ 1,690	+ 2,100	+ 1,910