

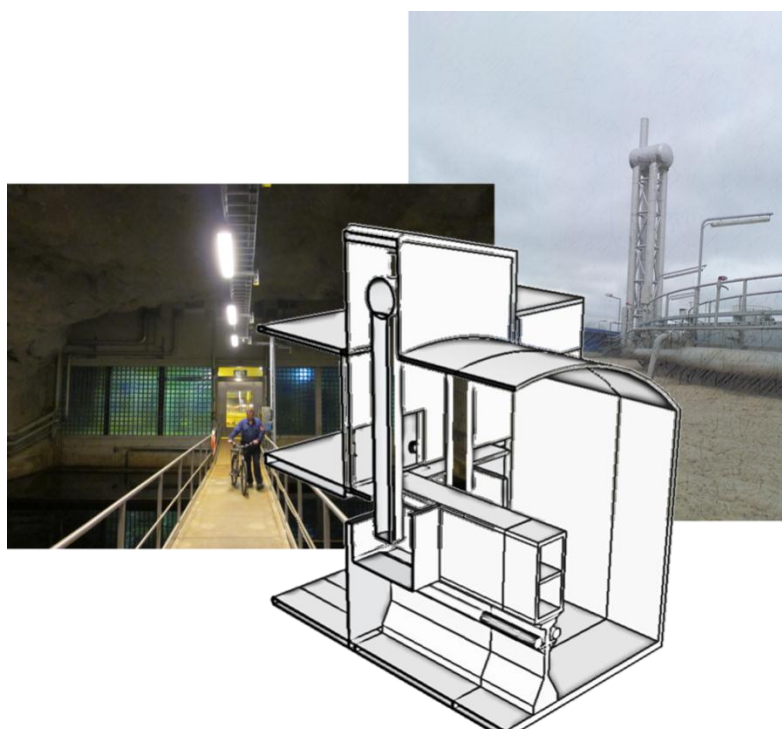
RAPPORT

Käppalaförbundet

Avgasning Käppala 2011

Uppdragsnummer 1839152

Principförslag för införandet av avgasning vid BB11 Käppala reningsverk



Koncept

Stockholm 2011-12-09

Sweco Environment AB Process och Utredning

Jonas Grundestam
Stig Morling

1 (48)

Sweco

Gjörwellsgatan 22
Box 34044, 100 26 Stockholm
Telefon 08-695 60 00
Telefax 08-695 60 10
www.sweco.se

Sweco Environment AB

Org.nr 556346-0327
säte Stockholm
Ingår i Sweco-koncernen

Jonas Grundestam

Civilingenjör
Telefon direkt 08-695 62 39
Mobil 0734-12 62 39
jonas.grundestam@sweco.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Sammanfattning	5
1.1	Inledning	5
1.2	Processtekniska överväganden	5
1.3	Anläggningstekniska överväganden	5
1.4	Kostnadskalkyler	5
1.5	Genomförandetidplan	6
2	Inledning	7
2.1	Bakgrund	7
2.2	Syfte med projektet	8
2.3	Projektorganisation	8
2.4	Läsanvisning och rapportstruktur	9
3	Förutsättningar	10
3.1	Projektdefinitioner och mål	10
3.2	Avgränsningar	10
3.3	Dimensionerande förutsättningar	10
3.4	Utsläppskrav	11
4	Processdimensionering	11
4.1	Inledning	11
4.2	Förutsättningar	11
4.2.1	Belastning	11
4.2.2	Temperatur	12
4.2.3	Processtrategi	13
4.2.4	Simultanfällning	13
4.3	Processdimensionering BB 11	15
4.3.1	Kvävebalans	18
4.4	Dimensionering eftersedimentering	19
4.4.1	Syrebehov BB11	19
4.4.2	Omrörning BB11	24
5	Hydrauliska överväganden	25
5.1	Inledning	25
5.2	Styrning av inflödet till BB11	25
5.3	Hydraulik över avgasningstornet	25
6	Åtgärder för maskininstallation	26
6.1	Inledning	26

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

6.1.1	Förutsättningar för införandet av avgasning	26
6.2	Avgasningstorn	27
6.3	Övriga åtgärder för maskin	29
6.3.1	Flödesfördelning till BB11	29
6.3.2	Åtgärder i ES11	29
7	Åtgärder för bergarbete	30
7.1	Förutsättningar	30
7.2	Sprängning	31
7.3	Hydraulisk spräckning	31
7.4	Vajersågning	31
7.5	Sammanfattning och rekommendationer metoder för uttag av berg	31
7.6	Utformning av arbetsplattform	33
7.7	Övrigt	35
8	Åtgärder för byggarbete	36
8.1	Inledning	36
8.2	Förutsättningar	36
8.3	Rivning	36
8.4	Förslag till genomförande av de olika åtgärderna	37
8.5	Nya anläggningsdelar efter bergschakt	39
9	Drift under ombyggnation	40
9.1	Risikanalys	40
9.1.1	Risker i driften av Käppala reningsverk	40
9.1.2	Risker i genomförandet	40
10	Kostnadsberäkningar	42
10.1	Inledning	42
10.2	Anläggningskostnadskalkyl	42
10.2.1	Åtagande från Biogradex	42
10.2.2	Kostnadskalkyl övriga åtgärder för maskin	42
10.2.3	Kostnadskalkyl bygg	42
10.2.4	Kostnadskalkyl berg	43
10.2.5	Sammanställning anläggningskostnadskalkyl	44
10.3	Drift- och underhållskostnadskalkyler	45
10.3.1	Drift- och underhållskostnadskalkyl	45
11	Genomförandetidplan	47
11.1	Genomförande	47
11.2	Genomförandetidplan	47

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

12	Bilagor
----	---------

48

[Bilaga]

4 (48)

RAPPORT
2011-12-09 Konzept
AVGASNING KÄPPALA 2011

1 Sammanfattning

1.1 Inledning

Käppala reningsverk står inför nya utmaningar med ökad belastning samt skärpta reningskrav. För att möta dessa nya krav måste Käppalaverket utvecklas inom befintlig anläggning. Möjligheterna till expansion inom befintlig anläggning är mycket små och åtgärder måste därför planeras för de processvolymerna som finns tillgängliga.

Denna rapport redovisar ett principförslag över möjligheterna kring införandet av avgasning av aktivt slam i bioblock 11, BB11. Avgasningen är en teknik som möjliggör en ökad slamhalt med förbättrade slamegenskaper i den biologiska reningen och därmed en ökad hydraulisk och biologisk kapacitet i befintliga volymer.

Syftet med principförslaget är att utvärdera genomförbarheten och kostnadsbilden för införandet av avgasningen.

1.2 Processtekniska överväganden

De processmässiga förutsättningarna för införandet av avgasningen har utvärderats. Kapaciteten i de tillgängliga volymerna i BB11 har utvärderats via processdimensionerande beräkningar. Möjligheten att höja slamhalten i luftningsbassängerna från dagens ca 2 500 – 3 000 mg MLSS/l till 4 000 eller 4 500 mg MLSS/l medför att den biologiska kapaciteten är mer än tillräcklig för BB11 för att nå en långtgående kväverening motsvarande kraven ställda av Käppala.

1.3 Anläggningstekniska överväganden

Införandet av avgasning i BB11 innebär införandet av en 10 m hög rör konstruktion mellan Bioblock 11 och Eftersedimenteringsbassäng 11, ES11. Detta medför att ett hålrum måste tas ut i taket ovanför bassängerna vilket är förknippat med stora svårigheter på grund av åtkomligheten.

I principförslaget redovisas en metodik som tagits fram i samarbete med en erfaren bergentreprenör. Genomförandet bygger på åtkomst till berget via en flyttbar arbetsplattform och försiktig sprängning.

1.4 Kostnadskalkyler

Anläggningskostnaden för införandet av avgasningstornet har uppskattas baserat på åtgärder för bygg och berg. För avgasningstornet har Biogradex offererat ett åtagande om innebär en helhetslösning för avgasningstornet, inklusive montage och installation, garantier mm. Tabell 1-1 redovisar anläggningskostnadskalkylen för installationen av avgasning i BB11.

Tabell 1-1: Anläggningskostnad för införandet av avgasning

Kostnadspost	Enhet	Värde	Kommentar
Bergarbete, inkl. ventilation	kr	2 600 000	
Etablering för berg	kr	520 000	20 % av bergarbete
Byggarbete	kr	1 000 000	
Maskin	kr	1 807 000	
El och automation	kr	75 000	
Oförutsett, 15 %	kr	901 000	
Entreprenadkostnad		6 903 000	
Projektering, administration etc. 20 %	kr	1 381 000	
Anläggningskostnad	kr	8 284 000	
Åtagande av Biogradex	kr	11 000 000	Enligt Biogradex offert, bilaga 2.
Totalt uppskattad anläggningskostnad	kr	19 284 000	

Den huvudsakliga förändringen i driftkostnad i och med installationen av avgasningsutrustningen är driften av vakuumpumparna. Dessa förväntas innebära en årskostnad på ca 146 000 kr.

Underhållskostnaden för avgasningsanläggningen är uppskattad till ca 135 000 kr/år.

1.5 Genomförandetidplan

Genomförandet av införandet av avgasningstornet i BB11 förväntas ta ca 8 månader.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Käppala reningsverk togs i drift 1969 med en dimensionerande kapacitet uppgående till 500 000 pe och redan då med vad som kallades höggradigrening med bland annat krav på en högsta utgående fosforhalt på 0,5 mg/l. Under 1970-talets början skärptes detta fosforkrav till högst 0,3 mg/l.

Utöver skärpta krav på fosfor har även krav på kvävereduktion ställtsoch under 1990-talet genomgick Käppala reningsverk, eller Käppalaverket, en omfattande om- och utbyggnad och kapaciteten ökades till 700 000 pe samtidigt som kväverening infördes. Utbyggnaden omfattade ett sandfiltersteg, vilket möjliggör fosforhalter ner till 0,2 mg/l, och ett krav på en kväverening uppgående till minst 75 % på årsbasis.

Käppalaverket står nu inför fortsatta utmaningar som innebär att anläggningen måste ses över, nämligen:

- Befolkningstillväxt i redan anslutna kommuner
- Ett uttalat intresse från nya kommuner att ansluta till Käppalaverket
- Ökade reningskrav

I tidigare utredningar har alternativ till Käppalaverkets utveckling utvecklats och studerats. Möjligheten att hantera dessa ökade krav på reningsverket inom befintliga anläggningar har varit en mycket viktig förutsättning utredningsarbetet och flera tänkbara processmöjligheter har tagits fram.

En av processmöjligheterna, som studeras i denna rapport, är avgasning av aktivt slam. Avgasning av aktivt slam är en relativt ny teknik, i den meningen att den är okänd i Sverige, som ändå har funnit och tillämpats under de senaste 15 åren. Tekniken går ut på att utsätta det aktiva slammet för ett undertryck och på så vis driva av lösta gaser för att erhålla ett slam med märkbart förbättrade sedimentationsegenskaper. Genom att förbättra sedimentationsegenskaperna kan en högre slamhalt hållas i luftningsbassängerna och på så vis kan den hydrauliska och organiska kapaciteten ökas. Avgasningen innebär att slamvattenblandningen leds upp i ett 10 meter högt torn, motsvarande ett undertryck på ca 1 atmosfär där lösta gaser drivs av, för att sedan ledas tillbaka till normal vattennivå och in i eftersedimenteringen. Momentet med det 10 meter höga tornet ställer särskilda krav på Käppala i och med att reningsverket är placerat i berg med mycket begränsad takhöjd.

Avgasningstekniken innefattas i dagsläget av ett patent som hålls av det Polska företaget Biogradex.

Tidigare utredningar har tagit inneburit laboratorieförsök och övergripande förstudier kring införandet av avgasningen vid Käppala reningsverk samt studiebesök vid anläggningar som nyttjar avgasningen.

Detta förprojekt har fokuserat på införandet av avgasning i försökslinje i bioblock 11, eller BB11.

2.2 Syfte med projektet

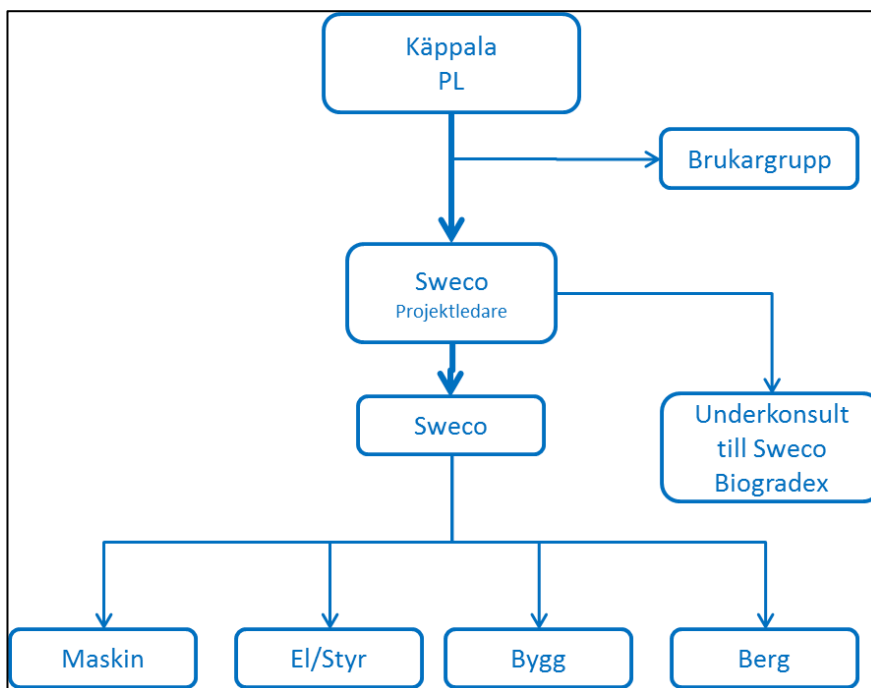
Syftet med detta projekt är att ta fram beslutsunderlag för införandet av avgasning i en försökslinje i BB11. Projektet ska svara på följande huvudfrågor:

1. Är avgasningen tillämpbar i BB11 och därmed i resten av anläggningen?
2. Vilka processtekniska förutsättningar finns för införandet av avgasning?
3. Vilka är de bergtekniska förutsättningarna för att införa avgasning och vilka åtgärder och metoder finns som kan användas vid införandet?
4. Hur skulle ett projekt läggas upp med avseende på samarbetsform med det polska företaget Biogradex?
5. Hur ser kostnadsbilden ut för investeringen i avgasningstekniken?
6. Hur ser genomförandet ut för installationen av avgasningstekniken?

Dessa huvudfrågor redovisas i denna rapport.

2.3 Projektorganisation

Projektorganisationen i detta projekt redovisas i Figur 2-1.



Figur 2-1: Projektorganisation

Sweco har i projektet anlitat Biogradex som underkonsult för framtagande av design och förutsättningar för avgasningstekniken. Utformningen av avgasningsutrustningen har sedan varit underlag för arbetet att ta fram beskrivningar för bygg- och bergkonstruktioner nödvändiga för att införa avgasningen. Ytterligare el- och maskintekniska åtgärder utöver avgasningstekniken har beskrivits av Sweco.

2.4 Läsanvisning och rapportstruktur

Kapitel 1	Sammanfattar projektet i en sammanfattning.
Kapitel 2	Beskriver bakgrunden och syftet till projektet samt redogör för projektorganisationen.
Kapitel 3	Redogör för de förutsättningar som ställts upp av Käppalaverket i uppdraget
Kapitel 4	Redovisar processdimensioneringen av BB11 inklusive dimensionerande beräkningar för det biologiska reningssteget, kvävebalanser samt syrebehov och dimensionering av eftersedimentering.
Kapitel 5	Beskriver de hydrauliska förutsättningarna för BB11 i driften som försökslinje
Kapitel 6	Beskriver åtgärder för maskininstallationer inklusive införandet av avgasningstekniken
Kapitel 7	Beskriver åtgärder för bergarbeten som är nödvändigt för att införa avgasningstekniken
Kapitel 8	Beskriver åtgärder för byggarbeten som är nödvändiga för att genomföra bergarbetet samt införa avgasningstekniken
Kapitel 9	Beskriver driften under ombyggnationen
Kapitel 10	Redovisar kostnadsbedömningar för anläggningskostnad och drift- och underhållskostnad
Kapitel 11	Beskriver en preliminär genomförande tidplan med uppskattad tidsåtgång för de olika momenten i genomförandet
Kapitel 12	Bilagor till rapport

3 Förutsättningar

3.1 Projektdefinitioner och mål

Uppdraget omfattar framtagande av ett principförslag för införandet av avgasning vid Käppalaverket. En viktig fråga som måste beaktas är hur åtgärder i berg ska kunna genomföras för att minimera störningar av den ordinarie driften och påverkan på befintlig anläggning. En utvecklad metod som enkelt kan tillämpas vid ytterligare utbyggnad är att föredra framför en kortsiktig lösning enbart tillämpad för BB11.

3.2 Avgränsningar

Detta projekt omfattar endast på bioblock 11, BB11, och införandet av avgasningstekniken mellan luftningsbassängen och eftersedimenteringen.

3.3 Dimensionerande förutsättningar

Dimensionerande förutsättningar för uppdraget har tagits fram av Käppala reningsverk och ligger till grund för utformningen av systemet för avgasning i BB11, se Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Dimensionerande förutsättningar för BB 11.

Parameter	Enhet	Värde	Kommentar
Flöde till BB 11			
Q_{medel}	m ³ /d	18 800	
Q_{dim}	m ³ /d	27 648	
Q_{maxdim}	m ³ /d	55 296	
Koncentration efter försedimentering			
BOD ₅	mg/l	103	116 mg BOD ₇ /l, kontinuerlig mätning påbörjades 1 mars 2011.
COD	mg/l	298	
Tot-N	mg/l	46,9	
Tot-P	mg/l	5,5	

Vidare i denna utredning kommer BOD₇ att redovisas som BOD₅. Detta för att alla processtekniska beräkningar utförs med BOD₅ som utgångspunkt. Förhållandet mellan BOD₇ och BOD₅ är följande $BOD_7 = BOD_5 \times 1,15$.

3.4 Utsläppskrav

I detta principförslag förutsätts följande reningskrav för Käppalaverket:

- BOD₇ 8 mg/l
- Tot-N 6 mg/l
- Tot-P 0,2 mg/l

4 Processdimensionering

4.1 Inledning

Detta avsnitt redovisar processdimensioneringen för BB11 i och med införandet av avgasningstekniken.

Biogradex har i sin processdimensionering redovisat möjligheten att öka slamhalten i luftningsbassängen upp till 4,5 - 6,0 g MLSS/l. Den högre slamhalten, 6,0 g MLSS/l, är möjlig men inte att rekommendera på grund av hög belastning på efterföljande sedimenteringssteg.

Processdimensioneringen som redovisas i följande avsnitt syftar till att beskriva konsekvenserna i och med en ökad slamhalt i luftningsbassängen, BB11.

4.2 Förutsättningar

4.2.1 Belastning

Den beräknade belastningen på BB11 från försedimenteringen redovisas i Tabell 4-1. Belastningen av föroreningar är beräknad på dimensionerande flöde och angiven koncentration efter försedimenteringen, se Tabell 3-1, från Käppala.

Tabell 4-1: Belastning på det BB11. Belastning i kg/d beräknad för Q_{dim}

Parameter	Enhet	Värde BB 11	Kommentar
Q _{medel}	m ³ /d	18 800	
Q_{dim}	m³/d	27 648	
Q _{max}	m ³ /d	55 296	
COD	kg/d	3 369	
BOD ₅	kg/d	1 893	
Tot-N	kg/d	752	
Tot-P	kg/d	602	
SS	kg/d	1 684	

BOD ₅ /Tot-N	-	2,5
BOD ₅ /Tot-P	-	18,3
SS/BOD ₅	-	0,83

För en biologisk reningsprocess är förhållandet mellan organiskt material och närsalter som kväve och fosfor viktigt för bakteriernas livsbetingelser. Vanligtvis anses ett förhållande på 100:5:1 för BOD:N:P vara nödvändigt för bakterietillväxt. Detta innebär att för 100 mg BOD som ska brytas ner krävs 5 mg N och 1 mg P. Detta är dock ingen absolut sanning men bör beaktas vid utformning av ett biologisk reningssteg. Tabell 4-2 redovisar erfarenhetsvärden för bedömning av effektiviteten i en biologisk rening för närsaltsreduktion.

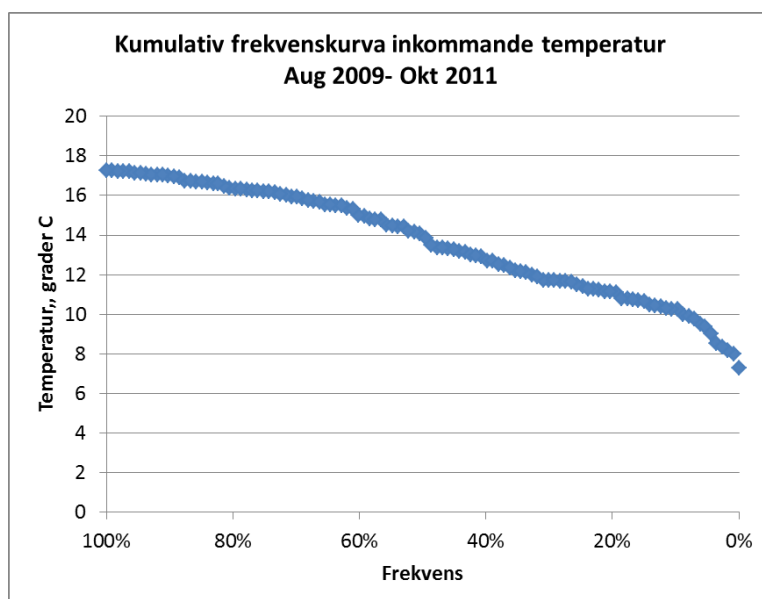
Tabell 4-2: Riktlinjer, effektivitet på biologisk närsaltreduktion

Effektivitet	BOD ₅ :Tot-N	BOD ₅ :Tot-P
Låg	<2.5	15-20
Medel	2.5-3.5	20-25
Hög	>5	>25
Beräknas BB11	2,5	18,3

BOD₅/Tot-N och BOD₅/Tot-P kvoterna in till den biologiska visar på låg effektivitet för biologisk närsaltreduktion, dvs. förutsättningarna för biologisk kvävereduktion är mindre bra. Detta kan exempelvis innebära kolbrist i det biologiska reningssteget och därmed blir kvävereningen begränsad.

4.2.2 Temperatur

Vid de dimensionerande beräkningarna har temperaturen baserad på mätningar på inkommande avloppsvatten för perioden augusti 2009 till oktober 2011 använts, se Figur 4-1. Totalt innebär mätningarna ca 800 observationer , ett statistiskt sett bra underlag.



Figur 4-1: Inkommande temperatur efter silar.

Tabell 4-3: Temperatur inkommande avloppsvatten.

Parameter	Enhet	Min	Medel	Max
Temperatur	°C	7,3	13,5	17,0

Temperaturen kommer att användas för kapacitetsbedömningen av kvävereningen samt vid beräkning av syrebehovet, båda temperaturberoende, för BB11.

4.2.3 Processtrategi

Den biologiska reningen kommer, precis som i dagsläget, att drivas för biologisk kvävereduktion i fördenitrifikation med simultanfällning för reduktion av fosfor. Järnsulfat tillsätts idag returslamströmmen och blandas således in i luftningsbassängerna via returslammet.

Det biologiska reningssteget utformas med flexibla zoner för anoxa och oxiska förhållanden där antalet luftade eller oluftade zoner kan varieras efter behov.

4.2.4 Simultanfällning

Den nya biologiska reningen utformas för simultanfällning, där fällningskemikalie tillsätts i returslamströmmen. Detta kommer att inverka på den biologiska reningen med en ökad mängd inert material i det aktiva slammet, dvs. totalt sett en lägre organisk halt, avläses i kvoten MLSS/MLVSS.

Parametrar för simultanfällningen redovisas i Tabell 4-4. Käppala doserar i nuläget i medel ca 11,0 g Me/m³ för simultanfällning. Denna dos har använts i de dimensionerande beräkningarna för BB11.

Tabell 4-4. Simultanfällning för fosforreduktion

Parameter	Enhet	Värde nuläget	Värde 4 gMLSS/L	Värde 6 g MLSS/l
Mängd P att simultanfälla	kg/d		64	
Vald dos	g Me/m ³	11,0	11,0	11,0
Fällningskemikalie		FeSO ₄	FeSO ₄	FeSO ₄
Teoretisk reduktion	g Fe/g P			
Kemikalie dos	kg Me/d			
Koncentration	%			

4.3 Processdimensionering BB 11

Dimensioneringen av det biologiska reningssteget bygger på de tyska dimensioneringsstandarderna ATV-DVWK-A 131E, *Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants*, den norska dimensioneringsvägledningen, Norsk Vann Rapport 168:2009, Swecos egen dimensioneringsstandard, Biogradex erfarenheter av utformning av avgasnings anläggningar samt drifterfarenheter från Käppala och den befintliga processdimensioneringen.

En processdimensionering har utförts för att utreda kapaciteten på BB11. Processdimensioneringen har utgått från de uppsatta belastningarna som projektet kräver på BB 11 och syftar till att utreda vilken slamhalt som är nödvändig för att nå önskade reningskrav.

Dimensionerande parametrarna för den biologiska reningen redovisas i Tabell 4-5. Värdena bygger i största möjliga mån på befintliga anläggningen, men standardvärden har använts där det funnits tillämpligt. Värden för nitrifikations- och denitrifikationshastigheter har beräknats för den dimensionerande temperaturen.

Dimensioneringen har utgått från temperaturen 9 °C för att erhålla en kvävereduktion för att nå ställda reningskrav. Dimensioneringen för 9 °C lägger därmed grunden för den kapacitetsbedömning som görs för det biologiska reningssteget baserat på de temperaturvariationer som finns för inkommande avloppsvatten till Käppala. Det biologiska reningssteget dimensioneras för fullständig nitrifikation.

Dimensionerande slamålder beräknas proportionellt mot processtemperaturen enligt ATV följande:

$$\theta_{aerob,dim} = SF \times 3,4 \times 1,103^{(15-T)} \quad \text{Ekv. 4-1}$$

Där 3,4 utgörs av det reciproka värdet av den maximala netto tillväxttakten för ammoniumoxiderare (Nitrosomonas) vid 15 °C samt en faktor 1,6. Den sistnämnda faktorn, 1,6, säkerställer att en tillräcklig mängd med nitrifierare kan utvecklas, förutsatt att det är tillräcklig syretillförsel och inga andra negativa faktorer. SF är en säkerhetsfaktor, satt till 1,8, och T är dimensionerande temperatur, satt till 9 °C resulterande i en aerob slamålder på 10 dygn.

Luftningsbassängerna utformas med anox och ox zoner med möjlighet att anpassa den luftade och oluftade delen efter rådande förutsättningar. Genom att dela in den luftade delen i olika skilda zoner kan antalet luftade zoner anpassas efter belastningen på avloppsreningsverket. Luftade zoner kan stängas av helt under låg belastning, exempelvis under nätter, till förmån för oluftade förhållanden. Under årets kalla månader kan anox/ox-zonen ställas om till att enbart drivas som ox-zon för att säkerställa tillräcklig luftad slamålder för nitrifikation. I detta fall kommer denitrifikationen att bli lidande då volymen på anox-zonen minskar, men detta kan kompenseras genom att nyttja

exempelvis efterdenitrifikation. Processtrategin är dock klar att kvävereningen ska klaras av på årsbasis, vilket innebär att kvävereningen kan tillåtas gå sämre under årets kalla månader för att sedan kompenseras under varmare perioder. Detta resoneras kring i följande avsnitt.

Tabell 4-5. Dimensionering av det biologiska reningssteget vid Käppala

Parameter	Enhet	Värde
Dimensionerande lägsta temperatur	°C	9,0
Krav aerobslamålder	d	11
Nitrifikationshastighet	g NH ₄ -N/kgVSS,h	1,1
Denitrifikationshastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	1,0
N i slam	% av VSS	8
P i slam	% av VSS	1,5
N inert	% av N inkommande	1,5
Slamhalt luftningsbassäng	g MLSS/l	4,5-6,0
Organisk halt	% VSS	65
Överskottsslamproduktion	kg MLSS/kgBOD ₅ , red	0,7
Överskottsslamproduktion	kg MLSS/d	8 462
Kemslamproduktion	g SS/gMe doserad	2,7
	kg MLSS/d	3 977
Total Slamproduktion	kg MLSS/d	12 439
Antal linjer	st	1
Djup luftningsbassänger	m	10
Anox volym	m ³	6 994
Anox/ox volym	m ³	2 200
Aerob volym	m ³	8 800
Deox volym	m ³	660
Total volym biologisk rening	m³	18 654

De anläggningstekniska förutsättningarna för luftningsbassängen, BB11, är begränsade av den faktiska storleken på luftningsbassängen. Zonindelningen, med anoxa och aeroba zoner, förutsätts bibehållas enligt nuvarande uppdelning med möjlighet att nyttja den alternerande anox/ox zonen efter behov.

Baserat på de designparametrar som redovisats ovan i Tabell 4-4 kan kontrollparametrar för den biologiska reningen beräknas, Tabell 4-5. Volymbehovet för aeroba och anoxa volymer är beräknade utifrån behovet för att hålla kritisk slamålder samt för att nå önskad kvävehalt beräknad på nitrifikation- och denitrifikationshastighet.

Tabell 4-6: Processparametrar biologisk rening, BB11.

Parameter	Enhet	Värde	Värde	Värde
Slamhalt luftning	g MLSS/l	4,0	5,0	6,0
F/M-kvot	kg BOD ₅ /kgVSS,d	0,03	0,02	0,02
Uppehållstid, total Q_{dim}	h	16,2	16,2	16,2
Uppehållstid, total Q_{maxdim}	h	8,1	8,1	8,1
Total slamålder	d	42,7	53,3	64,0
Aerob slamålder	d	22,6	28,3	34,0
Nödvändig aerob volym, slamålder	m ³	4 800	3 850	3 500
Nödvändig aerob volym, nitrifikationshastighet	m ³	9 000	7 200	6 100
Nödvändig anox volym, denitrifikationshastighet	m ³	8 400	6 700	5 500

Slamproduktionen har beräknats enligt ATV modellen via SS/BOD-belastningen och dimensionerande total slamålder.

Återföringen av nitrifierat avloppsvatten från utloppet av den luftade zonen till inloppet av den anoxa zonen sköts med recirkulationspumpar. Kapaciteten på recirkulationspumparna kommer att bestämma möjligheterna till denitrifikation. Med en ansatt Tot-N halt på 8,0 mg/l i utloppet och fullständig nitrifikation krävs en recirkulation på ca 300 % av Q_{dim} för att säkerställa att tillräckligt med NO₃-N återförs för denitrifikation. Kapaciteten på befintliga nitratreturpumpar anses tillräckliga. För att nå en lägre kvävereduktion måste ett efterdenitrifikationssteg till.

Nitratrecirkulationspumparna har en maximal kapacitet motsvarande ca 300 % av Q_{dim} dvs. 82 944 m³/d och kan anses vara tillräckliga för nitratrecirkulationen.

Returslammet kommer även det att innebära en återföring av NO₃-N till den anoxa-zonen. Returslampumparna har vardera en maximalkapacitet på 13 824 m³/d, eller 50 % av Q_{dim} , och två pumpar kan vara i drift samtidigt. Detta kan anses vara tillräcklig kapacitet för returslampumpningen.

4.3.1 Kvävebalans

Kvävereduktionen i BB11 kommer att bero på temperaturen på avloppsvattnet, inkommande kvävemängd, slamhalten i luftningsbassängen och tillgången på organiskt material. Baserat på den processdimensionering som utförts för BB11 har en kvävebalans beräknats för den dimensionerande belastningen och temperaturen 9 °C, se Tabell 4-6.

Kvävebalansen visar att uppställda krav på kvävereduktion, < 8 mg Tot-N/l, uppnås redan vid en slamhalt på 4,5 g MLSS/l i luftningsbassängen. Möjligheten finns enligt Biogradex att driva anläggningen vid en än högre slamhalt, upp till 6,0 g MLSS/l, vilket skapar större marginaler under året för att nå en långtgående kvävereduktion även under årets kalla period.

Både nitrifikations- och denitrifikationspotentialen i BB11 ökas markant med en ökad slamhalt i luftningsbassängen. I de dimensionerande beräkningar har nitratreturen beräknats från maximaltflöde från nitratrecirkulationspumparna samt för returslampumparna vilka tillsammans ger en tillräcklig nitratmängd till fördenitrifikationen. En begränsande faktor för denitrifikationen är tillgången på lättnedbrytbart kol i avloppsvattnet från försedimenteringen. Enligt tidigare resonemang, avsnitt 4.2.1, finns risk för kolbrist och därmed en försämrad kväverening. Med utgångspunkt från nitratrecirkulationen finns tillgänglig kapacitet att hålla en utgående koncentration på 7 mg NO₃-N/l enligt beräkningarna ovan.

Beräkningen av kvävereningen är utförd vid en temperatur på 9 °C vilket förekommer ca 5 % av tiden vid Käppala ARV. Valet av temperaturen 9 °C och resultatet av dimensioneringen visar på en mycket hög kapacitet till kvävereduktion i BB11. Vid en högre temperatur kommer reaktionshastigheterna för kvävereduktionen, dvs. nitrifikations- och denitrifikationshastigheten, att vara större vilket ger fler möjligheter att utnyttja tillgängliga luftningsvolymer.

Kvävereduktionen är dock också beroende av tillgången på kol i försedimenterat avloppsvatten, vilket kan bli en begränsande faktor. Dock finns möjligheter till att lösa även detta problem. Genom att omstrukturera luftningsbassängerna kan t.ex. en volym för returslamhydrolys läggas in som i sig kommer att producera lättillgängligt kol till denitrifikationen och på så sätt minska risken för kolbrist till kvävereningen. Returslamhydrolys kan även inducera biologisk fosforreduktion vilket skulle innebära att simultanfällningen skulle kunna minskas och på så sätt få upp den organiska slamhalten i luftningsbassängen, vilket i sin tur skulle ytterligare öka kapaciteten.

Möjligheterna med detta är dock avhängig av resultatet från införandet av avgasningen och baserat på utfallet av försökslinjen i BB11 finns goda utsikter för att nyttja befintliga volymer i Käppala verket för att möta framtida krav på anläggningen.

4.4 Dimensionering eftersedimentering'

Biogradex har bedömt kapaciteten i eftersedimenteringen baserat på slamhalten i luftningsbassängen och den hydrauliska belastningen på BB11. Enligt Biogradex analys, sammanfattad i Tabell 4-7, är det möjligt att upprätthålla en slamhalt på 6 mg MLSS/l i luftningsbassängen utan att överbelasta eftersedimenteringen.

Tabell 4-7: Kapacitetsanalys eftersedimentering.

Parameter	Enhet	Värde	Värde	Värde
Flöde	m ³ /d	18 800	27 650	55 000
Area eftersedimentering	m ²	1 440	1 440	1 440
Slamhalt	kg/m ³	6,0	5,0	3,0
Slamytbelastning	kg MLSS/m ² ,d	78	96	115
	kg MLSS/m ² ,h	3,25	4,00	4,79

Dimensioneringen av eftersedimenteringsbassängerna utgår från den hydrauliska belastningen samt dimensioneringen av aktivslamsteget och de slamhalter som angivits. Biogradex dimensioneringen av eftersedimenteringen visar att slamhalter på 6,0 g MLSS/l är möjliga men ej att rekommendera vid höga flöden. Vid höga flöden kommer slammet att ansamlas i eftersedimenteringen med en resulterande lägre slamhalt i luftningsbassängen som följd.

4.4.1 Syrebehov BB11

Då BB11 förväntas drivas med en högre slamhalt än i nuläget måste även syrebehovet för BB11 ses över. Med en ökad belastning på BB11 och ökad slammängd i luftningsbassängerna kan syrebehovet för den biologiska processen beräknas. Detta avsnitt redovisar beräkningsgången samt syrebehovet för BB11 i och med införande av avgasningen.

En beräkning av erforderligt syrebehov för en biologisk reningsprocess utförs i två steg. Nettosyrebehovet (Actual Oxygen Requirement - AOR) kan beräknas med utgångspunkt från uppgifter om:

- Tillförsel av BOD (BOD-belastning) och reningsgrad
- Syrebehov per oxiderad mängd BOD
- Organisk slamhalt i luftningsbassängen
- Endogen respiration hos det aktiva slammet

- Nitrifikation och Denitrifikation

Eftersom data för luftningsutrustningar ofta är angivna för syrefritt renvatten vid en viss temperatur (t.ex. 20 °C), måste man sedan ta hänsyn till att luftningen sker i avloppsvatten med en viss syrehalt och därför beräkna syresättningen i så kallade standardbetingelser (SOR eller SOTR) i ett andra beräkningssteg. För att undvika missförstånd med leverantörer och entreprenörer anges som regel syrebehovet i SOTR, dvs. luftningsbehovet i renvatten, som kan kontrolleras med syresättningstest i samband med idrifttagandet.

I facklitteraturen finns det en mängd olika beräkningsmodeller för beräkning av syresättningsbehovet för aktivt slamanläggningar. En ofta använd modell är den som redovisas i Kapitel 5 i W.W. Eckenfelder Jr, "Industrial Water Pollution Control" (Second Edition, New York, McGraw-Hill, 1989). Denna modell har även använts i detta fall enligt följande redovisning. Beräkningen av syresättningsbehovet sker i två steg: I första steget beräknas syrebehovet i avloppsvatten, AOR, som sedan översätts till syrebehovet i renvatten, SOTR via ansatser om luftarsystemets egenskaper.

Det går åt en mindre mängd syre för att syresätta renvatten än för att syresätta avloppsvatten. Vid beräkning av SOTR används därför omvandlingsfaktorer för att konvertera AOR till SOTR, som sedan i regel används vid upphandling av luftningsutrustning från leverantörer. En luftmängd enligt SOTR, för en motsvarande luftmängd i AOR, kommer därför alltid att vara större än AOR. Det beräknade luftflödet för SOTR kan heller inte direkt översättas till AOR.

Syrebehovet i avloppsvatten beräknas enligt:

Syrebehovet i avloppsvatten beräknas enligt:

$$AOR = a' \cdot BOD_5 + b' \cdot VSS \cdot X_0 + c' \cdot NH_4 - N_{ox} - d' \cdot NO_3 - N_{red} \quad \text{Ekv. 4-3}$$

Där:

AOR	syrebehovet i avloppsvatten i kg O ₂ /d,
a'	den specifika syreförbrukningen vid oxidation av 1 kg BOD ₅ , anges i kg O ₂ /kg BOD ₅ , ox;
BOD _{5,ox}	den totala mängden BOD ₅ som oxiderats (avverkats) under ett dygn, anges i kg O ₂ /d;
b'	den specifika endogena respirationen, anges i kg O ₂ /kg VSS/d;
VSS x V ₀	mängden aktivt slam i systemet, här uttryckt som koncentrationen i omrörd reaktor, kg VSS;
c'	den specifika syrekonsumtionen vid oxidation av 1 kg NH ₄ -N till NO ₃ -N; = 4,59 kg O ₂ /kg NH ₄ -N;
NH ₄ -N _{ox}	mängden ammoniumkväve som oxideras till nitratkväve, i kg NH ₄ -N/d;
d'	den specifika "syreåtertagningen" vid reduktion av 1 kg NO ₃ -N till N ₂ och övriga reduktionsprodukter, = 2,86 kg O ₂ /kg NO ₃ -N/d;
NO ₃ -N _{red}	mängden nitratkväve som reducerats, i kg NO ₃ -N/d

Syresättningsbehovet i renvatten, så kallade standardbetingelser, beräknas enligt följande formel:

$$SOTR = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{C_{20}}{(\beta \cdot C_{S,T} - C_L)} \cdot 1,024^{(20-t)} \cdot AOR \quad \text{Ekv. 4-4}$$

Där:

SOTR	syrebehovet i avloppsvatten, kg O ₂ /d
C ₂₀	syremättnadsvärdet i renvatten vid 20 °C, i g O ₂ /m ³ , beräknas enligt C ₂₀ =C _{ST20} ×(1+0,035×h)
C _{ST20}	Tabellvärde, syremättnad vid 20 °C och vid havsnivå
β	förhållandet mellan syremättnadsvärdet i avloppsvatten och renvatten, ca 0,95
C _{S,T}	syremättnadsvärdet i renvatten vid temperaturen T °C, beräknas via C _{S,T} = C _{ST} ×(1+0,035×(h-0,25))
C _{ST}	Tabellvärde, syremättnad vid temperatur T vid havsnivå
CL	syreöverskottet i reaktorn vid luftning, i g O ₂ /m ³
α	förhållandet mellan syreöverföringskoefficienterna från gasfas till vätskefas i avloppsvatten och renvatten, vanligtvis 0,6 för finblåsiga membranluftare
1,024 ^(T-20)	temperaturkorrigering för syresättningen vid temperaturen T °C.
h	Bassängdjup

Syrebehovet och erforderliga luftmängder har beräknats för ovan redovisad biologisk reningsprocess enligt metoden, Ekv. 4-3 och 4-4, ovan.

Beräkningen har utförts för processalternativet utan förfällning vid den dimensionerande temperaturen 9 °C. Skulle förfällning användas minskar den organiska belastningen på det biologiska reningssteget vilket även påverkar syrebehovet.

Beräkningen av syrebehovet förutsätter finblåsiga gummimembranluftare som används i befintlig anläggning, varför ett α-värde på 0,6 har använts. Överföringskoefficienten β, dvs. förhållandet mellan syremättnadsvärdet i avloppsvatten och renvatten kommer att variera med inkommande avloppsvatten. β – värdet för ett mer utspätt avloppsvatten skiljer sig jämfört med ett outspätt avloppsvatten. För SOTR-beräkningen har ett β-värde på 0,95 använts.

Tabell 4-8 redovisar parametrar använda för beräkning av syrebehovet för BB11 vid olika slamhalter och temperaturer. Analogt för beräkningen av nödvändig kvävereduktion antas här att hela Tot-N mängden, förutom andelen ej nedbrytbart, är tillgänglig som NH₄ via hydrolys i luftningsbassängerna. Syrebehovet är beräknat över ett intervall, min, dim och max behov med min-max temperatur och en viss variation i belastningen av föroreningar på det biologiska reningssteget.

Tabell 4-8: Dimensionering total syresättningskapacitet, SOTR, för BB11.

Parameter	Enhet		Min	Medel	Max
Belastning					
Temperatur		°C	7	9	16
BOD ₅		kg/d	1 893	1 893	1 893
NH ₄ -N		kg/d	752	752	752
Flöde		m ³ /h	1 152	1 152	1 152
Luftningsvolym					
Djup	D	m	12	12	12
Area	A	m ²	7 157	7 157	7 157
Volym aerob	V	m ³	100 200	100 200	100 200
Beräkningsparametrar AOR					
BOD reduktion	BOD _n	%	95	95	95
Nitrifikation	N _n	%	100	100	100
Denitrifikation ¹	DN _n	%	75	75	75
Slamkoncentration	VSS _m	kg MLVSS/m ³	2,6-3,9	2,6-3,9	2,6-3,9
BOD respiration	a*	kg O ₂ /kg BOD,d	0,6	0,6	0,6
Endogen respiration	b*	kg O ₂ /kg VSS,d	0,06	0,06	0,06
Ammonium oxidations faktor	c*	kg O ₂ /kg NH ₄	4,59	4,59	4,59
Denitrifikations koefficient	d*	kg O ₂ /kg NO ₃	2,86	2,86	2,86
Beräkningsparametrar SOTR					
α-koefficient	α	-	0,6	0,6	0,6
β-koefficient	β	-	0,95	0,95	0,95
DO koncentration luftningsbassäng	C	mg/l	3 ²	2	2
Syremättnad	C ₂₀	mg/l	12,89	12,89	12,89

¹ Endast fördenitrifikation

² Vintertid används en högre syrekonzentration, ca 2-4 mg O₂/l.

Parameter		Enhet	Min	Medel	Max
	C _{S,T}	mg/l	17,1	16,3	14,52
	C _{st20}	mg/l	9,08	9,08	9,08
	C _{st}	mg/l	12,12	11,55	10,29
Hydraulisk uppehållstid	t	h	14	8	8
Flödeskorrektionsfaktor	k	-	1,00	1,00	1,00
Syreinhåll i luft	O _{luft}	kg O ₂ /Nm ³	0,25	0,25	0,25
Specifik syresättningskapacitet	S _E	%/m ³ ,m	6	6	6
Specifik syresättningskapacitet	S _s	kg O ₂ /m ³ , m	0,015	0,015	0,015
Diffusordjup	D	m	11,8	11,8	11,8

Syrebehovet redovisas i Tabell 4-9 som ett intervall för temperaturfallen beskrivna i Tabell 4-8 samt för en slamhalt mellan 4,0 och 6,0 mg MLSS/l. Detta för att utvärdera om kapaciteten i befintlig luftarsystem är tillräckligt. Maxbehovet är vintertid vid låga temperaturer och högre syrehalt i det biologiska reningssteget. Motsvarande minbehov är sommartid vid låga slamkoncentrationer. Syrebehovet är inklusive oxidation av tvåvärtjärn till trevärt järn i simultanfällning. Detta syrebehov är normalt försumbart mot syrebehovet för den biologiska reningsprocessen.

Tabell 4-9: Syrebehov BB11.

Parameter	Enhet	Värde	Värde
Slamhalt	mg MLSS/l	4,0	6,0
Temperatur	°C	16	7
Syreöverskott luftning	mg O ₂ /l	2,0	3,0
AOR	kg O ₂ /d	4 634	5 492
SOTE	%	6,0	6,0
SOTR	kg O ₂ /d	9 770	12 124
Luftflöde	Nm ³ /h	2 389	2 831
Antal luftarmembran	st	1 243	1 243
Spec. luftflöde	Nm ³ /membran,h	1,84	2,28

Syrebehovet för BB11 är beräknat till 9 800- 12 125 kg SOTR/d vilket motsvarar ett luftflöde på 2 400- 2 900 Nm³/h eller 1,8-2,3 Nm³/h, luftarmembran. Den befintliga

anläggningen är utrustad med Sanitaire luftarmembran har en kapacitet mellan 0,8 och 6,8 Nm³/membran och således anses att luftarsystemet klarar av en ökad slamhalt i luftningsbassängen utan åtgärd.

Blåsmaskinerna i Käppala har enligt uppgift god kapacitet och kan, för införandet av avgasning i BB11, anses vara tillräckliga. I ett framtida scenario där fler linjer utrustas med avgasning kan det vara aktuellt att se över behovet och kapaciteten på befintliga blåsmaskiner.

4.4.2 Omrörning BB11

Ökning av slamhalt upp till 6,0 kg MLSS/m³ i BB11 förväntas inte medföra någon förändring av viskositeten i det aktivaslammet. Vid kontakt med leverantören av omrörarna i BB11, av fabrikatet Japrotek Jamix GH-60, konstaterades att en ökning av slamhalten inte innebär någon effekt på befintliga omrörare.

5 Hydrauliska överväganden

5.1 Inledning

Ett av målen med införandet av avgasning i BB11 är att utvärdera tekniken under en längre period under kontrollerade former. För att kunna styra den hydrauliska belastningen till BB11 måste därför åtgärder vidtas för att kunna styra inflödet. Då BB11 ligger längst bort från fördelningen mellan det nya och gamla blocket

5.2 Styrning av inflödet till BB11

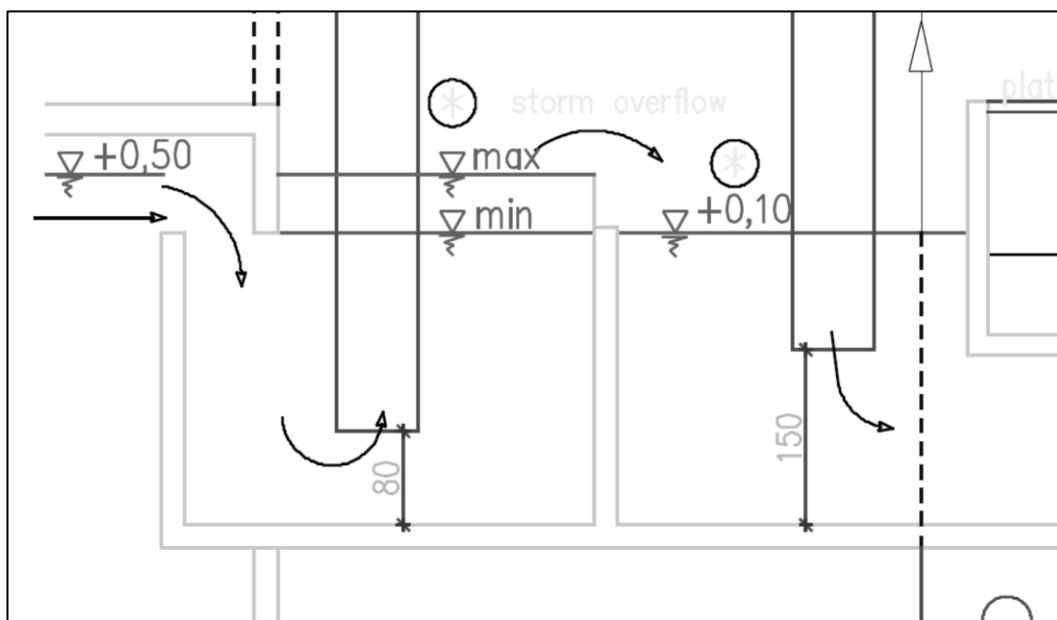
För att kunna kontrollera och styra inflödet till BB11 föreslås att en pump kopplas till inloppet av BB11. Denna pump kan ställa ett flöde upp till 1 150 m³/h

EKLM fyller på!

5.3 Hydraulik över avgasningstornet

De hydrauliska förutsättningarna som Biogradex har utvärderat har fokuserat på utloppet från luftningsbassängen och inloppet till eftersedimenteringen. Figur 5-1 visar den hydrauliska profilen över inloppet till avgasningstornet och utloppet till eftersedimenteringen.

De hydrauliska förutsättningarna för att införa avgasningstornet mellan luftningsbassängen och eftersedimenteringen är goda, och tillräcklig hydraulisk höjd finns för tillämpningen.



Figur 5-1: Hydrauliska förutsättningar, inlopp till avgasningstorn och eftersedimentering.

6 Åtgärder för maskininstallation

6.1 Inledning

Åtgärder för maskininstallationen av avgasningsutrustningen har tagits fram av Biogradex. Åtgärder utöver detta har tagits fram av Sweco.

Avgasningstornet omfattas av EU-patent No 079851 som hålls av företaget Biogradex.

6.1.1 Förutsättningar för införandet av avgasning

Biogradex har specificerat förutsättningar för införandet av avgasningen i BB11 som måste beaktas. Dessa sammanfattas och kommenteras i Tabell 6-1.

Tabell 6-1: Förutsättningar enligt Biogradex för införandet av avgasning

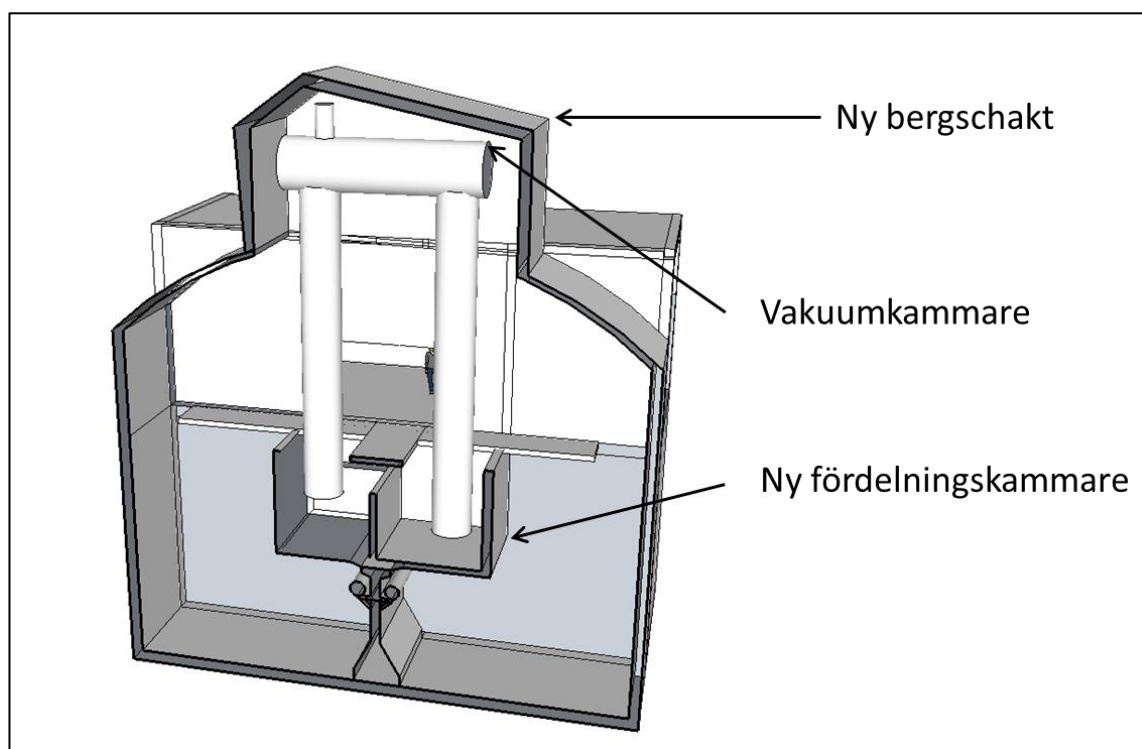
Förutsättning	Kommentar
Returslamflödet måste uppgå till 100 % av Q_{design}	I nuvarande utföring kan returslampumparna köras samtidigt. Detta förväntas inte ge 100 % av Q_{design} , men bedöms ändå vara tillräckligt
Nitratrecirkulationen måste uppgå till 100 % av Q_{design}	Möjligt i nuvarande utformning
Eftersedimenteringen måste utrustas med utrustning för att effektivt avskilja yt slam	Möjligt i nuvarande utformning
Luftningssystemet i luftningsbassängen måste anpassas för en ökad slamhalt och belastning	Luftarsystemets kapacitet bedöms tillräckligt i befintlig utformning.
Returslamflödet ska kunna anpassas efter slammängden i eftersedimenteringen. Inte ett direkt krav men förbättrar driften.	Möjligt i befintlig anläggning via styrsystem
Slamskrapor i eftersedimenteringen måste klara av ett slam med högre TS-halt	Befintliga skrapor kompletteras med nya skrapblad, brythjul och växelmotorpaket

6.2 Avgasningstorn

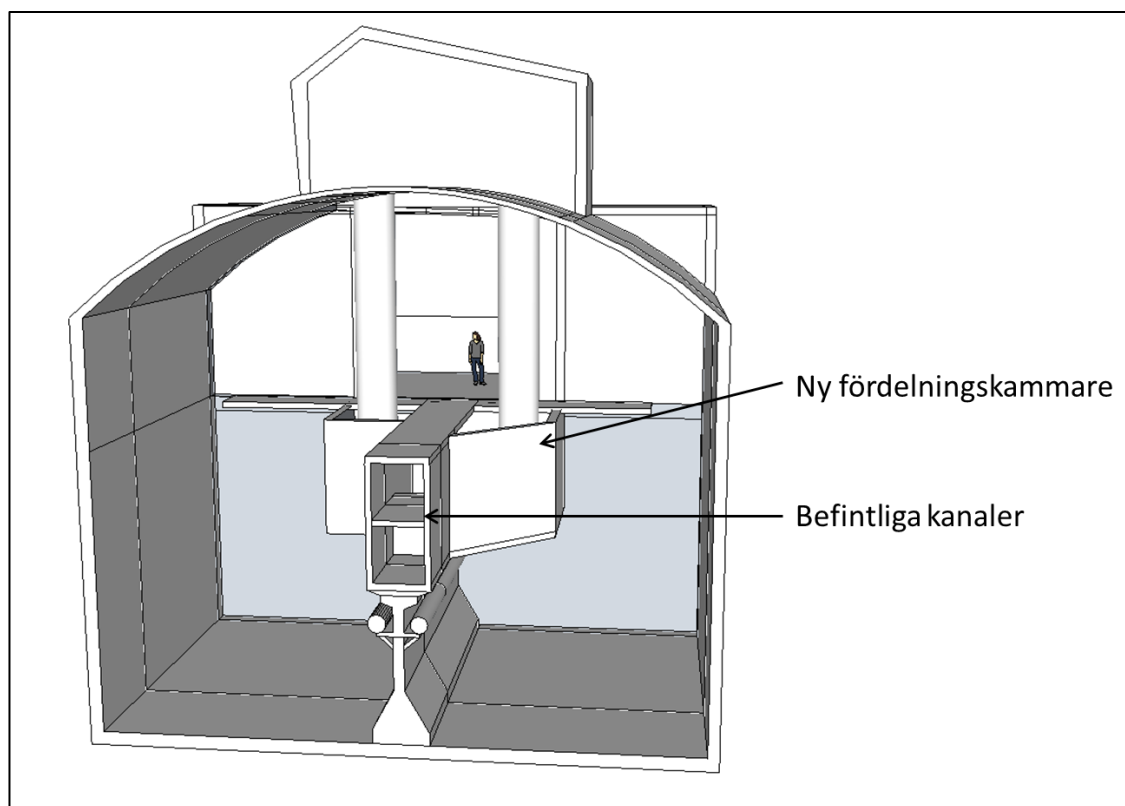
Avgasningstornet levereras komplett med all tillhörande kringutrustning.

Avgasningstornet placeras i en ny fördelningskammare vars inlopp ansluter till kanalen i FT42. Utloppet från fördelningskammaren ansluts till befintlig kanal i ES11.

Figur 6-1 och Figur 6-2 visar schematiskt hur avgasningstornet placeras i förhållande till ES 11 i en ny fördelningskammare.



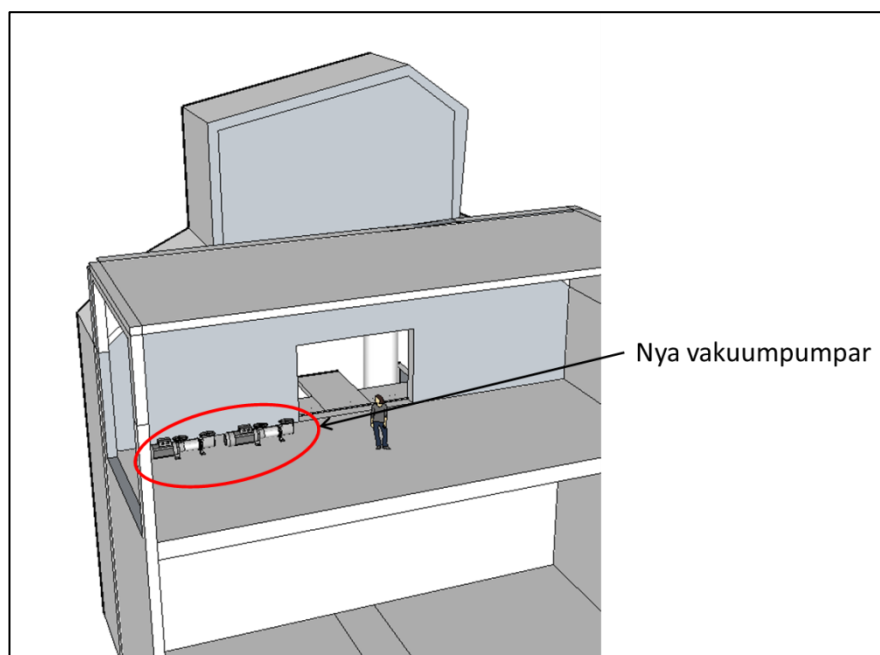
Figur 6-1: Installation av avgasningstorn i ny fördelningskammare.



Figur 6-2: Fördelningskammare ansluter till befintlig kanal i ES 11.

Två vakuumpumpar placeras utanför ES11 i FT42. En vakuumpump används för normaldrift med ytterligare en pump som redundans. Varje pump har en installerad effekt på 45 kW och väger 1 000 kg. Vakuumpumparna är dimensionerade för ett maximalt flöde på 55 000 m³/d. Vakuumpumparna kyls via en intern kylslinga som kyls av vattnet i eftersedimenteringen.

Vakuumpumparna försörjs via ett nytt ställverk varifrån driften av pumparna styrs lokalt via en ny PLC.



Figur 6-3: Placering två nya vakuumpumpar i FT42.

6.3 Övriga åtgärder för maskin

6.3.1 Flödesfördelning till BB11

För att kunna styra flödet till BB11 kommer en pumpstation vid inloppet till BB11 att anläggas. Denna ska kunna justera flödet in till BB11 upp till det maximala flödet, 1 150 m³/h. För att säkerställa att pumpen erhåller tillräckligt mycket vatten hela tiden, dvs. att beskickning av BB11 är möjlig hela tiden, måste åtgärder i inloppskanalen till BB06-BB10 göras:

- Inloppspump till BB11, propellerpump med kapacitet 650 l/s.
- **KVARSTÅR EKLM**

6.3.2 Åtgärder i ES11

Slamskrapan i eftersedimenteringen måste anpassas för den nya fördelningskammaren. Dessutom har det under projektets gång diskuterats vikten av att säkerställa att sedimenterat slam tas om hand och skrapas till slamfickan på ett säkert sätt. Därför föreslås följande för slamskraporna i ES11:

- Brythjulet för slamskrapan flyttas ut från väggen. Genom att flytta brythjulet för skrapan kommer även funktionen på skrapan att förbättras och underhållsbehovet minskas. I samband med flytten kommer även övriga brythjul på skrapan att bytas ut.

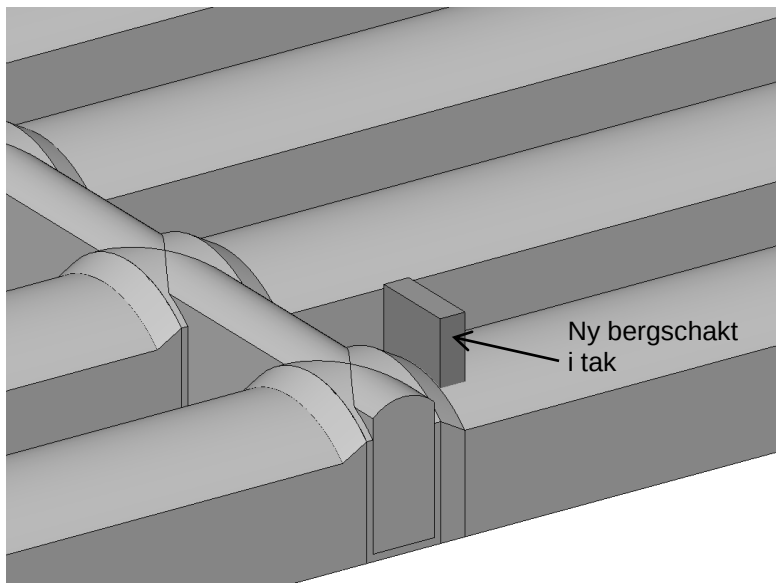
- Skrapbladen byts ut till starkare blad för att klara av att hantera ett tyngre slam
- Ett nytt motorväxelpaket installeras för skrapan som gör att hastigheten på skrapan kan ökas

Dessa åtgärder i ES 11 anses vara tillräckliga i och med införandet av avgasningstornet.

7 Åtgärder för bergarbete

7.1 Förutsättningar

En installation av avgasningstornet kräver att ett utrymme i bergtunnelns tak arrangeras, se Figur 7-1 nedan. Utrymmesbehovet i plan och höjd definieras av de krav som tornet ställer. I det följande redovisas tre olika metoder för berggutttag. En kort jämförande sammanfattning av de olika metodernas för- och nackdelar redovisas. Ett lämpligt metodval har också diskuterats med en bergentreprenör med erfarenhet kring specialarbete i berg. Förutom en bekräftelse på vilken metod som är lämplig har entreprenören kunnat ge en kostnadsindikation för de nödvändiga arbetena.



Tabell 7-1: Planerad bergschakt

De tre studerade metoderna för berggutttag är:

1. Sprängning;
2. Hydraulisk spräckning av berg;
3. Vajersågning

7.2 Sprängning

Det är möjligt att spränga ut det nödvändiga utrymmet i taket ovanför . En sprängning måste utföras som skonsam sprängning så att inte närliggande installationer och konstruktioner skadas. En sådan sprängning omfattar tät borrning och små laddningskoncentrationer. Den stora fördelen med sprängning är att en mindre borrhålsdiameter (<45 mm) kan användas jämfört med andra metoder och därmed är det möjligt att borra handhållet. Att borra handhållet kräver inga stora tunga maskiner utan är möjligt att utföra från en höj- sänkbar plattform.

7.3 Hydraulisk spräckning

Det är även möjligt att ta ut berget med s.k. hydraulisk spräckning av berget. Det innebär att hål (64 mm) borrar i berget och en ca 1 m lång hydraulkil sätts i hålet som med hjälp av vattentryck spräcker berget. Denna lösning ger minimala vibrationer/omgivningspåverkan men erfordrar större borrhål och därmed en större borrhög vilket bedöms svårt att få ner i anläggningen.

7.4 Vajersågning

Det är också möjligt att såga ut berget. En vajer träs genom borrade hål i berget och spänns varvid ett snitt kan sågas. Metoden ger inga vibrationer/omgivningspåverkan men bedöms inte vara tillräckligt flexibel och för komplicerad i detta projekt.

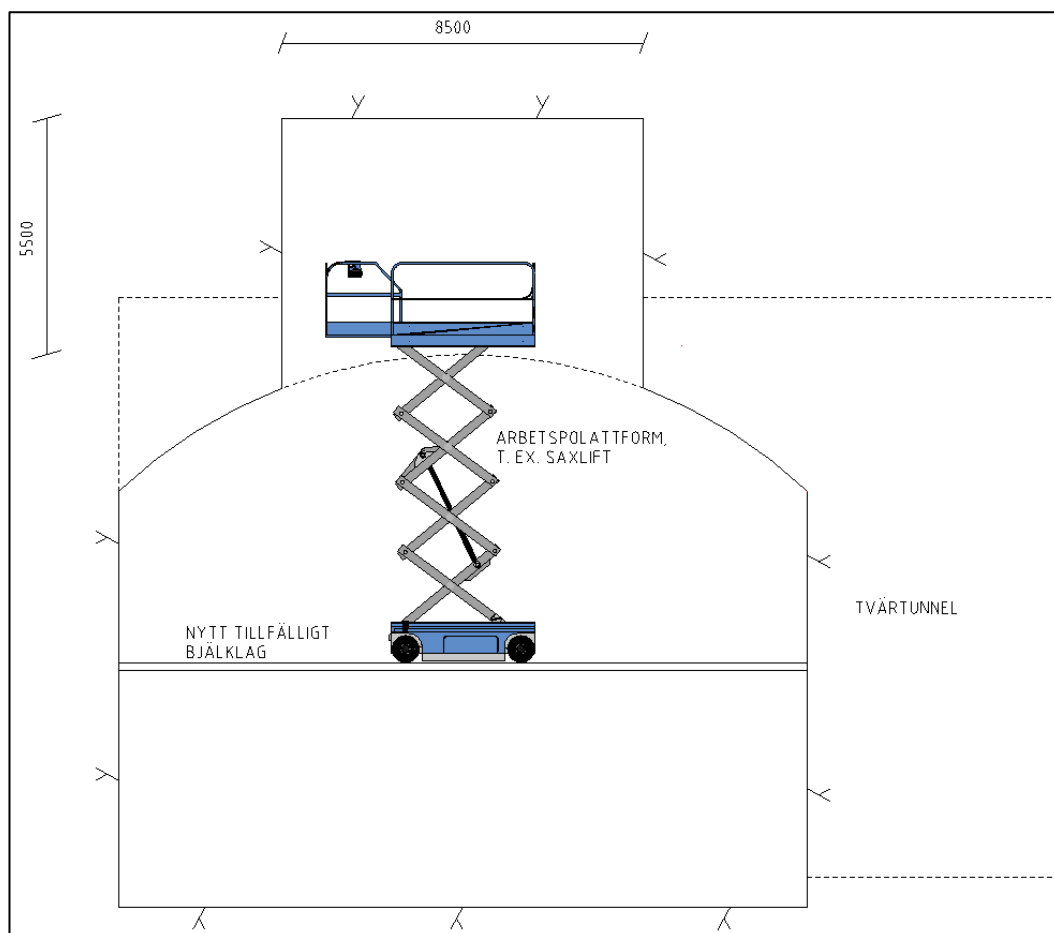
7.5 Sammanfattning och rekommendationer metoder för uttag av berg

Ett arrangemang med ett nytt utrymme för avgasning av vatten/slamströmmen kräver en kompetent utförare, eftersom de nödvändiga åtgärderna bedöms kvalificerade. En teknisk jämförelse av de diskuterade metoderna redovisas i Tabell 7-1.

Vi rekommenderar därför att berget tas ut genom borrning och sprängning. Den enklaste metoden är att använda en flyttbar plattform som är höj- och sänkbar (t.ex. en saxlift) Borrning kan ske från plattformen med en handhållen borrar, se Figur 7-2 nedan. Att borra handhållet innebär att man använder en bormaskin som står på ett hydrauliskt stödben och sedan styrs borrar för hand. Därmed behövs ingen stor maskin för borrning som normalt används vid sprängningar under mark.

Tabell 7-7-2: Jämförelse av olika metoder för bergarbeten i anslutning till avgasningstorn

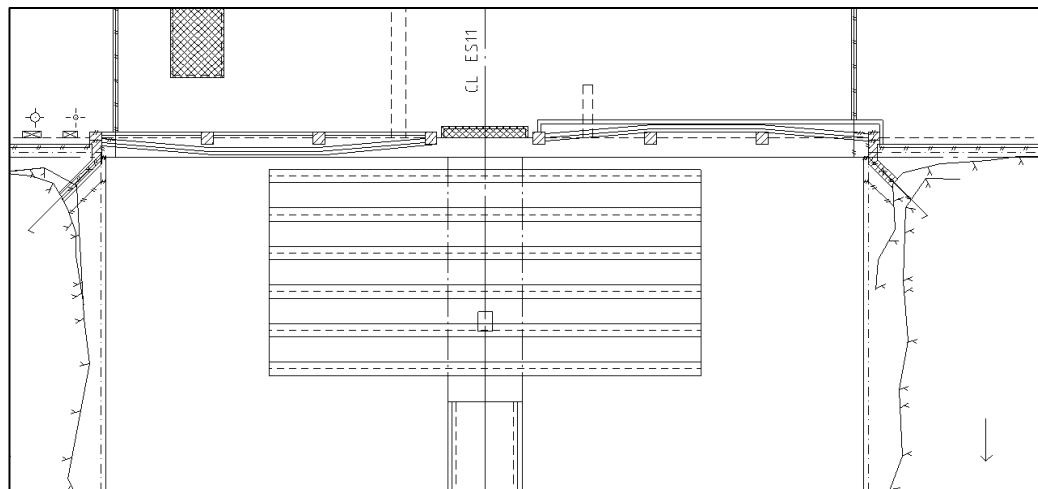
Metod	Fördelar	Begränsningar
1. Sprängning	Flexibelt Kräver ej stora borrhuggar eller tunnelmaskiner	Risk för vibrationer Risk för lufttryckvåg vid sprängning Kräver ventilation av spränggaser
2. Hydraulisk spräckning	Minimal omgivningspåverkan	Kräver 64 mm borrhål och därmed större/tyngre borrhugg Svårt att få till en fri yta att spräcka mot Tidskrävande Bedöms ge högre entreprenadkostnader än alt 1.
3. Vajersågning	Inga problem med befintlig förstärkning. Kan såga genom bergbultar. Minimal omgivningspåverkan	Ej flexibel metod Komplicerat och tidskrävande Bedöms ge högre entreprenadkostnader än alt 1.



Figur 7-3: Exempel på metod för att nå taket

7.6 Utformning av arbetsplattform

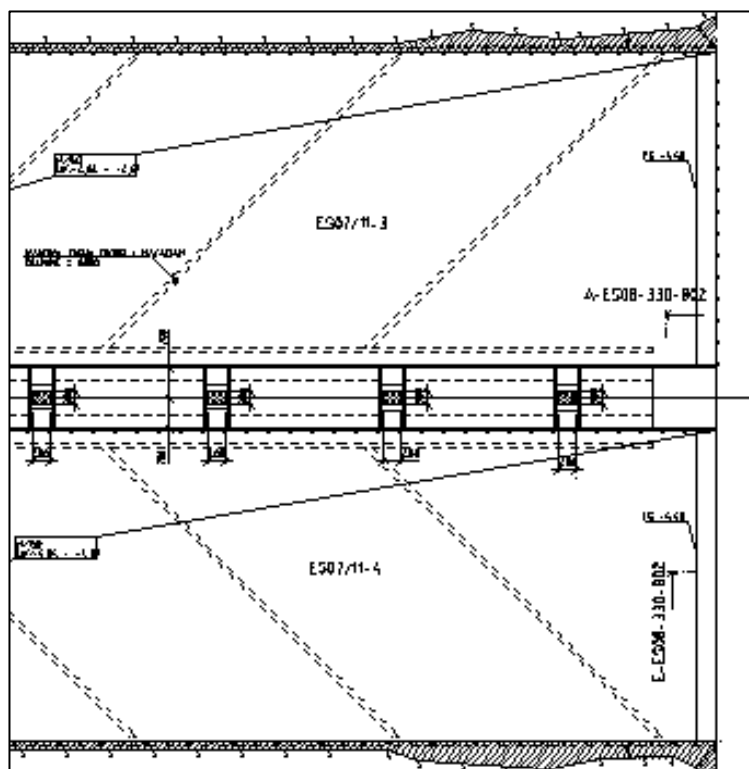
Arbetsplattform utförs i stål och föreslås bestå av kraftiga H-balkar på VKR-pelare som går ner till bassängbotten. I botten placeras motsvarande balkar för att fördela lasten från pelarna på större yta. Eventuellt kan fartygsplåtar användas för ytterligare lastspridning. Pelarna stagas med kryss för stabilitet. Eventuellt kan man staga plattformen även till bassängsidorna. Se Figur 7-3 för planskiss på arbetsplattform.



Figur 7-3: Planskiss arbetsplattform

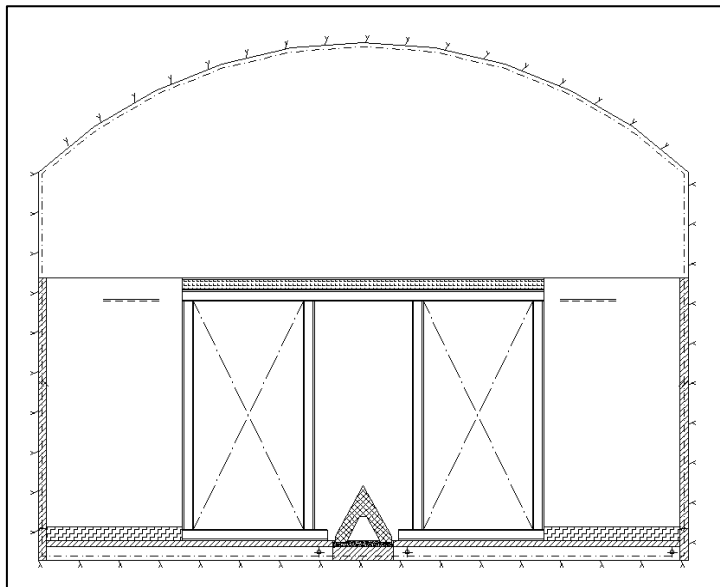
Nackdelar med denna lösning är att bottenplattan är tunn, ca 100 mm, och under den finns dräneringsledningar, se Figur 7-4, som skall aktas. Eventuella skador på bottenplatta och dränering måste återställas vilket troligtvis är en ganska kostsam åtgärd.

För ytterligare lastspredning som skydd för bassängbotten kan en tjock plåt placeras under balk/pelarsystemet.



Figur 7-7-1: Dräneringssystem i bassängbotten

Man kan också tänka sig att ta ner pelarna ända till berg och göra hål lokalt i bottenplattan. Återställning med fyllning under platta där dränlager rasar ut och underminerar plattan kan bli nödvändigt. Se Figur 7-5 för tvärsektion genom arbetsplattform.



Figur 7-7-2: Tvärsektion genom arbetsplattform

På balksystemet placeras exempelvis stockmattor i två lager med tjock fartygsplåt överst i samma nivå som golvnivån i FT42. Bassängbotten skyddas från nedfallande block med flera lager däckmattor eller dylikt.

7.7 Övrigt

Såsom ovan visat utgör nuvarande konstruktioner en begränsning av storleken på laster som transporteras ut (bergmassor), liksom in- och uttransport av arbetsfordon. Storleken på fallande block måste begränsas i största möjliga mån då anläggningen är i drift och får påverkas så lite som möjligt.

Alternativ till ställningsbygge kan vara någon form att färdig lösning såsom Periform, men dessa måste tåla nedfallande block. Dynamiskt tillskott på fallande block kan vara stort beroende på storlek. Detta överläts till en ställningsleverantör att dimensionera och prissätta.

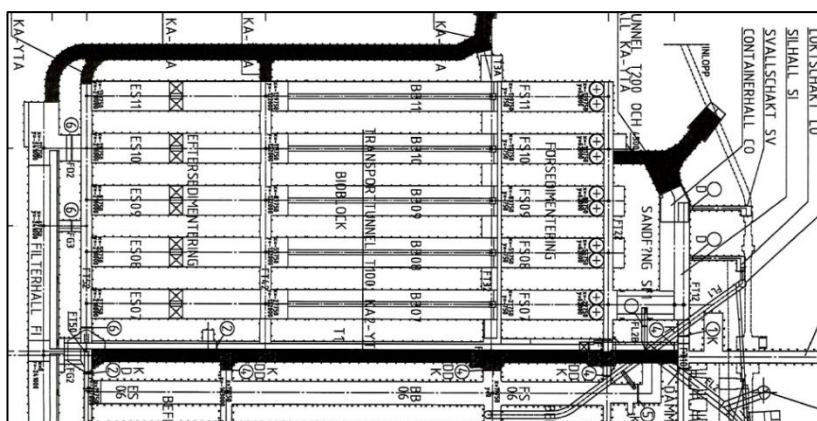
8 Åtgärder för byggarbete

8.1 Inledning

Avgasningsutrustningen skall installeras i bassäng ES11. Installationen kräver ett bergurtag i taket. Bergschakten kräver att vissa ingrepp i befintlig konstruktion sker, samt att en temporär arbetsplattform för bergutrustning installeras. En del skyddsåtgärder blir också nödvändiga. När bergschakten är färdig skall vissa nya betongkonstruktioner utföras innan avgasningsutrustningen kan installeras.

8.2 Förutsättningar

Berörda delar är huvudtransporttunnel T1 och fördelningstunnel FT42 samt eftersedimenteringsbassäng ES11, se Figur 8-1. Arbetet förutsätter att ES11 är tömd på vatten och rengjord.



Figur 8-1: Berörda delar T1 och FT42.

Lastförutsättningar i T1: Bjälklaget är dimensionerat för fordonslast med axeltryck på 210kN och bromslast 100kN.

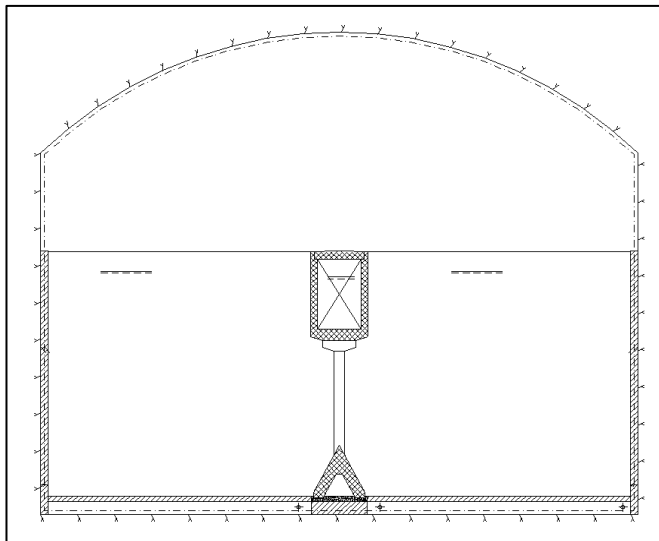
Lastförutsättningar i FT42: Bjälklaget är dimensionerat för fordonslast med axeltryck på 100kN och bromslast 50kN.

Dessa lastförutsättningar begränsar framförallt uttransport av bergmassor. Man får begränsa vikten på fordon med last och köra flera gånger.

8.3 Rivning

Vissa delar av befintliga betongkonstruktioner måste rivas. Befintlig gångbrygga med underliggande kanal måste rivas inom den sträcka som arbetsplattformen skall stå. Den "fria änden" av gångbrygga/kanal som blir kvar får stegas till bergvägg alternativt till bassängbotten. Kanal/gångbrygga vilar på betongpelare c/c 4m. Åtminstone en av dessa

pelare berörs av rivningen. Befintlig glasbetongvägg och port måste troligtvis också demonteras och senare återmonteras.



Figur 8-2: Tvärsektion genom befintlig ES11

Omfattningen av ingrepp i vägg med port mellan FT42 och ES11 är beroende av hur entreprenören bedriver sitt arbete. Dock kommer väggen med stor säkerhet att påverkas och behöva återställas. Kostnaderna som redovisas i kapitel 11 omfattar hel demontering av vägg/port och sedan återmontering.

8.4 Förslag till genomförande av de olika åtgärderna

I. Förberedande åtgärder

Förberedande åtgärder föreslås ske enligt följande arbetsschema:

1. Glas- och betongväggen mot tvärtunneln rivs. Den rivs dels för att ge plats vid installation av nytt arbetsbjälklag men även för att glaset troligtvis krossas av lufttryckvågen vid sprängning.
2. En arbetsplattform i nivå med tvärtunnelns bjälklag byggs där saxliften kan operera ifrån.
3. Flera vajrar spänns upp där glas- och betongväggen stod och tunga presenningar hängs på vajern. Dessa fungerar som skyddsväggar för lufttryckvågen vid sprängning.
4. Ett ventilationsrör med till- och frånluft installeras.

II. Genomförande av bergsschakt

Bergschakten kan påbörjas sedan de förberedande arbetena avslutats. För att minimera skadliga vibrationer från sprängning måste borrhålen borraras tätt, små laddningsmängder användas och mindre volymer sprängas ut i flera omgångar.

Följande arbetsmoment måste genomföras:

1. Handhållen borrarning från arbetsplattform;
2. Borrhålen laddas med sprängmedel;
3. Arbetsplattform körs bort;
4. Sprängning;
5. Bergmassor faller ner på sprängmattor som skyddar bjälklaget;
6. Utlastning av bergmassor med en mindre lastbil;
7. Arbetsplattform körs fram;
8. Skrotning av löst berg från arbetsplattform.

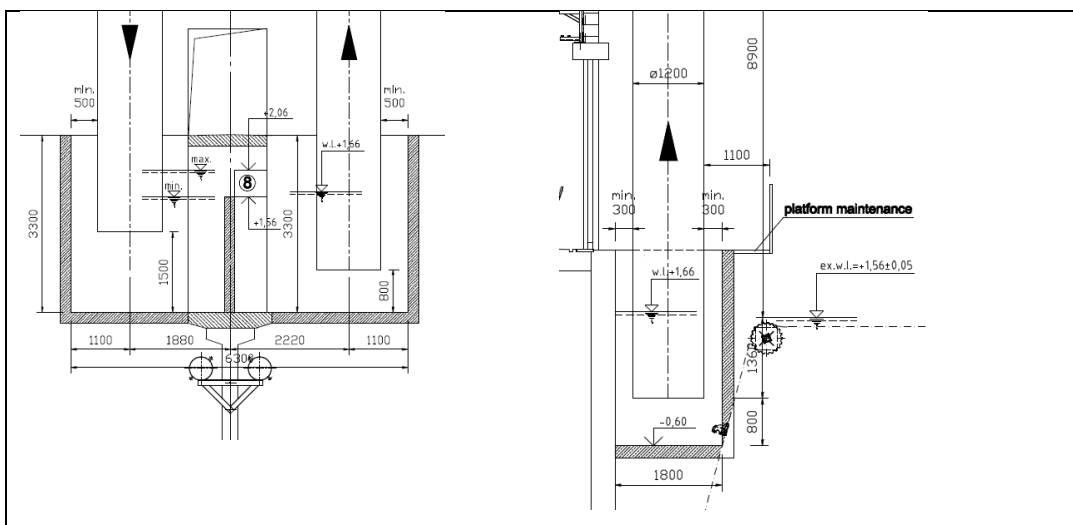
Arbetscykeln upprepas tills det nödvändiga hålrummet är färdigt.

Efter avslutad bergschakt måste berget säkras och förstärkas med bergbult och fiberarmerad sprutbetong.

Eftersom rören som skall installeras i det nya hålrummet ska hängas i förankringsbultar i berget rekommenderas att installation görs direkt vid avslutad bergschakt och därmed ingår i bergentreprenaden. Då slipper man kostnader för en senare ny etablering för att nå upp i taket.

8.5 Nya anläggningsdelar efter bergschakt

Nya betongkonstruktioner platsgjuts i omfattning enligt processleverantör samt återställning av befintlig gångbrygga/kanal som ansluts till ny låda för avgasningsanläggning. I Figur 8-3 visas förenklade skisser av hur anläggningsdelen kommer att gestaltas efter avslutade entreprenadarbeten.



Figur 8-3: Principiell utformning av färdig anläggningsdel

9 Drift under ombyggnation

9.1 Riskanalys

9.1.1 Risker i driften av Käppala reningsverk

Vid ombyggnationen av BB11 måste hela linjen stängas ned och berörda kanaler och bassånger tömmas och rengöras. Detta innebär i princip att reningsverket förlorar en del av sin kapacitet under ombyggnationen.

Om arbetet planeras så bör detta inte innebära några problem för driften av Käppalaverket och förutsättningar finns att driva verket utan att ge avkall på reningsresultat.

Genomförandet av ombyggnationen är uppskattad till att sträcka sig över en begränsad tid och om möjligt kan ombyggnationen planeras till årets varma period då belastningen på avloppsreningsverket generellt sett är lägre än under vinterperioden.

9.1.2 Risker i genomförandet

Särskilda säkerhetsrutiner måste tillämpas i samband med sprängning för att säkerställa minimal risk för driftpersonal och entreprenörer vid Käppalaverket. Så

I detta fall är sprängningen komplicerad och ställer stora krav på entreprenören. Följande risker med åtgärder är tänkbara, se Tabell 9-1:

Tabell 9-1: Risker och åtgärder i genomförandet.

Risk	Åtgärd
Risk för skador på befintliga installationer vid kraftiga vibrationer från sprängning	Skonsam och försiktig sprängning.
Risk för luftstöt våg från sprängning som kan skada glasrutor	Avskärmning i samband med sprängning essentiell. Möjlighet finns att nyttja stora presenningar som avskärmning som på ett mycket effektivt sätt tar upp energin från tryckvågen.
Risk för större bergutfall än planerat vid ogynnsamma geologiska förhållanden	Bergutrymmet förstärks med förförstärkning med bergbult runt planerad bergschaktskontur samt sprutbetong

Det kan vara mycket farligt att vistas under ett sprängschakt innan det är förstärkt med bergbult och sprutbetong. Utfallande bergblock/sten kan skada personal och installationer. De byggarbetare som utför arbetena ska därför ha dokumenterad erfarenhet från sprängning, skrotning och bergförstärkning under mark. Det är även viktigt att någon form av takskydd finns på den skylift/arbetsplattform som arbeten bedrivs ifrån.

Vid sprängning är det dessutom viktigt att tillgodose tillräcklig ventilation för att avleda eventuella spränggaser och på så sätt säkerställa en god arbetsmiljö.

Risker avseende beskrivet byggarbete är risker som uppkommer i samband med rivning av vägg samt tungt arbete med stålplattform. Skyddsväggar och räcken måste manteras där höga höjder uppstår.

10 Kostnadsberäkningar

10.1 Inledning

Kostnadsbedömningar har uppförts för ovan beskrivna åtgärder för införandet av avgasning i BB11. Kostnadsbedömningarna har delats upp i bygg, berg, maskin och avgasningstorn för att få en bild av hur kostnadsfördelningen ser ut.

Kostnadskalkylerna kan fortfarande anses som preliminära. Detta på grund av det komplexa genomförandet, särskilt med avseende på bergarbete.

För anläggningskostnaden är prisnivån för november 2011 använd.

10.2 Anläggningskostnadskalkyl

10.2.1 Åtagande från Biogradex

Avgasningstornet täcks i nuläget av ett patent som innehas av Biogradex. Biogradex arbetar med en helhetslösning för sina åtaganden. Detta innebär tillgång till den patenterade maskinen och tillämpning av utrustningen så att den passar för Käppala BB11. Utöver detta ingår i åtagandet montage och installation av all till avgasningstornet tillhörande utrustning, övervakning i entreprenaden, drifttagning samt utbildning. I bilaga 1 redovisas Biogradex villkor och omfattning av leverans, med garantier och kostnad.

Kostnaden för Biogradex åtagande är uppskattad till 11 miljoner kr.

I kostnaden för avgasningstornet ingår alla kostnader för el- och automation nödvändig för avgasningstornet med kringutrustning.

10.2.2 Kostnadskalkyl övriga åtgärder för maskin

Följande poster måste åtgärdas:

- Slamskrapor i ES 11 anpassas för högre slambelastning med nya brythjul, nya skrapblad och nya växelmotorpaket.

10.2.3 Kostnadskalkyl bygg

Kostnaderna är uppskattade utifrån underlag från Biogradex ritningar samt platsbesök och en platsbyggd stålplattform. Kostnadskalkylen för bergarbetet har tagits fram i samarbete med en erfaren bergentreprenör specialiserad på komplicerade bergarbeten.

- Arbetsplattform: ca 500.000kr
- Rivning: ca 150.000kr
- Nya betongarbeten: ca 200.000kr
- Återställning glasbetongvägg mm: ca 150.000kr

- Skyddsanordningar (sprängmattor, stockmattor): ca 200.000kr
- Kostnaden för bygg inkluderar etablering, arbete och material utan speciella påslag.

Kostnaderna för återställning avser hel återuppbyggnad av glasbetongvägg. Kan entreprenören skydda den på något sätt så avgår denna kostnad samt del av rivningskostnaden.

Genomförandet av byggarbetet enligt beskrivningen ovan förväntas inte medföra någon åverkan på bassängbotten i ES11 varför inga kostnader för detta har uppskattats.

Arbetsplattformen och skyddsanordningarna kan återanvändas i de fall samma arbete skall utföras på fler anläggningsdelar i senare skeden.

10.2.4 Kostnads kalkyl berg

Kostnaderna för berg är baserade på underlag från Biogradex samt den metod som valts för bergschakt enligt ovan.

Med de antaganden som gjorts för bergarbetet ingår i bergkostnaden:

- Bergschakt, Losshållning berg inkl. bergtransport
- Transport till närmsta kross
- Förstärkning av berg
- Bultning, antar ca 30st bergbultar
- Sprutbetong med stålfiber inklusive transport, antar ca 15 m³
- Spiling, antar 30st
- Ventilation, 1st fläkt samt ca 100 m fläkt tub

Bergarbetet har varit mycket svårt att uppskatta på grund av dess speciella utförande. Kostnaden för bergarbetet är uppskattad till 2-2,6 miljoner kr.

10.2.5 Sammanställning anläggningskostnadskalkyl

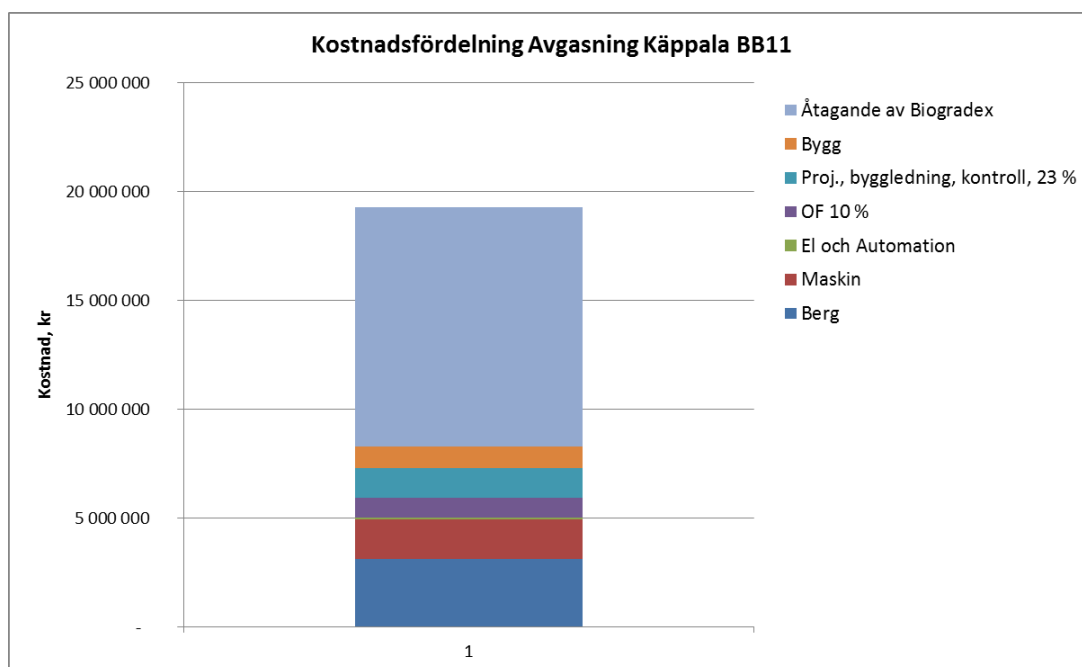
Kostnaden för Biogradex åtagande, inklusive avgasningstorn, är uppskattat till 11 miljoner kr. Tidigare projekt har uppskattat kostnaden för enbart materialet i avgasningstornet till ca 1,5 miljoner kr, exklusive alla omkostnader för Biogradex, dvs. vinst, eventuella patentavgifter etc. Ur denna aspekt har kostnaden för Biogradex åtagande lyfts ut ur anläggningskostnadskalkylen för berg, bygg och maskin/el-automation.

Den totala uppskattade anläggningskostnaden räknas sedan som anläggningskostnaden för berg, bygg, maskin samt el och automation adderad till Biogradex kostnad. Se Tabell 10-1 för en sammanställning av anläggningskostnaden.

Tabell 10-1: Sammanställning totalt uppskattad anläggningskostnad

Kostnadspost	Enhet	Värde	Kommentar
Bergarbete, inkl. ventilation	kr	2 600 000	
Etablering för berg	kr	520 000	20 % av bergarbete
Byggarbete	kr	1 000 000	
Maskin	kr	1 807 000	
El och automation	kr	75 000	
Oförutsett, 15 %	kr	901 000	
Entreprenadkostnad		6 903 000	
Projektering, administration etc. 20 %	kr	1 381 000	
Anläggningskostnad	kr	8 284 000	
Åtagande av Biogradex	kr	11 000 000	Enligt Biogradex offert, bilaga 2.
Totalt uppskattad anläggningskostnad	kr	19 284 000	

Kostnadsfördelningen åskådliggörs i Figur 10-1. Den största kostnadsposten är kostnaden för Biogradex åtagande som utgör ca 50 % av uppskattad anläggningskostnad.



Figur 10-1: Kostnadsfördelning avgasning Käppala BB11.

Som synes motsvarar Biogradex åtagande den största kostnadsposten i anläggningskostnadsräkningen.

10.3 Drift- och underhållskostnadsräkningar

10.3.1 Drift- och underhållskostnadsräkning

Driftkostnaden för införandet av avgasningstekniken kommer att begränsas till den energiförbrukning som krävs för tillkommande maskinobjekt, i detta fall vakuumpumpen för avgasningstornet, samt den tillkommande luftmängd och omrörningsenergi som krävs i BB11 i och med ökad belastning och ökad slamhalt.

Gällande energibehovet för luftning och omrörning så kan detta eventuellt anses som ett nollsummespel i och med att belastningen på övriga linjer minskar och ett minskad energiförbrukning för luftning och omrörning kompenseras via ökad energiförbrukning i BB11.

Energiförbrukningen för avgasningstornet baseras på den vakuumpump som driver undertrycket i vakuumkammaren. Biogradex har angivit en energiförbrukning på 0,03 kWh/m³ för avgasningssystemet vilket skulle motsvara en energimängd på ca 801 kWh/d eller ca 293 000 kWh/år. Med ett elpris på 0,5 kr/kWh innebär det en årskostnad på ca 146 000 kr.

Underhållskostnaden för avgasningsanläggningen kan uppskattas baserat på en procentsats för anläggningskostnaden för berg, och bygg respektive maskin, el och automation enligt följande:

- Underhållskostnad berg, bygg: 1% av anläggningskostnad för berg och bygg motsvarar ca 57 000 kr/år
- Underhållskostnad för maskin, el och automation: 3 % av anläggningskostnaden för maskin, el och automation ca 78 000 kr.

Sammanlagd underhållskostnad för avgasningsanläggningen blir då ca 135 000 kr/år.

11 Genomförandetidplan

11.1 Genomförande

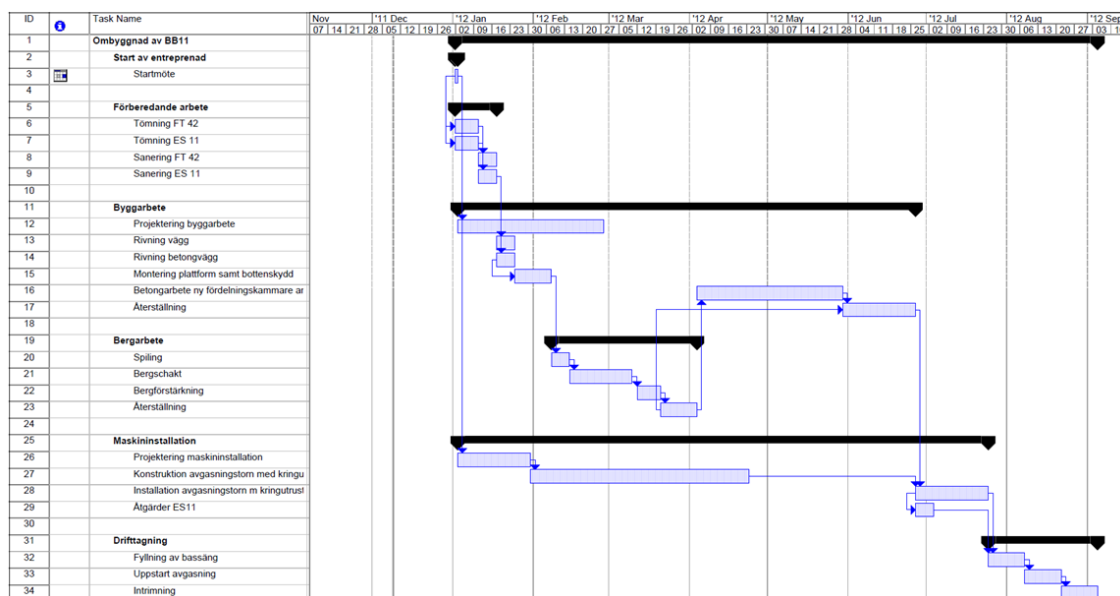
Eftersom bergschakten är begränsad men komplicerad och styrs av mängd olika praktiska faktorer som tillgänglighet, riskinventering, tillåtna sprängtider mm så rekommenderas att en entreprenör kopplas in i ett så tidigt skede som möjligt. Ovan nämnda faktorer är svåra att projektera men är av stor vikt för entreprenören.

En vanlig detaljprojektering med upphandling i ett logistiskt komplicerat projekt av denna typ kommer innebära osäkerheter vid prissättning för entreprenören vilket gör det svårt för beställaren att utvärdera anbudet. Då projektet är ett försöksprojekt bör det därför handlas upp direkt via förhandling med entreprenör, t.ex. via partnering. Om beställaren sedan väljer att gå vidare med projektet kan erfarenheter från försöksprojektet användas och en vanlig konkurrensutsatt upphandling utföras.

Leveransen av avgasningsutrustningen sker via Biogradex. Biogradex har ett helhetsåtagande som innebär att levererar och installerar avgasningstornet samt utför utbildning av driftpersonal.

11.2 Genomförandetidplan

Tidplanen för hela genomförandet uppskattas till ca 8 månader, se Figur 11-1 och bilaga 5.



Figur 11-1: Genomförandetidplan.

12 Bilagor

Bilaga 1: Offert från Biogradex.

Bilaga 2: Processdimensionering

Bilaga 3: Syreberäkning

Bilaga 4: Anläggningskostnads kalkyl

Bilaga 5: Genomförandetidplan

SWECO ENVIRONMENT AB

Gjörwellsgatan 22

PO Box 34044

100-26 Stockholm

Elbląg, August 31, 2011

Dear Sirs,

With reference to the Sub-Consultancy Agreement between Sweco and BIOGRADEX®, and with reference to the Minutes of Meeting of 22 June 2011 regarding the conceptual design for BB11 of Käppala WWTR, we submit the document here below, together with the supporting drawings.

1. INTRODUCTION

We offer the implementation of the patented technology as per the European Patent No. 079851, further called the BIOGRADEX® technology®.

We offer to Käppala WWTR the original method for the waste treatment, and the process of degassing forms the part of BIOGRADEX® technology®. It deals with the method of waste treatment by the application of active sludge, which, when applied, affects the whole process of the water treatment at the WWTR.

Although within the secondary clarifiers the useful features of the patented process are distinguishable in a particularly strong way, they spread and positively affect all areas of the active sludge chambers.

While using BIOGRADEX® technology® as a method for the whole process of treatment, depending on more specific circumstances, the concentration of the active sludge increases more than 2 times, nearing to 3, therefore in practical terms the coefficient of technical efficiency of the existing plant also increases by more than 2 times and nears 3.

The owner of the patented method believes that this is the unique value our patent can add to Käppala WWTR, and this should be the premise for any negotiations on the subject of the implementation of the patented technology.

It also includes the patented solutions of towers for vacuum degassing, the latter being subsidiary in the patented process.

2. PROCESS DESIGN CALCULATIONS AND TECHNICAL DESCRIPTION

Treatment for 700000 PE – technical data

Flow

<u>For line B-11</u>	<u>for 5 lines</u>	<u>for 11 lines</u>
$Q_{av..} = 18800[m^3/d]$	$\sim 142000[m^3/d]$	$215000[m^3/d]$
$Q_{design.} = 27648[m^3/d]$	$\sim 209500[m^3/d]$	$316000[m^3/d]$
$Q_{max} = 55296[m^3/d]$	$\sim 276500[m^3/d]$	$419000[m^3/d]$

Load of pollution – B-11

$$\text{BOD}_7 = \frac{43 \text{ ton} * 0,66}{5} = 5676[\text{kg/dO}_2] \sim 300[\text{g/m}^3\text{O}_2]$$

$$\text{P}_T = \frac{1,4 \text{ ton} * 0,66}{5} = 185[\text{kg/d}] \sim 9,8[\text{g/m}^3]$$

$$\text{N}_T = \frac{7 \text{ ton} * 0,66}{5} = 920[\text{kg/d}] \sim 49[\text{g/m}^3]$$

Load after primary clarifier – reduced by 30%

$$\text{BOD}_7 = 5676 * 0,70 \cong 4000[\text{kg/dO}_2]$$

$$\text{P}_T = 1850[\text{kg/d}]$$

$$\text{N}_T = 920[\text{kg/d}]$$

$$\frac{\text{BOD}}{\text{N}} = \frac{4000}{920} = 4,33 : 1$$

$$\frac{\text{BOD}}{\text{P}} = \frac{4000}{185} = 21,6 : 1$$

Cells volume:

$$\text{Anoxic} \quad V = 1214[\text{m}^3]$$

$$\text{Anaerobie} \quad V = 5700[\text{m}^3] \sim 34\%$$

$$\text{Aerobic} \quad V = 11000[\text{m}^3] \sim 66\%$$

$$\text{Total} \quad V = 16700[\text{m}^3] \quad 1214[\text{m}^3] \rightarrow \Sigma 17900[\text{m}^3]$$

$$\text{Secondary clarifier – area } F = 1440[\text{m}^2]$$

Parametr of process with 4,0[kg/m³]

Concentration of actived sludge (AS) – assumption:

$$\underline{\underline{Z = 4,0[\text{kg.ss/m}^3]}}$$

Assumed increase in AS:

$$2,3[\text{kg/m}^3] \rightarrow 4,0[\text{kg/m}^3]$$

Amount AS in cells:

$$G = 16700[\text{m}^3] * 4[\text{kg/m}^3] = 66800[\text{kg}]$$

Load of AS:

$$\text{average} = \frac{4000[\text{kg}]}{66800[\text{kg}]} = 0,06[\text{kg/kg}]$$

Load by sludge on secondary clarifier:

$$\text{average} = \frac{18800[\text{m}^3/\text{d}] * 4[\text{kg/m}^3]}{1440[\text{m}^2]} = 52[\text{kg.ss/m}^2\text{d}]$$

$$\text{design} = \frac{27648[\text{m}^3/\text{d}] * 4[\text{kg/m}^3]}{1440[\text{m}^2]} = 76,8[\text{kg.ss/m}^2\text{d}]$$

Expected sludge concentration in RAS:

$$Z_R \cong 12[\text{kg/m}^3]$$

With the above parameters the expected effluent results should be achieved:

$$\text{BOD} \quad 5 \div 7[\text{g/m}^3\text{O}_2]$$

$$\text{COD} \quad 40 \div 60[\text{g/m}^3\text{O}_2]$$

$$\text{TSS} \quad 6 \div 10[\text{g/m}^3]$$

$$\text{N}_T \quad 5 \div 8[\text{g/m}^3]$$

P_T – with balance 21:1(BOD : P_T) the process will need the supporting chemical treatment.

Parameter of process with 4,0[kg/m³]:

$$\underline{\underline{Z = 5,0[\text{kg.ss/m}^3]}}$$

Assuming increase in AS:

$$G = 16700[m^3] * 5[kg/m^3] = 83500[kg.ss]$$

Load of AS:

$$O = \frac{4000}{83500} = 0,048[kg/kg]$$

Load by sludge on secondary clarifier:

$$\text{average} = \frac{18800[m^3/d]*5,0[kg/m^3]}{1440[m^2]} = 65[kg.ss/m^2d]$$

$$\text{design} = \frac{27648[m^3/d]*5,0[kg/m^3]}{1440[m^2]} = 96[kg.ss/m^2d]$$

Expected sludge concentration in RAS:

$$Z_R \cong 13[kg/m^3]$$

We continue with further summary of the expected working results with the use of BIOGRADEX® technology® at the Käppala WWTR, to be achieved depending on the sludge concentration in denitrification chambers, in addition to the data already supplied, where:

Z - Sludge Concentration (kg/m³)

G - Sludge Volume (kg)

O – Sludge Load (kg/kg)

O_{os} – Load of Secondary Clarifiers with Dry Mass (D.M.) (kg D.M./m²d)

Sludge Concentration Used [kg/m³]	Flow [m³/d]		
	<i>Q_{daily average} = 18 800</i>	<i>Q_{calc} = 27 650</i>	<i>Q_{rain} = 55 000</i>
4,5 G = 75 000 O _{os} = 0,053	Z = 4,5 O = 59	Z = 4,5 O = 86,4	Z = 3,0 O = 172
5,0 G = 83 300 O _{os} = 0,048	Z = 5,0 O = 62	Z = 4,5÷5,0 O = 96	Z = 2,8÷3,0
5,5 G = 91 800 O _{os} = 0,044	Z = 5,5 O = 68	Z = 4,5 O = 106	Z = 2,8
6,0 G = 100 000 O _{os} = 0,040 (not recommended but possible)	Z = 6,0 O = 74	Z = 5,2 O = 115	Z = 2,8

Under the proposed solution, in case of the intensified rain waters flow, the sludge will form a layer at the bottom of the secondary clarifiers and will not flow out. When rain stops the sludge will be re-circulated to the aeration tanks. The optimum conditions will be established in the process of starting up and immediately after.

3. FLOWCHART AND HYDRAULIC PROFILE

These we have illustrated as per drawing No. 1.

The drawing maintains the vertical scale as 1:100. No scale applied to horizontal view.

The effluent level at the secondary clarifier has been assumed at 0,00[m].

The difference in flow level, described as 0,50[m], is required.

4. VACUUM TOWER UNIT

These we have illustrated as per drawings No. 2, 3, 4, 5, 6, 7.

The unit comprises:

- Vacuum chamber.
- Two vacuum pumps, one to carry the load, second as a stand by, of motor power 45[kW] and of consumed power 37[kW]; the power requirement has been specified to withstand severe rain flows; the weight of each pump is 1.0t.
- Cooling system for the vacuum pumps working fluid.
- Flow supporting system, located within the vacuum tower, for levelling the difference of 0,50[m] between the flow of the activated sludge chamber and the clarifier.
- System of technological connections and fittings, as well as of protective and signalling devices.

5. ELECTRICS PART

The switchgear RX001 is dedicated to power supply of vacuum pumps

Pumps will be started locally from the switchgear.

The switchgear is equipped in PLC controller. Controller supervises the operation of devices and signals submitting to the object superior control system:

- the state of work of pumps;
- the current of engine pump (P1, P2);
- pressure in installation;
- the temperature of water cooling.

Type of PLC: MicroLogix 1100 (Allen Bradley/Rockwell Automation) with communication port EtherNet/IP 10/100 Mbps and port RS-232/RS485.

6. RUNNING COSTS EFFECTS

The following should be expected, is the BIOGRADEX® technology® has been implemented:

- Power consumption ~ 0,03[kWh/m³] necessary for achieving the vacuum, however, in case of joint vacuum pump systems for 5 lines working simultaneously this requirement will be reduced to 0,02[kWh/m³].
- Effective saving of the substantially higher power consumption, otherwise to be expected in case of erecting completely new treatment lines.

7. MAIN REQUIREMENTS WITH REGARDS TO EXISTING CONDITIONS

- 100 per cent Q_{obl} flow for sludge recirculation,
- 300% Q_{obl} for denitrification recirculation,
- effective sludge skimming equipment at secondary clarifier,
- efficient and properly working aeration system to meet new requirements of larger flow,
- optional manual recirculation control capability, depending on the level of sludge at the bottom of clarifier (to be considered).

8. ASSEMBLING OF VACUUM TOWERS

We submit our proposal of assembling and positioning the towers, subject to your consultation and agreement. While we specified the expected loads, there is a possibility of dynamic loads, resulting from fluctuation of effluent flows, and vacuum environment. Please refer to the drawings No. 8, 9.

9. SCOPE AND TERMS OF DELIVERY

9.1. Scope of offer:

A package comprising our patented method of waste treatment, amendment of a concept, the equipment delivery, assembling of the units and installation of all associated equipment, supervision of the commissioning and training. The implementation of degassing, as an essential tool within the BIOGRADEX technology, will be part of our package offer but is not on offer separately. The package will include:

- (i) The right to implement and use Biogradex technology, however for B11 line only; any implementation and usage of the said technology for other lines of Käppala or other waste water treatment plant would involve a separate agreement.
- (ii) The execution and delivery of installations, including the conceptual design, flowcharts etc., as well as the conceptual design of the necessary changes within the existing B11 Line to deliver the sludge to clarifier. To achieve this, among other steps, 1 visit by Biogradex specialists to the B11 site may be needed (we propose at the expense of Biogradex), to do the audit of the existing system, and to complete the design works, which will define and present the whole process offered.
- (iii) The delivery of all required technological equipment, including:
 - Vacuum tower
 - Vacuum pumps, forming part of the full circulation system for working fluids, including the cooling system of the fluids with the treated waste
 - Safety system to neutralise any vacuum surge impact
 - Waste inflow system to clarifier and similar
 - Extinguishing excessive foam in the places indicated in the scheme
 - Control system with the control panel
- (iv) Assembling of the whole system. The preparation and erection of the towers at the emptied secondary clarifier; following this hoisting the units to prepared ceiling fixtures (the scope of works by investor, such as preparation of the site,

availability of the necessary erection equipment, ensuring installation, power source, ceiling fixtures, etc. would have to be agreed separately).

- (v) The materials and equipment of the Biogradex installation of proper quality would be sourced in Poland (where it would also be prefabricated and partly assembled) or locally, such as stainless steel (1.4301 specification preferred).
- (vi) The putting of the complete system in operation, carried out as the start-up of a normal operational process, and supervision and initial monitoring of its performance, in close co-operation with the investor's personnel.
- (vii) Preparation of the existing sludge enabling fast and proper transformation to suit the requirements of the BIOGRADEX technology for the first phase of putting the system into operation (at Biogradex cost).
- (viii) The training of the personnel coincided with the start-up and supervision of putting the system in operation.
- (ix) The necessary aftersales service.
- (x) The necessary manuals for operation and maintenance.

9.2. Guarantees

- (i) The achievement of the efficiency and discharge parameters as outlined by Käppala WWTR, including the increase of sludge concentration by at least 100 up to 120 per cent for the whole unit, depending on the final tuning
- (ii) The possibility of the efficient carrying through WWTR high volumes of rain waters, elimination of the washing out the sludge.
- (iii) Effective supervision of putting the system into operation.
- (iv) The efficient aftersales service. Our experience shows that the life time of units installed by Biogradex exceeds 30 years, with the exception of vacuum pumps, which could last 10 to 15 years. Generally repairs with the proper maintenance are rare.
- (v) Easy operation of the plant.
- (vi) Low maintenance costs, practically limited to the cost of power supply, which can be calculated as 0.03[kWh/m³] assuming the average Q = 27650[m³/d].
- (vii) Warranties. Standard warranty for the equipment is 3 years. Warranty for performing the technological function as per conditions specified by the design and manuals – 11 years.
- (viii) Ultimately, fully effective operation of the plant with better results than those specified by the Käppala WWTR as technological requirements

9.3. Cost

The total cost of the above delivery has been calculated at
Swedish Krona 11m (SEK eleven million), understood F.O.B. Polish port.

10. FINAL

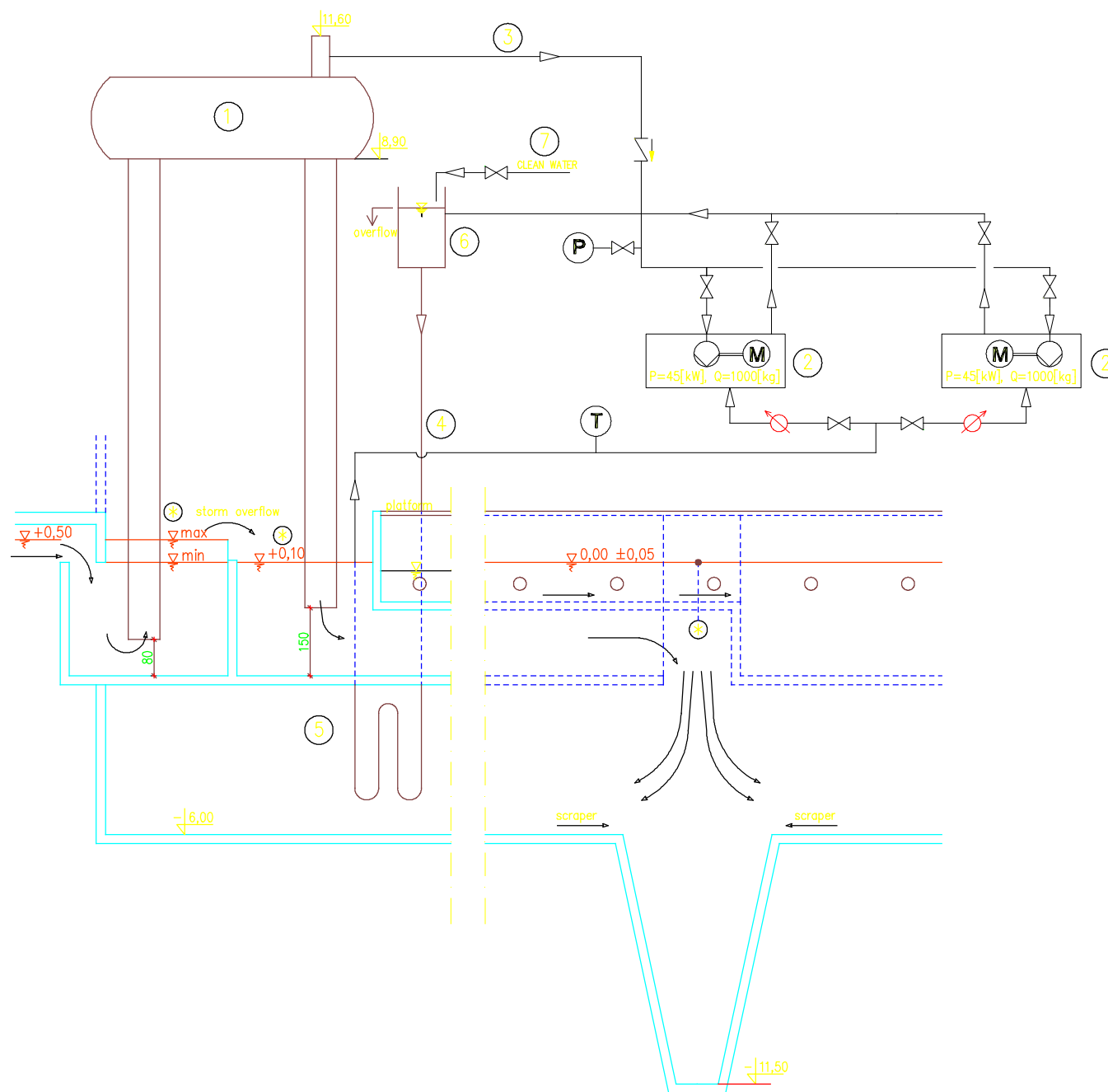
We suggest that our visit to discuss the requirements in details and to propose possible modifications, without any prior obligations on your side, would be necessary in 2-3 weeks - in any case prior to any decisions. Naturally we would bear the cost of such a visit.

In the attachment you can find a description of BIOGRADEX® technology®, implemented in the Käppala water treatment plant. Please contact us in case of any doubts or questions. The documentation will be mailed to you tomorrow. Regards,

FOR AND ON BEHALF OF
BIOGRADEX-HOLDING LTD

.....

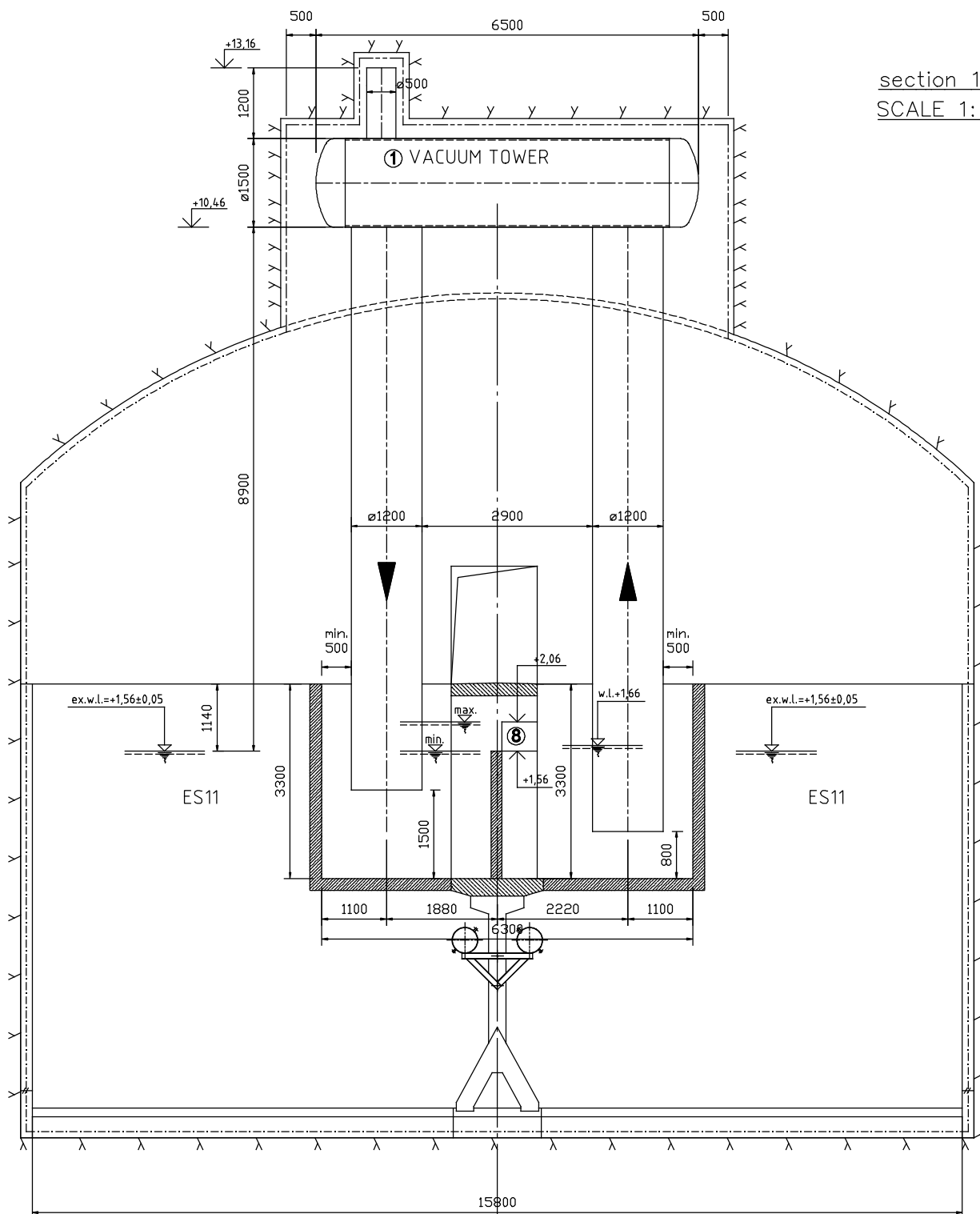
FLOWCHART & HYDRAULIC PROFILE



LEGEND

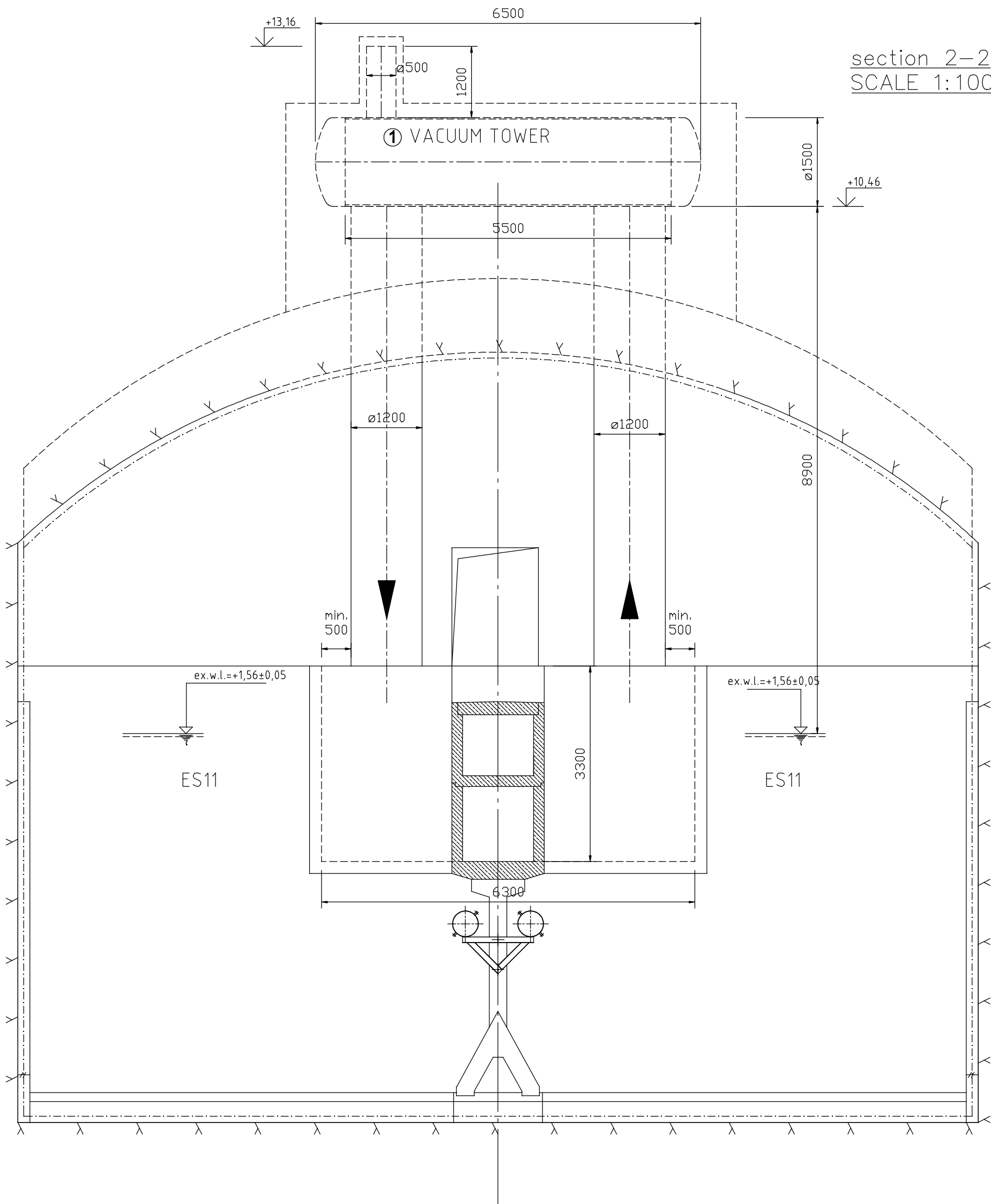
- 1 VACUUM TOWER
- 2 VACUUM PUMP
- 3 VACUUM LINE
- 4 CIRCULATING WATER
- 5 CIRCULATING WATER COOLER
- 6 WATER TANK
- 7 CLEAN WATER
- 8 STORM OVERFLOW
- 9 FOAM DESTRUCTION AREA

BIOGRADEX Holding Sp. z o.o. 82-300 ELBLAG ul. Robotnicza 55/10 <i>BIURO I PRACOWNIA:</i> ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR
TEMA: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Kępala		1
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		BRANZA:
NAZWA RYS.: FLOWCHART & HYDRAULIC PROFILE		TECHNOLOGIA
GL. projektant: mgr inż. Andrzej Gólc upr.4/EL/75 Zespół autorski: mgr inż. Krzysztof Gluchowski		FAZA:
DATA: 08.2011		konceptcja
SKALA:		DATA
UMOWA: 0		SKALA
sprawdził:		UMOWA



section 1-1
SCALE 1:100

BIOGRADEX^y Holding Sp. z o.o. 82-300 ELBLĄG ul. Robotnicza 55/10		RYS. NR
BIURO / PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL/FAX: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 230 43 00; (0-55) 642 19 01 e-mail: biogradex@biogradex.pl		3
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS: section 1-1		DATA 08.2011
Gł. projektant mgr inż. Andrzej Gólc upr.4/EL/75 Zespół autorski mgr inż. Krzysztof Głuchowski		SKALA 1:100
sprawdzit		UMOWA 0



BIOGRADEX^y 82-300 ELBLĄG ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR
BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		4
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section 2-2		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński upr.4/EL/75 Zespół autorski : mgr inż. Krzysztof Głuchowski		SKALA 1:100
sprawdzit		UMOWA 0

section
SCA

1 VACUUM TOWER

122000 FRLN CL FT31

-122.00

+10.46

+7.90

CL FT42

+6.90

8900

1100

2 vacuum pump PW 7.24

+3.75

+2.76

platform maintenance

ex.w.l.=+1,56±0,05

w.l.+2,06

+2,70

w.l.+2,06

w.l.+1,66

-0,60

1800

-3,90

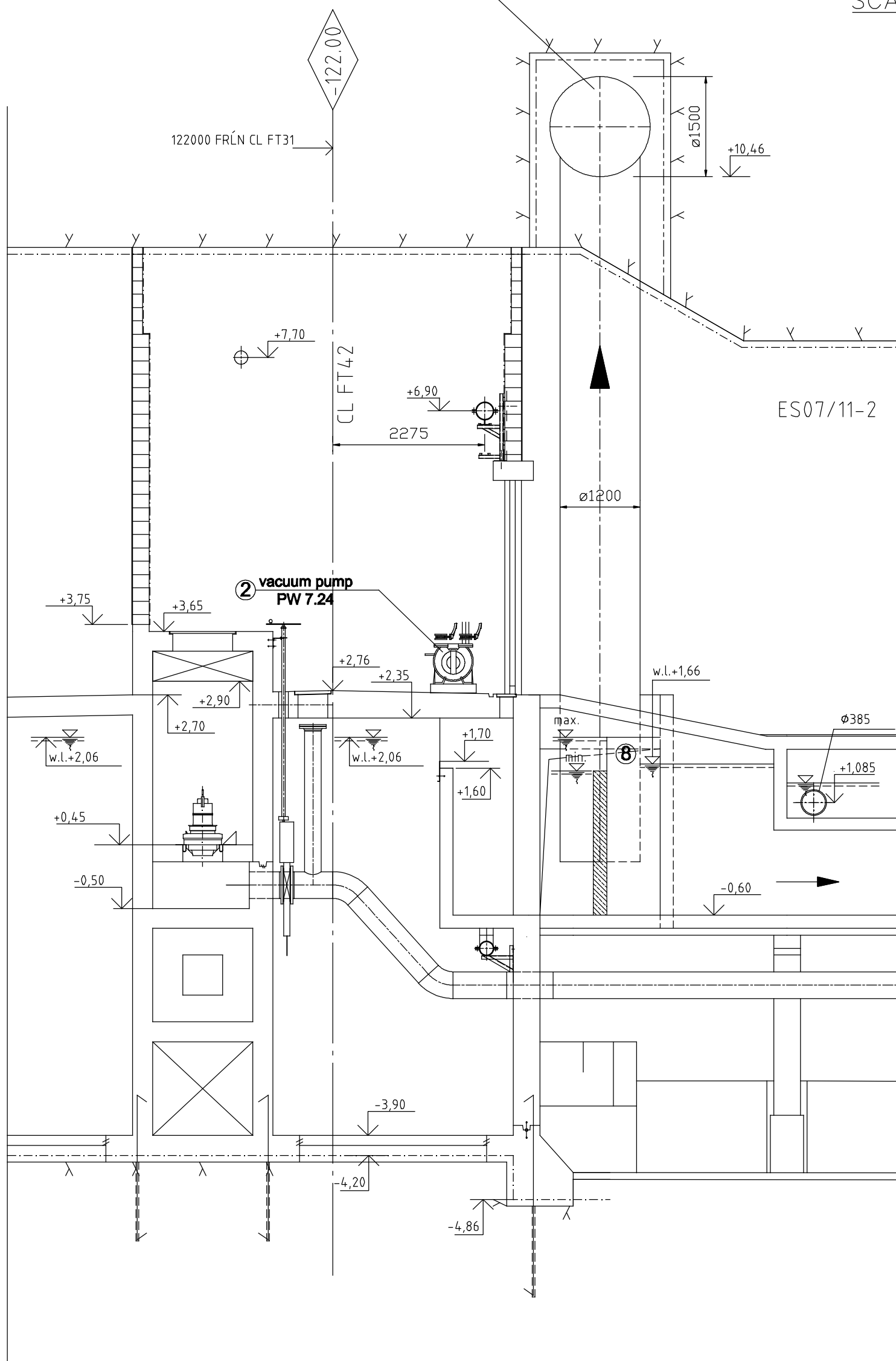
-4,20

-4,86

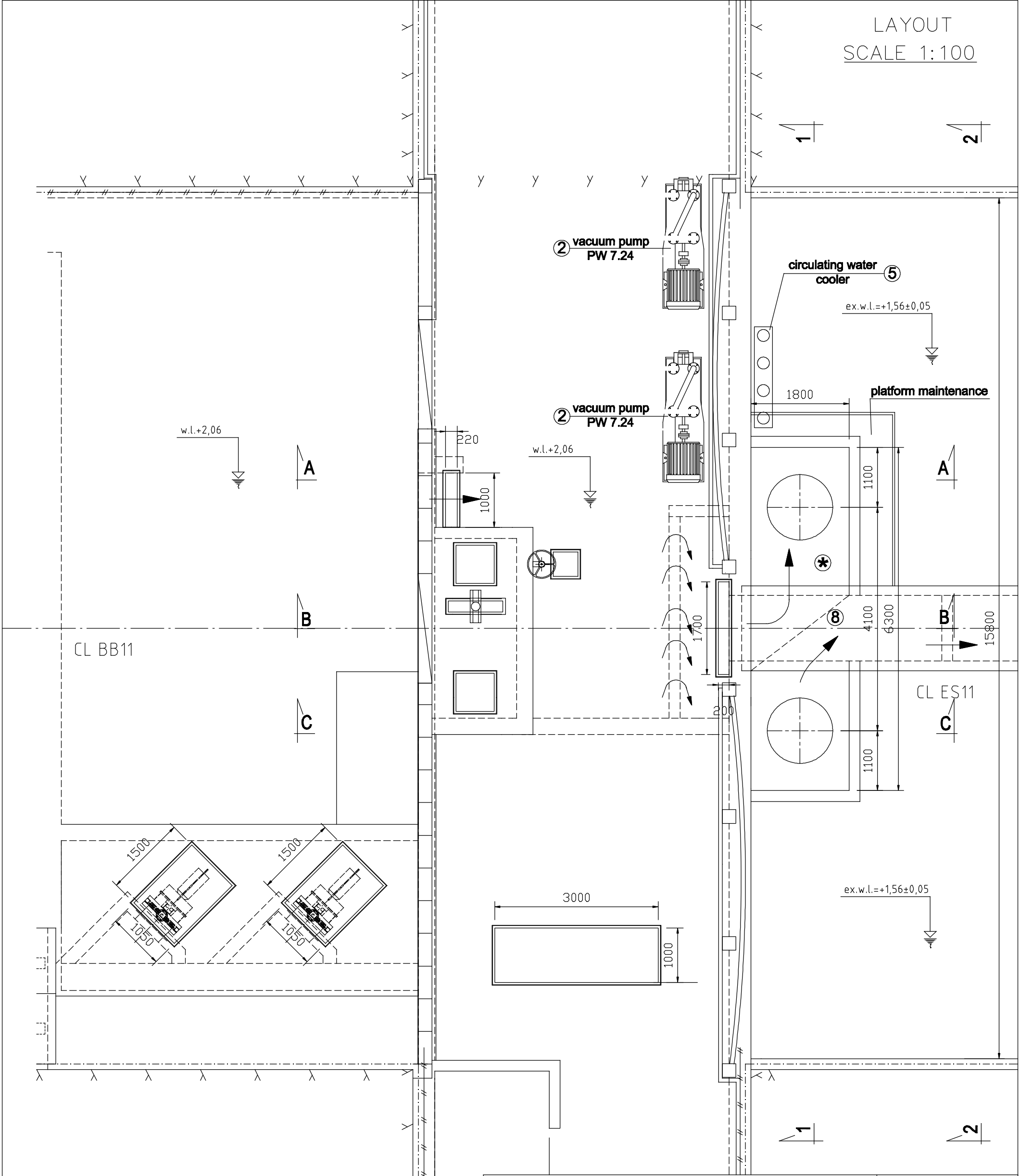
ES07/11-2

<i>BIOGRADEX^y</i>		RYS. NR 5
Holding Sp. z o.o. ul. Robotnicza 55/10 82-300 ELBLĄG		
BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section A-A		DATA 08.2011
		SKALA 1:100
		UMOWA 0
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński Zespół autorski : mgr inż. Krzysztof Głuchowski		

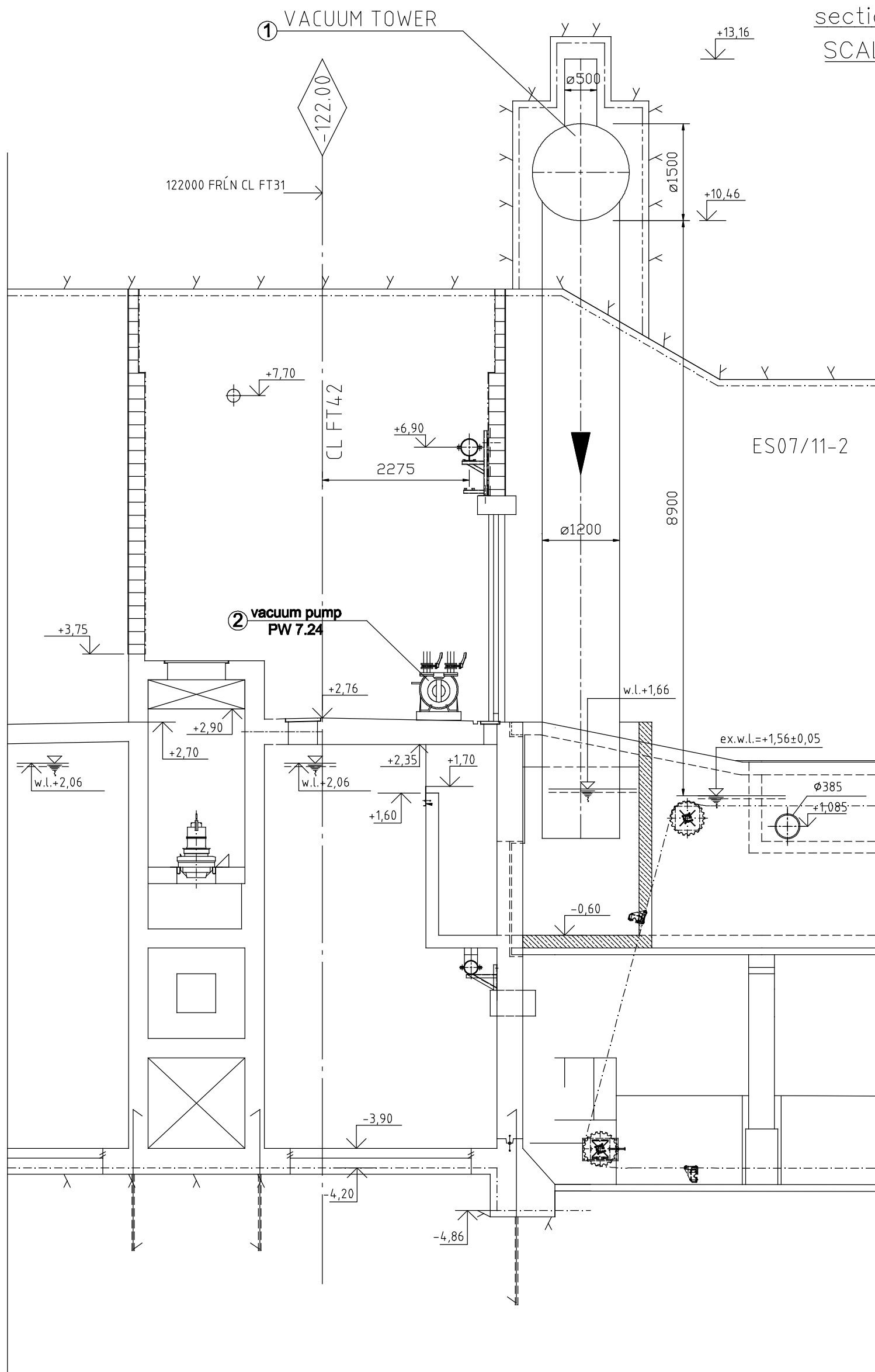
section B-B
SCALE 1:100



		Holding Sp. z o.o. ul. Robotnicza 55/10		RYS. NR 6
82-300 ELBLĄG				
BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl				
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA		
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja		
NAZWA RYS.: section B-B		DATA 08.2011		
		SKALA 1:100		
		UMOWA 0		
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński Zespół autorski : mgr inż. Krzysztof Głuchowski				
sprawdzit				



BIOGRADEX 82-300 ELBLĄG BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR 2
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: konsepcja
NAZWA RYS.: LAYOUT		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński Zespół autorski : mgr inż. Krzysztof Głuchowski		SKALA 1:100
sprawdził		UMOWA 0



BIOGRADEX^y Holding Sp. z o.o. 82-300 ELBLĄG ul. Robotnicza 55/10		RYS. NR
BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		7
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section C-C		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólcz upr.4/EL/75 Zespół autorski mgr inż. Krzysztof Gluchowski		SKALA 1:100
sprawdzik		UMOWA 0

section C-C
SCALE 1:50

VACUUM TOWER
+13,16
handle for assembly

~180kN

+10,46

~155kN

ES07/11-2

8900

ø1200

ex.w.l.=+1,56±0,05

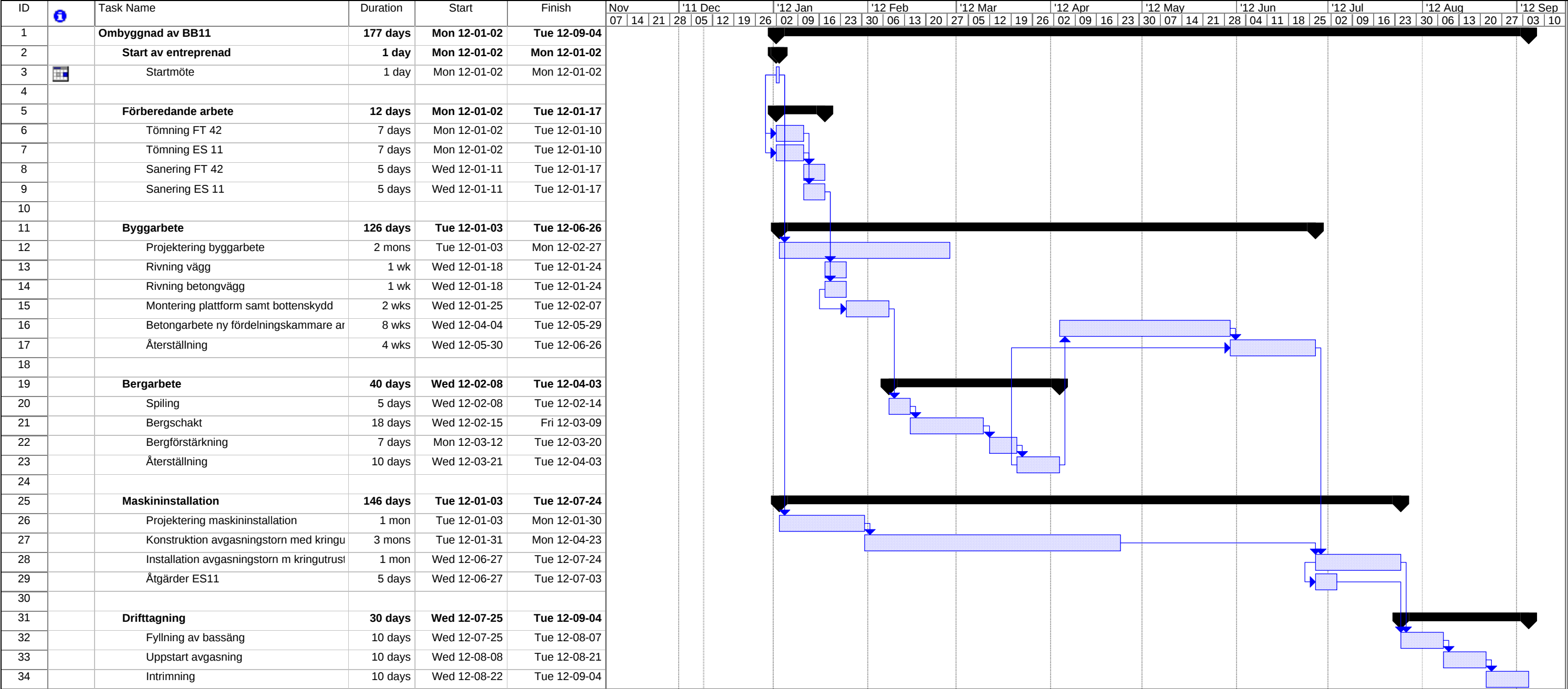
w.l.+1,66

vacuum pump
PW 7.24

+1,70

BIOGRADEX^y 82-300 ELBLĄG BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR 8
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: KONSTRUKCJA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section C-C		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólcz upr.4/EL/75 Zespół autorski inż. Andrzej Łasiński upr.70/EL/76 techn. Katarzyna Rabiega		SKALA 1:50
sprawdził		UMOWA 0

Bilaga 5: Genomförandetidplan



Project: Tidplan
Date: Fri 11-12-09

Task



Progress



Summary



External Tasks



Deadline



Split



Milestone



Project Summary



External Milestone

