

Syvab

Förstudie läkemedelsrening Syvab

Principförslag GAK- filter

Slutgiltig
2019-10-25

Vi Värnar
Vårt
Vatten

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag läkemedelsrening GAK-filter Syvab	Sida:
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Projektbeskrivning förstudie läkemedelsrening	1
1.2	Syfte.....	2
2.	Organisation.....	2
3.	Dimensionerande förutsättningar.....	5
3.1	Dimensionerande flöde	5
3.2	Dimensionerande föroreningsbelastning.....	6
3.3	Processparametrar läkemedelsrening.....	7
3.4	Placering.....	9
4.	Sammanfattning principlösning läkemedelsrening.....	10
5.	Process och maskin.....	12
5.1	Gränssnitt mot befintlig anläggning	12
5.2	Förutsättningar mark, höjdsättning och hydraulik	12
5.3	Redundans	13
5.4	Anläggningsdata och processparametrar	14
5.5	Riskbedömning och arbetsmiljö.....	17
5.6	Process- och funktionsbeskrivning.....	17
5.6.1	Inloppspumpstation GAK-filter	17
5.6.2	Fördelning av inkommande flöde.....	19
5.6.3	Filterpar med mellanpump.....	19
5.6.4	Självfallsledning till utlopp	23
5.6.5	Backspolning.....	25
5.6.6	Byte av kol och kolhantering	26
5.7	Hydraulik	28
5.7.1	Utloppskanal B444 och pumpstation	28
5.7.2	Kanaler till kolfilter	29
5.7.3	Kolfilter.....	29
5.7.4	Backspolning.....	30
6.	Grundläggning och markarbeten.....	31

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag läkemedelsrening GAK-filter Syvab	Sida:
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

7.	Byggkonstruktion.....	31
7.1	Rumsbeskrivning.....	31
7.2	Konstruktion.....	31
8.	VVS.....	31
9.	EI- och styr	32
10.	Genomförandeplan.....	32
11.	Kostnadsbedömning	33
11.1	Investeringskostnader.....	33
11.2	Driftkostnader.....	34
11.3	Årskostnader	34
12.	Diskussion.....	35
13.	Rekommendationer till vidare arbeten	37

Bilagor

Bilaga 1 PM designparametrar

Bilaga 2 Hydraulisk profil

Bilaga 3 Kostnadskalkyl

Ritningar

Se Ritningsförteckning

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 1(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

1. Inledning

Syvab genomför under december 2018-november 2019 en förstudie för läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket, till stor del finansierad av Naturvårdsverket.

Detta principförslag har tagits fram under april-september 2019, som en del av denna förstudie.

1.1 Projektbeskrivning förstudie läkemedelsrening

På Himmerfjärdsverket står en om- och utbyggnation för dörren, det så kallade NKH-projektet (Nya Krav Himmerfjärdsverket). Det kommer att leda till ett reningsverk med modern reningsteknik och hög reningskapacitet med avseende på organiskt material och näringsämnen. Att därtill lägga ett reningssteg för rening av läkemedel och andra mikroföroreningar ser Syvab som ett nästa steg. I Syvabs ägardirektiv står att Syvab ska arbeta för att, när den nya processanläggningen är i drift, även kunna hantera läkemedelsrening. Detta för att ytterligare förbättra möjligheterna för goda miljöförhållanden i Himmerfjärden och Östersjön i stort.

Avsikten med förstudien är att ta fram ett beslutsunderlag i vilket nyttan med och kostnaderna för läkemedelsrening beskrivs. Beslutsunderlaget ska innehålla en rekommendation till VD och styrelse. Är förutsättningarna de rätta ska detta kunna leda till ett investeringsbeslut.

Förstudien har utförts i tre delar. Den första delen, teknikutredningen, utfördes under januari-april 2019, med syfte att vaska fram ett urval av reningstekniker och substanser som nästkommande del av förstudien ska inriktas på. I teknikutredningen undersöktes följande tekniker med avseende på bland annat teknikomognad, ekonomi (i grova drag), reningseffekt, logistik, miljö och kompatibilitet med det framtida Himmerfjärdsverket.

- Granulerat aktivt kol efter MBR (MBR-GAK)
- Pulveriserat aktivt kol efter MBR (PAK)
- Pulveriserat aktivt kol i MBR (PAK-MBR)
- Ozon
- Ozon och biologisk efterbehandling

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 2(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Resultatet från detta arbete sammanställdes i rapporten *Förstudie läkemedelsrening Syvab - Teknikutredning* (Ramboll, 2019-04-12).

Utifrån teknikutredningen fattade projektets styrgrupp beslut om att gå vidare med att ta fram ett principförslag för filtrering av utgående vatten från MBR-anläggningen med granulerat aktivt kol (GAK). Principförslaget omfattar en teknisk lösning för en GAK-filteranläggning, layout, investerings-, drift- och årskostnader. Principförslaget presenteras i denna rapport med bilagor.

Förekomsten av läkemedelssubstanser och andra mikroföroreningar i Himmerfjärdsverkets utgående avloppsvatten samt recipienten studeras också inom förstudien. En screening över vattnets innehåll har gjorts under februari-juli 2019. Påverkan av utvalda substanser på miljön och dess spridning i recipienten analyseras. Detta arbete sammanställs i rapporter av IVL och Stockholms universitet.

Den tredje och sista delen av förstudien innebär framtagande av en sammanfattande rapport som utgör beslutsunderlag samt slutrapport till Naturvårdsverket. Denna kommer att levereras i slutet av oktober 2019.

1.2 Syfte

Syftet med principförslaget är att ta fram en teknisk lösning för läkemedelsrening med granulerat aktivt kol (GAK). Principförslaget innehåller dimensionerande förutsättningar, process- och anläggningsdesign, genomförandeplan samt kostnadsbedömning.

2. Organisation

Principförslaget har sammanställts av Ramboll med stöd och granskning av styrgruppen och projektgruppen för projektet. Christian Baresel och Andriy Malovanyy på IVL har bistått med expertkunskap gällande designdata. Syvab har tagit fram underlag för dimensionering, placering, kunskap om befintlig anläggning samt granskat rapporten.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 3(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Styrgrupp för Syvabs förstudie för läkemedelsrening består av:

Namn	Organisation	Funktion
Sara Söhr	Syvab	Processchef, projektägare
Carl-Olof Zetterman	Syvab	VD, ombud
Lars-Göran Zetterman	Syvab	Administrativ chef
Victor Kårelid	Syvab	Specialist läkemedelsrening
Heidi Lemström	Syvab	Processingenjör
Therese Paulander	Syvab	Projektadministratör
Johanna Grim	Ramboll	Projektledare
Petter Björkman	Ramboll	Projektledare för NKH (Nya Krav Himmerfjärdsverket), om- och utbyggnad av Himmerfjärdsverket

Projektgruppen för Syvabs förstudie för läkemedelsrening består av:

Namn	Organisation	Funktion
Johanna Grim	Ramboll	Projektledare/uppdragsledare Ramboll
Sara Söhr	Syvab	Projektägare
Carl-Olof Zetterman	Syvab	Rådgivare
Lars-Göran Zetterman	Syvab	Ekonomi
Victor Kårelid	Syvab	Expert process
Heidi Lemström	Syvab	Process
Therese Paulander	Syvab	Projektadministratör
Petter Björkman	Ramboll	Expertstöd, utbyggnad av Himmerfjärdsverket
Karolina Furgal	Ramboll	Omvärldsanalys
Peter Ek	Ramboll	Teknikansvarig process
Sara Frid	Ramboll	Process
Christian Baresel	IVL	Uppdragsledare IVL/expert
Andriy Malovanyy	IVL	Process
Marlene Ågerstrand	Stockholms universitet/ ACES	Expert, miljöpåverkan
Jakob Walve	Stockholms universitet	Expert, provtagning

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 4(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Rambolls arbetsgrupp för principförslaget har bestått av:

Namn	Funktion
Johanna Grim	Uppdragsledare
Petter Björkman	Expertstöd, utbyggnad av Himmerfjärdsverket
Karolina Furgal	Omvärldsanalys
Peter Ek	Teknikansvarig process
Sara Frid	Process
Johan Carlsson	Teknikansvarig maskin, layout
Mattias Karlsson	Teknikansvarig hydraulik
Felix Brogren	Handläggare process/maskin
Gustav André	Ansvarig ritningar

Postadress

Himmerfjärdsverket
147 92 Grödinge

Säte

Stockholm

Org.nr.

556050-5728

Telefon

08 410 776 00

Telefax

08 530 270 08

E-post

info@syvab.se

Internet

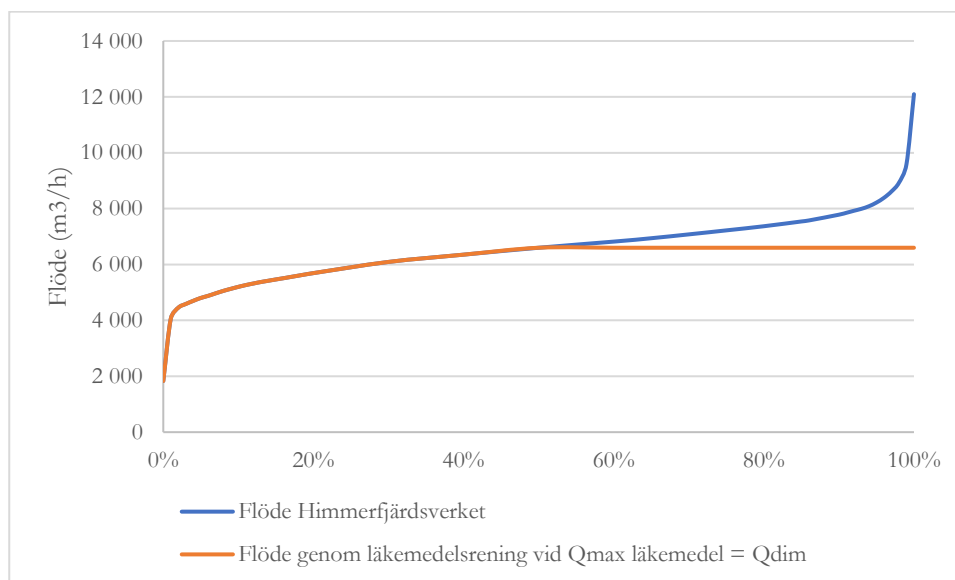
www.syvab.se

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 5(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

3. Dimensionerande förutsättningar

3.1 Dimensionerande flöde

Det dimensionerande maxflödet för läkemedelsreningen (Q_{\max} läkemedelsrening) är framtaget med hjälp av prognosticerade flödesdata för år 2040 och har för denna utredning valts till att vara samma som Q_{\dim} för biosteget (6 600 m³/h). Detta val stärks av de massbalansberäkningar som gjordes i Teknikutredning läkemedelsrening (daterad 2019-04-12) och som visar på att 94 % av årsvolymen renat avloppsvatten renas i läkemedelsreningen vid detta val (se Figur 1).



Figur 1 Varaktighetsdiagram för Himmerfjärdsverket år 2040. Om kapaciteten för läkemedelsreningen sätts till Q_{\dim} , 6 600 m³/h, (orange linje) behandlas 94 % av det totala flödet i läkemedelsreningen.

Dimensionerande maxflöde för läkemedelsreningen presenteras i Tabell 1. För mer detaljerad information om dimensionerande flöde hänvisas till Teknikutredning läkemedelsrening (daterad 2019-04-12).

Tabell 1 Dimensionerande maxflöde in till läkemedelsreningen.

Parameter	Enhet	Värde
Q_{\max} läkemedelsrening	m ³ /h	6 600
Q_{\max} läkemedelsrening	m ³ /d	158 400

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 6(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

3.2 Dimensionerande föroreningsbelastning

Reningsstegen före läkemedelsreningen består av grovrening, försedimentering, aktivt slam med stegbeskickning samt membranfiltrering. Membranfiltreringen (MBR) är i detta principförslag en förutsättning för läkemedelsreningen (GAK) och det är därför viktigt att notera att MBR + GAK-filter ses som ett system. Föroreningshalterna för inkommande avloppsvatten till läkemedelsreningen presenteras i Tabell 2. För TSS och turbiditet baseras förutsättningarna på de krav som ställts vid upphandling av membranfilteranläggning, medan DOC-halten baseras på utgående halt från Himmerfjärdsverket idag. Vad gäller DOC-halt behöver halten ut från membranfilteranläggningen därför klarläggas för en korrekt dimensionering.

Tabell 2 Förutsättningar för inkommande avloppsvatten till läkemedelsreningen.

Parameter	Enhet	Värde
TSS (dygnsmedevärde)	mg/l	<1 ¹
Turbiditet (dygnsmedevärde)	NTU	<0,5 ¹
DOC	mg/l	<10–15 ²

1) Kvalitetskrav enligt förfrågningsunderlag för MBR, daterat 2019-03-01.

2) Utgående halt från Himmerfjärdsverket idag ligger som medel och median på ca 12 mg/l, medan ca 70 % av värdena ligger i intervallet 10–15 mg/l. Baserat på analysresultat för jan 2018-april 2019, erhållna av Kårelid, V., personlig kontakt 2019-04-12. Värdena bedöms bli lägre med framtida process.

Vad gäller belastning avseende läkemedelssubstanser finns resultat dels från kartering av mikroföroreningar som utfördes vid Himmerfjärdsverket 2014¹, dels från de tre provtagningar på inkommande och utgående avloppsvatten som hittills utförts under detta projekt². Resultaten för karteringen och provtagningarna redovisas i respektive rapport. Utöver halter av läkemedelssubstanser i inkommande och utgående avloppsvatten presenteras i resultaten även erhållen reningsgrad i befintligt avloppsreningsverk samt använda PNEC-värden (Predicted No Effect Concentration, den högsta koncentrationen av en substans som inte förväntas ge negativa effekter) och beräknad riskkvot (förhållande mellan halt i recipienten och PNEC).

¹ Baresel & Malovanyy, *Införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket – Sammanställning av tidigare undersökningar vid Himmerfjärdsverket*, IVL 2019

² Baresel & Malovanyy, *Förstudie för införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket – Provtagning, analys och bedömning av reningsbehovet*, IVL 2019

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 7(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

3.3 Processparametrar läkemedelsrening

I inledningen av arbetet med principförslaget fattade projektets styrgrupp beslut om att anläggningen ska kunna drivas med två filter i serie. Detta baseras på bedömning om längre livslängd för det aktiva kolet, se Bilaga 1. En översiktlig kostnadsbedömning visade att en ökad investeringskostnad och driftkostnad för pumpning mellan filtren bedöms uppvägas av minskade kostnader för aktivt kol. Ramboll har inte hittat några fullskalereferenser för tvåstegs GAK-filter och endast ett fåtal försök i pilotskala. Vid framtagande av förslag på designparametrar har därför olika sorters källor både avseende parallella och seriekopplade GAK-filter behövt nyttjats, som t.ex. resultat från försök i pilot- och fullskala avseende avloppsvatten, erfarenheter från branschkollegor samt implementering vid rening av dricksvatten. Dessa referenser och erfarenheter presenteras i Bilaga 1 (PM designparametrar) samt sammanfattas nedan.

Underlag angående ytbelastning har sammanställts från pilotförsök, kollegor i branschen samt andra studier. Framtaget underlag varierar mellan ca 4 och 12,5 m/h. Eftersom filterarean kommer påverkas av vald ytbelastning har en ytbelastning på ca 10 m/h valts för att kunna ge en kostnadsrealistisk filterarea (se Bilaga 1).

Tidigare erfarenheter tyder på att kontakttiden (empty bed contact time, EBCT) tillsammans med det inkommande vattnets DOC-halt har en stor påverkan på kolets livslängd. I försök gjorda på enstegsfilter har en kontakttid på 10–15 minuter visat på en god reduktion av läkemedelsrester, medan andra aktörer i branschen rekommenderar en kontakttid runt 7–10 och upp till 25 min. Enligt försök i Schweiz krävs det en kontakttid på ca 25 min för att uppnå kostnadseffektiv reduktion av mikroföroreningar. Eftersom en relativt hög ytbelastning valdes föreslås kontakttiden sättas med mer säkerhetsmarginal, i detta principförslag har den satts till 25 min, dvs 12,5 min per filter (se Bilaga 1).

Vad gäller livslängden på det aktiva kolet, hur många behandlade bäddvolymmer (empty bed volumes, EBV) som kan uppnås, finns det mycket begränsat med underlag för tvåstegsfilter med GAK. Därför föreslås det att IVL:s rekommendation angående bäddvolymmer för tvåstegsfiltrering används. IVL rekommenderar (se Bilaga 1) att ansätta två olika scenarier för antal EBV, ett ”värsta” scenario på 20 000 EBV och ett ”bästa” scenario på 50 000 EBV.

Backspolningshastigheten med vatten föreslås här sättas till 30 m/h (vanligen rekommenderas 20–30 m/h) och spoltiden ansätts till 15 min per filter, två gånger i veckan. Vid beräkningar har det ansatts att varje filterpar är ur drift totalt ca 1 h vid backspolning, dvs. båda filtren i ett filterpar backspolas vid samma tillfälle (dock efter varandra).

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 8(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Designparametrarna är framtagna utifrån underlag från leverantörer, andra aktörer i branschen samt tidigare utförda studier. Underlaget är begränsat då det inte finns något avloppsverk som i fullskala använder sig av seriekopplade GAK-filter. Med detta processval följer att det är en förutsättning att försök under längre tid och i större skala genomförs för att kunna verifiera de antagna processparametrarna. I tabellen nedan redovisas förslag till designdata utifrån det underlag som tagits fram. För mer djupgående detaljer om framtagna underlag se Bilaga 1.

Tabell 3 Slutliga förslag till designdata.

Parameter	Enhet	Valt värde
Kontaktid per filter, EBCT	min	12,5
Total kontaktid över ett filterpar, EBCT	min	25
Ytbelastning per filter, vid Q_{dim}	m/h	10
Bäddvolym, EBV	-	20 000/ 50 000
Höjd filterbädd	m	2,0
Backspolningshastighet, vatten	m/h	30

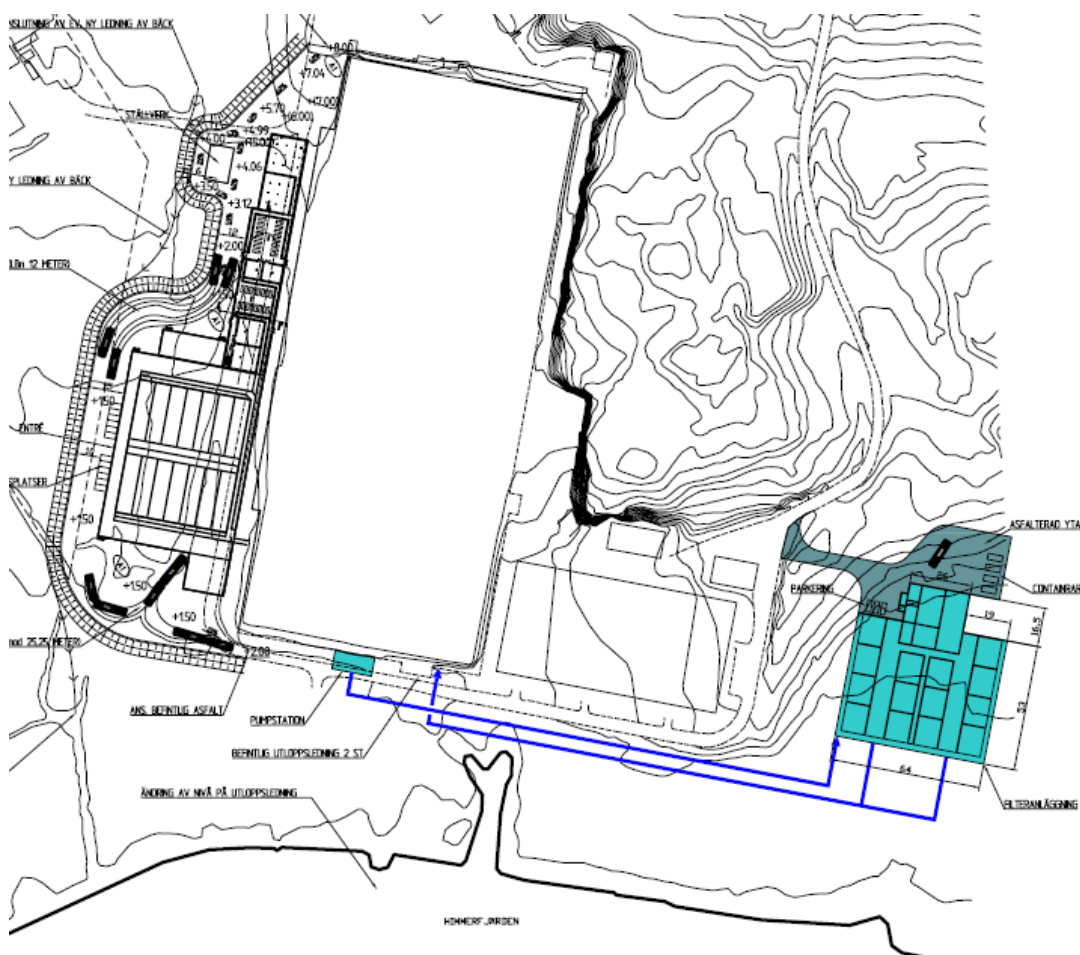
Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 9(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

3.4 Placering

Olika möjligheter för placering av en läkemedelsreningssystem har diskuterats i projektets styrgrupp. Ytan väster om den framtida membranläggningen reserveras för vattenpark och för att i framtiden ha möjlighet att ytterligare bygga ut Himmerfjärdsverket för ökad belastning. Ytan söder om bassängblocket har valts bort pga. dåliga geotekniska förutsättningar med hög grundvattennivå, vilket innebär stora byggkostnader.

En ny GAK-filteranläggning placeras därför öster om bassängblocket, se situationsplan och Figur 2.

Eventuellt kan delar av befintlig byggnad inrymmande flotation och sandfilter användas för vissa funktioner, detta får utredas i ett senare skede.



Figur 2 Situationsplan ny GAK-filteranläggning.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 10(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

4. Sammanfattning principlösning läkemedelsrening

I detta avsnitt sammanfattas den tekniska lösningen för att ge en övergripande förståelse för anläggningens uppbyggnad. Se vidare kapitel 5, ritningar och flödesscheman.

Från membranfilterbyggnaden leds renat avloppsvatten via utloppskanalen mot utloppsbrunnen. Före utloppsbrunnen anläggs en ny pumpsump, från sumpen pumpas flödet till filteranläggningens inloppskanal. Kanalen distribuerar sedan ut flödet till de 14 filterparen. Filtren utgörs av öppna nedströmsfilter och filterparen är utformade så att båda filtren i ett par kan agera som det första filtret.

Vattnet släpps in i det första filtret i ett filterpar via en inloppslucka, filtratet från det första filtret leds till en mellanpump som pumpar upp flödet till toppen av det andra filtret i serien. När flödet har passerat båda filtren i paret så leds det via självfall till anläggningens gemensamma utloppsledning. Utloppsledningen leder det filtrerade avloppsvattnet till utloppskanalen från HFR (högflödesrening), varifrån det sedan leds till utloppstuber och recipienten.

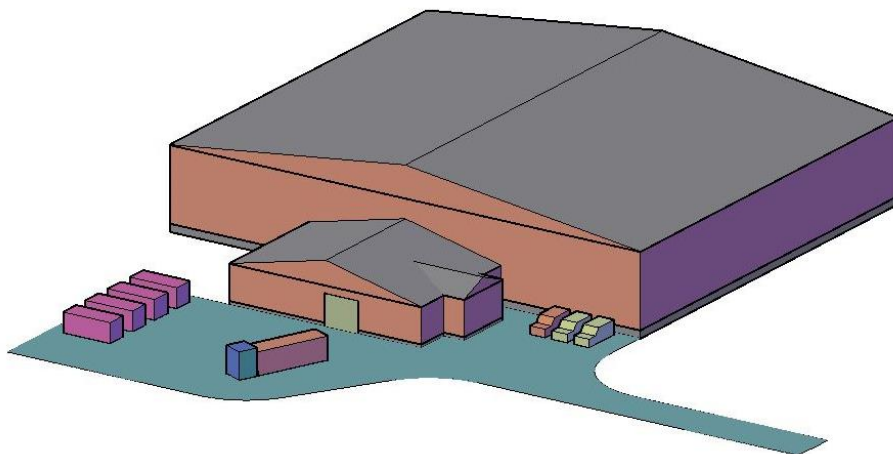
I filteranläggningen finns utöver de 14 filterparen även bufferttankar för backspol- och spolavloppsvatten samt plats för tömning och påfyllning av kol. Backspolvattnet tas från en ledning som förbinder utloppsledningen från GAK-filter 1–7 med utloppsledningen från GAK-filter 8-14. När ett filter behöver backspolas så pumpas luft från blåsmaskiner och vatten från backspoltanken in i filterbottensystemet. Vid backspolning ställs hela filterparet av och båda filtren spolas efter varandra. Efter backspolning leds spolavloppsvattnet till ytterligare en bufferttank via självfall, där hamnar spolavloppet till dess att det pumpas vidare till MBR-anläggningen. Utöver spolavlopp leds även första filtrat samt rejektvatten från kolbyte till spolavloppstanken.

Kolbyte sker när kolet i ett filterpar når genombrott, dvs. då man ser en kraftig ökning av läkemedelssubstanser i utgående vatten vilket innebär att reningsgraden har minskat väsentligt. Då byts kolet i det första filtret i filterparet. Efter påfyllnad av nytt kol vänds ordningen på filtren, så att filtret med det nya kolet hamnar sist i filterparet. Tömning görs via en ejektorpump som används för att suga upp kolet och sedan blanda det med drivvatten för att göra det pumpbart. Kolet pumpas till en container där det avvattnas.

Nytt kol tillsätts genom att det blandas med vatten och sedan pumpas in i filtret direkt från bulkbilen via samma system som används vid tömning.

Figur 2 visar situationsplan för den nya anläggningen och Figur 3 visar en 3D-illustration.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 11(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:



Figur 3 Illustration GAK-filteranläggning.

Postadress

Himmerfjärdsverket
147 92 Grödinge

Säte

Stockholm

Org.nr.

556050-5728

Telefon

08 410 776 00

Telefax

08 530 270 08

E-post

info@syvab.se

Internet

www.syvab.se

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 12(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

5. Process och maskin

5.1 Gränssnitt mot befintlig anläggning

Gränssnitt mot befintlig anläggning går mot utloppskanal från MBR, där ny lucka installeras för att avleda renat avloppsvatten mot inkommande pumpstation för GAK-filteranläggningen.

Renat vatten från GAK-filteranläggningen leds till utloppskanal från HFR.

Spolavloppsvatten från GAK-filteranläggningen pumpas till kanal innan MBR-anläggningen. I ett första skede av utredningen ansattes att spolavloppsvattnet skulle gå till befintlig flotationsanläggning, men då spolavloppsvattnet bedöms ha en relativt låg SS-halt har det ansetts onödigt att belasta flotationen med denna delström. Vidare går vattenfasen från flotationen till inloppet/direkt till biologin och kommer därmed att belasta biologin oavsett, vilket tidigare varit ett argument för att inte leda spolavloppsvattnet direkt till biosteget. Ytterligare ett alternativ är att ha en separat hantering av spolavloppsvattnet, t.e.x. skivfilter från vilka endast slamfasen pumpas in i membranläggningen medan vattenfasen leds till recipienten.

5.2 Förutsättningar mark, höjdsättning och hydraulik

PM Geoteknik som har tagits fram i arbetet med NKH-projektet omfattar inte det område som hänvisats för läkemedelsreningsanläggningen.

Tillgänglig nivåskillnad från utloppskanal från membranen till utloppskanalen efter HFR är ca 2,0 m. Det räcker inte för tryckförluster i rör, kanaler och GAK-filter. Det innebär att pumpning behövs till GAK-filteranläggningen.

Grundkartan för Himmerfjärdsverket indikerar att marknivån i hänvisat område ligger mellan +2,0 och +3,0 m vilket innebär att GAK-filteranläggningen kan placeras på mark alternativt något nedgrävd med vald höjdsättning. Höjdsättningen av GAK-filteranläggningen är därmed anpassad till byggnadens placering och inte till optimal hydraulik.

Observera att nivån i utloppskanalen baseras på teoretiska beräkningar. Utloppstubernas kapacitet kommer att undersökas och deras funktion att ses över i samband med NKH-projektet. Det innebär att beslutet att leda renat avloppsvatten från GAK-filteranläggningen till utloppskanal från HFR kan komma

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 13(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

att ändras eller att andra förutsättningar för hydrauliken kring utloppstuber, kanaler och utloppsbrunnar förändras.

Under projektets gång har det diskuterats huruvida det behövs pumpning mellan filtren i serie, eller om filterparen kan utformas med självfall. Tryckförlusten över filterbädden bedöms till ca 1,5 mvp, se vidare kapitel 5.7, vilket innebär behov av mellanpumpning.

Marken antas till stor del bestå av berg i dagen. Nordväst om anläggningsplaceringen finns en bergsklack. Sydost om anläggningen sluttar marken med åker/ängsmark, förmodligen sankt. De geotekniska förutsättningarna behöver säkerställas inför framtagande av systemhandling.

5.3 Redundans

För redundans behövs minst två filterpar, för att ta höjd för att ett filter backspolas samtidigt som ett filterpar är avställt för byte av filtermaterial. Dimensionering görs därmed för Q_{\max} läkemedelsrening 6 600 m³/h vid N-2. Kolbyten bedöms behöva ske 11–28 gånger per år (beroende på kolets livslängd), vilket innebär att byte måste kunna ske vid alla flödesscenarier. Planerat underhåll av annan utrustning bör läggas under perioder med lägre flöden och vid akuta underhåll kommer kapaciteten att vara något lägre, men det bedöms ändå vara tillräckligt för att uppnå ett utsläppsvillkor utformat som årsmedelvärde.

Vad gäller redundans på maskinutrustning har detta hanterats på två olika sätt. För delar som betjänar hela anläggningen, som pumpstation innan läkemedelsrening, pumpar för backspolnings-/spolavloppsvatten samt blåsmaskiner installeras en extra enhet för redundans. För mellanpumparna består redundansen i att det finns två extra filterpar (p.g.a valet av N-2, se stycket ovan) samt extra pump i lager snarare än extra installerad maskinutrustning.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 14(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

5.4 Anläggningsdata och processparametrar

Dimensionerande flöden för anläggningsdelar sammanställs i Tabell 4. I Tabell 5 presenteras anläggningsdata och processparametrar för GAK-filteranläggningen samt föregående pumpstation. Dimensioneringen för filtren är gjord vid Q_{\max} läkemedelsrening för N-2 och processparametrarna är därför angivna dels vid fullt antal filterpar (14 st), dels för det fall då två filter är avställda för backspolning/underhåll (12 st).

Tabell 4 Dimensionerande flöden för anläggningsdelar.

	Flöde, m ³ /h
Q _{max} genom läkemedelsreningen	6 600
Q _{max} per kolfilter, vid 12 av 14 filter i drift	550
Q _{max} första filtrat	550
Backspolflöde vatten, max 1 filter spolas samtidigt	1 800

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 15(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Tabell 5 Anläggningsdata för GAK-filteranläggning samt föregående pumpstation.

	Parameter	Enhet	Värde
Pumpstation till GAK-filteranläggning	Antal pumpar	st	3
	Kapacitet per pump	m ³ /h	3 300
GAK-filter	Koltyp	-	Granulerat aktivt kol, effektiv partikelstorlek 0,55–0,75 mm
	Antal filterpar	st	14
	Volym per filter	m ³	120
	Yta per filter	m ²	60
	Längd*bredd	m	10*6
	Bäddhöjd	m	2,0
	Expansion vid backspolning	%	20
	Ytbelastning vid Q _{max}	m/h	7,9
	Ytbelastning vid Q _{max} , N-2	m/h	9,2
	Uppehållstid vid Q _{max}	min	31
	Uppehållstid vid Q _{max} , N-2	min	26
	Filterbotten typ	-	Enkelbottnad, backspolning både luft och vatten
	Höjd filterbotten	m	0,21
Mellanpumpning	Antal pumpar	st	14
	Kapacitet	m ³ /h	550

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 16(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

I Tabell 6 presenteras anläggningsdata för backspolning samt hantering av backspolnings- och spolavloppsvatten.

Tabell 6 Anläggningsdata för backspolning och spolavloppsvatten.

Backspolning	Spolvattenflöde	m/h	30
	Backspolningsflöde per filter	m ³ /h	1 800
	Backspolningsflöde, medel	m ³ /h	150
	Luftflöde	Nm ³ /h	1 200–2 400
	Blåsmaskiner	st	2
Reservoar backspolvatten	Volym	m ³	150
	Antal pumpar	st	2
	Kapacitet per pump	m ³ /h	1 800
	Andel spolvatten av ink. flöde	%	2,3
Reservoar spolavloppsvatten	Volym	m ³	900
	Antal pumpar	st	2
	Kapacitet per pump	m ³ /h	250–300

I Tabell 7 presenteras anläggningsdata för uttag av förbrukat kol.

Tabell 7 Anläggningsdata för uttag av förbrukat kol.

Ejektorpumpar	Antal	st	2
	Kapacitet	m ³ /h	35
Containerutlastning	Antal containrar	st	6
	Volym per container	m ³	20

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 17(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

5.5 Riskbedömning och arbetsmiljö

Teknikutredningen visade att en viss dammbildning kan uppstå vid hantering av GAK. Detta beaktas genom att nytt GAK blandas med vatten i bulkbilen inför påfyllning av filter.

En processrisk är att GAK kan följa med spolavloppsvattnet, vilket både skulle medföra förlust av GAK samt kunna utgöra både processtekniska problem för efterföljande processteg och miljöproblem om GAK i större utsträckning hamnar i slammet. Denna risk motverkas genom en väl intrimmad backspolningsprocedur.

Arbetsmiljöaspekterna i anläggningen har beaktats vid arbetet med detta principförslag. Exempelvis åtkomst till pumpar och utrustning i rörgalleriet samt tillträde till bassänger och en naturlig rutt för rondering i anläggningen där man passerar samtliga processutrustningar på en runda. Alla pumpar placeras på ett sådant sätt att de är lätt åtkomliga för service och underhåll. Ovanför pumparna finns det fast installerad lyftutrustning för att underlätta och möjliggöra service och utbyte av delar. De flesta ventilerna och flödesmätarna är monterade under bjälklaget men bjälklaget förbereds med öppningar och luckor för att dels möjliggöra tillträde till dem men även för att underlätta då utrustningarna behöver demonteras.

Ovan GAK-filtren monteras fasta lyftutrustningar för att möjliggöra användandet av den flyttbara ejektorn.

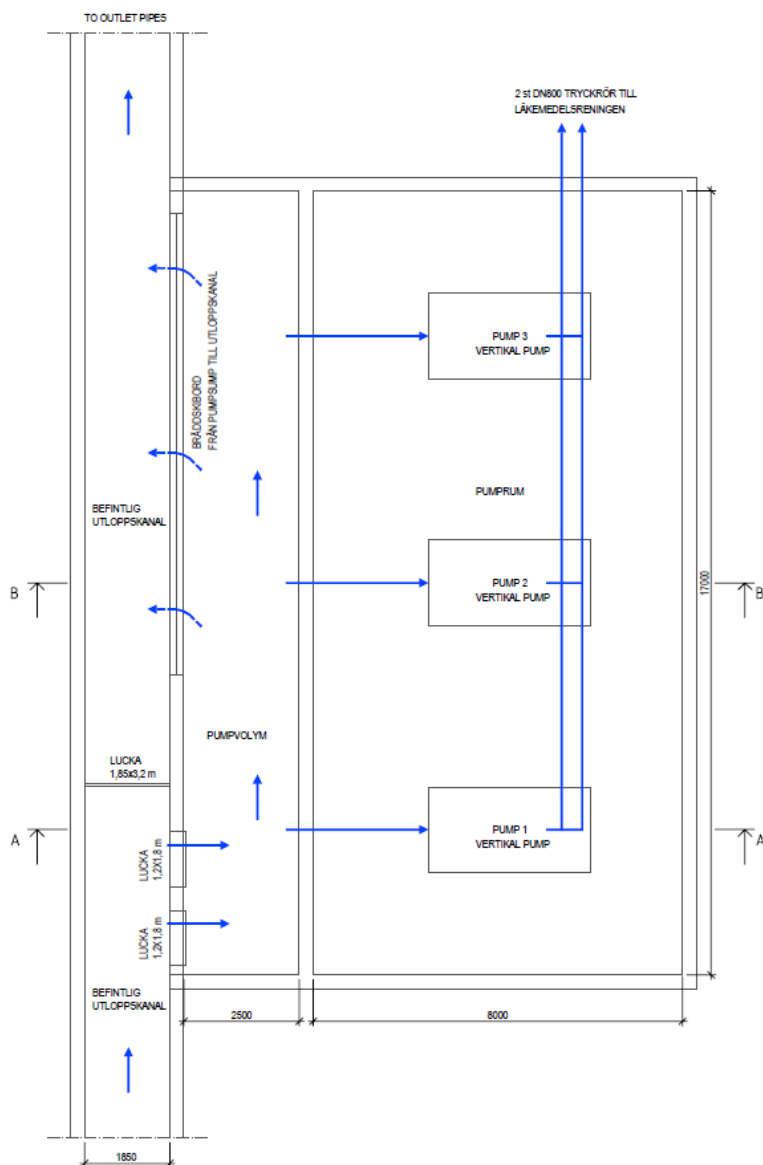
De fasta lyftutrustningarna (för pumpar, blåsmaskiner och ejektorer) förses alla med elektrisk manöver för både åkning och lyft.

5.6 Process- och funktionsbeskrivning

5.6.1 Inloppspumpstation GAK-filter

Utgående renat avloppsvatten från MBR-anläggningen leds från utloppskanalen till en ny pumpstation som placeras söder om bioblocket, mellan RA-pumpstationen (trycksatt renat avloppsvatten för internt bruk) och utloppsbrunnen. En ny lucka sätts i utloppskanalen så att allt flöde leds in till den nya pumpstationen, se Figur 4.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 18(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:



Figur 4 Skiss över ny pumpstation och inlopp från befintlig utloppskanal. Se vidare ritningskiss N-30-0-101.

Pumpstationen har tre torruppställda pumpar som maximalt tar ett flöde på 6 600 m³/h fördelat på två pumpar, en pump i redundans. Överstigande flöden leds tillbaka till utloppskanalen efter den nya luckan via ett skibord.

Tryckledningarna från pumpstationen dras under vägen och bort mot läkemedelsreningen och kommer därmed att korsa de två utloppstuber.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 19(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

5.6.2 Fördelning av inkommande flöde

Inkommande vatten fördelas över tre kanallinjer, som omfattar totalt 14 filterpar, där linje ett leder till filterpar 1–4, linje två till filterpar 5–10 och linje tre leder till filterpar 11–14. Varje filterpar består av två stycken GAK-filter i serie samt en mellanpumpningsstation.

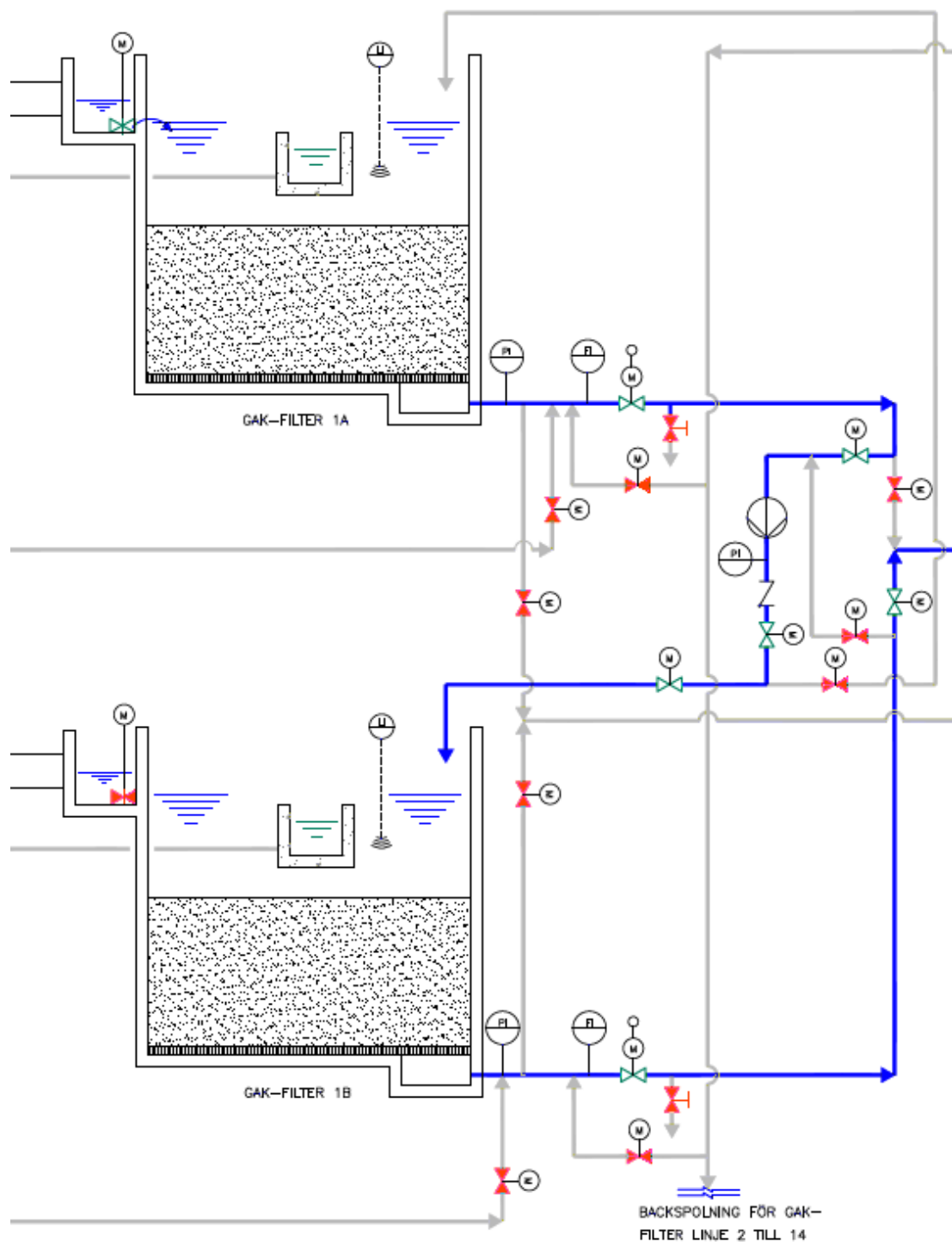
Den gemensamma inloppskanalen är utrustad med en UVA-mätare (UV-absorbans), med hjälp av vilken filterparens funktion kan kontrolleras då mängden läkemedelsrester i vattnet kan korreleras mot UV-absorbansen.

Antal filter i drift styrs på inkommande flöde från pumpstationen. Två olika driftstrategier kan tillämpas vid flöden lägre än Q_{\max} beroende på om man behöver förstärka spridningen i EBV mellan olika filterpar eller om man vill optimera funktionen hos läkemedelsreningen. Reningsresultaten optimeras genom att inkommande flöde fördelas så jämnt som möjligt mellan filterparen, för att få så lång kontakttid som möjligt i alla filter. Det är å andra sidan viktigt med spridning i antal EBV mellan olika filterpar, så att byte av förbrukat aktivt kol sker jämnt fördelat över året. För att erhålla en spridning i antalet EBV prioriteras flöde till filterpar med flest behandlade bäddvolym, vilket innebär att filterpar med nyare kol stängs av vid låga flöden.

5.6.3 Filterpar med mellanpump

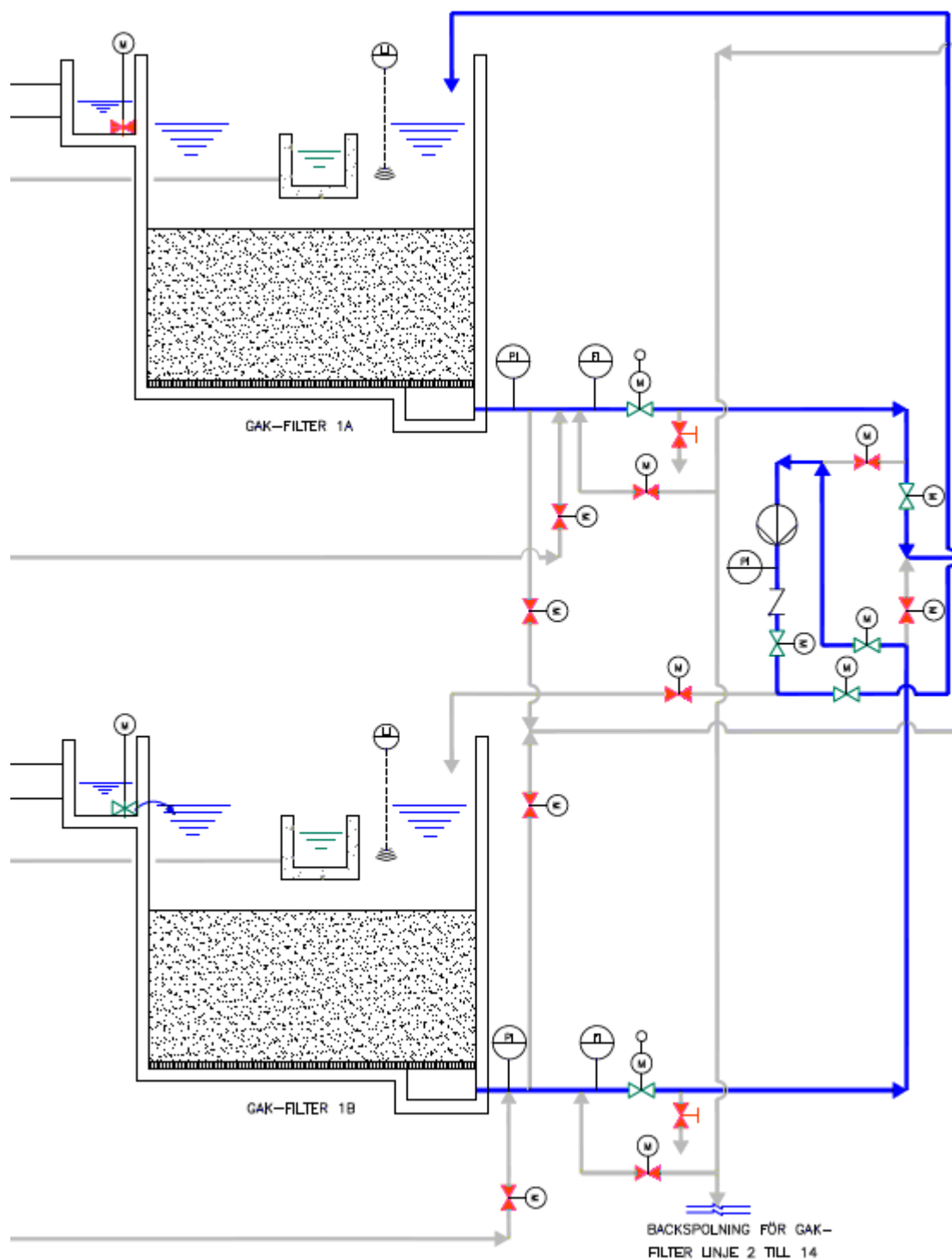
Varje filterpar består av två stycken filter där båda filtren kan agera som det första i serien. Vilket filter som är först bestäms av vilket av filtren som har äldst kol (högst antal EBV). När genombrott erhålls i filterparet byts kolet i det första filtret. När detta har utförts skiftas ordningsföljden i filterparet, så att det filtret med nyast kol alltid ligger sist i serien (se vidare avsnitt 5.6.6). I Figur 5 och Figur 6 presenteras de två olika driftsätten, med filter A respektive filter B först i serien.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 20(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:



Figur 5 Driftsätt när filter A fungerar som första filter och filter B som andra filter. Gröna ventiler är öppna. Röda, fyllda ventiler är stängda. Grå linjer är icke aktiva flöden.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 21(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:



Figur 6 Driftsätt när filter B fungerar som första filter och filter A som andra filter. Gröna ventiler är öppna, röda fyllda ventiler är stängda. Grå linjer är icke aktiva flöden.

Postadress

Himmerfjärdsverket
147 92 Grödinge

Säte

Stockholm

Org.nr.

556050-5728

Telefon

08 410 776 00

Telefax

08 530 270 08

E-post

info@syvab.se

Internet

www.syvab.se

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 22(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Vattnet från inloppspumpstationen leds via respektive kanallinje och släpps sedan in till filterparet genom inloppsluckor, där luckan i det första filtret är öppen och luckan i det andra filtret är stängd (se Figur 5 och Figur 6). Vattennivån är samma i alla filter i drift. Mellanpumpen styrs utifrån totalt inkommande flöde och antal filter i drift, jämnt fördelat över de filter som är i drift. Mellanpumpen överregleras på nivå i filtret. Mängden vatten som går in i första filtret i serien styrs därmed av flödet ut från filtret. Flödet genom det andra filtret i serien styrs med reglerventil efter filtret. Reglerventilen styrs på filtrets differensstryck genom en nivåmätare på filtrets vattenyta tillsammans med en tryckgivare vid filterutloppet. Utöver tryckgivare är varje filterutlopp även utrustat med en flödesmätare samt en provtagningskran, så att varje enskilt filters reduktionsförmåga kan kontrolleras.

Vattnet leds genom filterbädden och renas därmed på läkemedelsrester och andra mikroföroreningar. Från filterbotten leds filtratet ut till filterparets mellanpump, från vilken filtratet pumpas till toppen av det andra filtret i serien för ytterligare rening (se Figur 5 och Figur 6).

Filtratet från det andra filtret i serien leds till en gemensam utloppsledning för respektive linje och från denna leds filtratet till en utloppsledning, som ligger under inloppskanalen och är gemensam för alla filterparen.

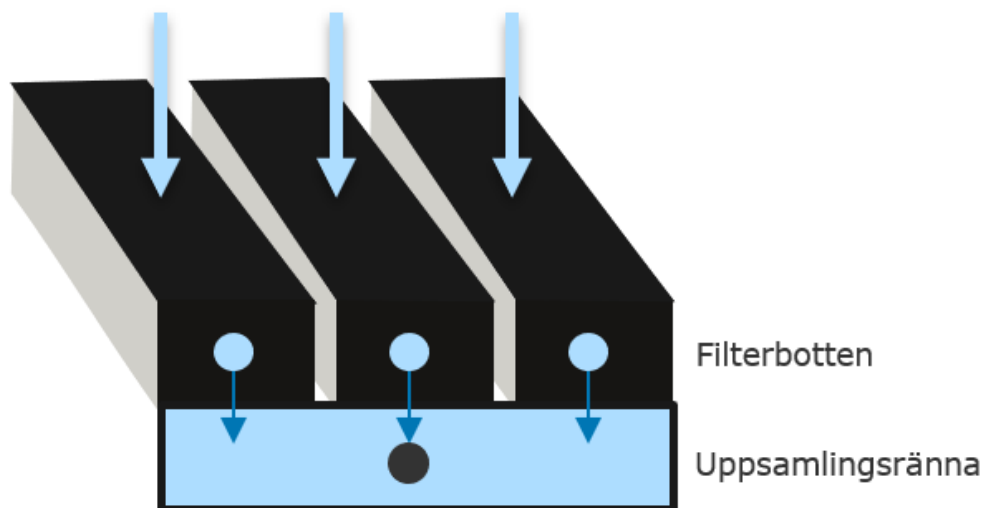
Anläggningen förses med två UVA-mätare för utgående vatten. Utgående vatten från alla filter pumpas/leds växelvis till testkärl där UVA-mätarna är placerade. Med hjälp av dessa och UVA-mätare i inkommande kanal (se 5.6.2.) kan varje filterpars funktion kontrolleras då mängden läkemedelsrester i vattnet kan korreleras mot UV-absorbansen.

Filterbotten

I botten av varje filter måste det renade vattnet föras ut ur filtret utan att kolet följer med, detta görs via ett dräneringssystem. I detta principförslag har ett enkelbottnat system valts, kompletterat med mediabehållare som eliminerar behovet av stödmaterial i filtret. Kolet kan därmed placeras direkt på filterbotten, vilket innebär att den totala volymen för varje filter minskas. Dubbelbottnat filtersystem kan också användas, men bygger mer höjd. Backspolning ska vara möjlig med både luft och vatten.

Dräneringssystemet utformas med framtillplacerad vattenränna. En illustration över hur vattenflödet passerar genom filterbotten och in i uppsamlingsrännan visas i Filterbotten används även vid backspolning, varvid vatten från backspolningstanken och luft från blåsmaskin tas in via vattenrännan för att sedan distribueras i filtret.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 23(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

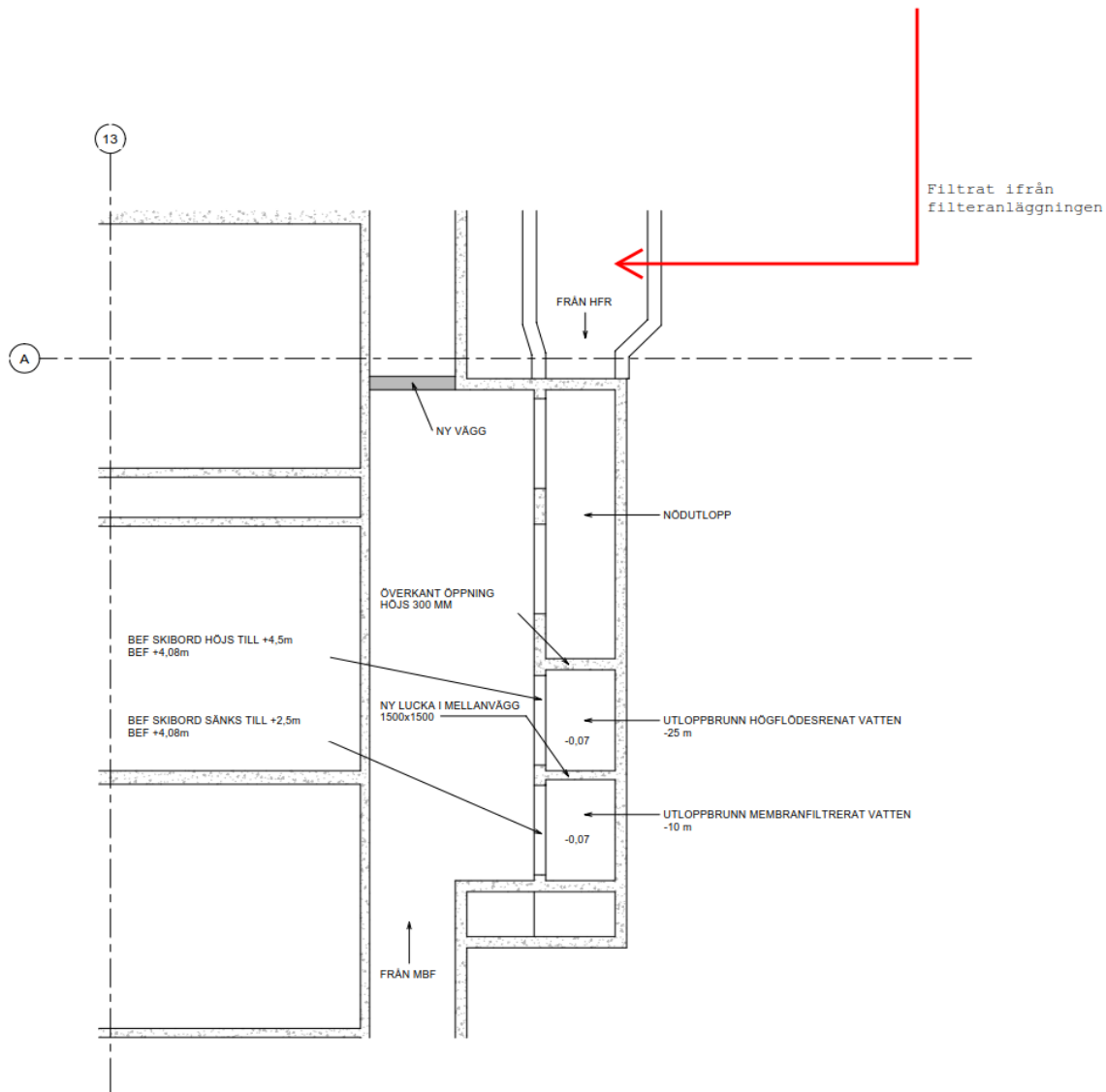


Figur 7 Illustration över vattenflöde genom filterbotten och in i uppsamlingsränna.

5.6.4 Självfallsledning till utlopp

Filtrerat avloppsvatten leds med självfall via en självfallsledning DN1500 (alternativt 2 ledningar DN1000) för anslutning till utgående kanal från högflödesreningen, se skiss i Figur 8.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 24(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:



Figur 8 Släppunkt filtrerat avloppsvatten

Postadress

Himmerfjärdsverket
147 92 Grödinge

Säte

Stockholm

Org.nr.

556050-5728

Telefon

08 410 776 00

Telefax

08 530 270 08

E-post

info@syvab.se

Internet

www.syvab.se

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 25(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

5.6.5 Backspolning

Backspolningssekvensen börjar med att inloppsluckan till filter A stängs och sedan sänks nivån i filter A, medan filter B står orört. Backspolningen körs i två etapper, först med luft alternativt både med luft och vatten för att bryta upp strukturen i kolet och sedan med endast vatten.

Efter att backspolningen är avslutad för filter A backspolas filter B på samma sätt. När filter B är backspolat tas filterparet i drift igen. Det första filtratet som passerar respektive filter i filterparet kommer dock att innehålla en del kvarvarande material från backspolningen och detta leds därför från utloppet av respektive filter direkt till spolavloppstanken. Tiden för respektive etapp under backspolningen samt för hur länge första filtrat ska bortledas ställs in manuellt och behöver trimmas in vid driftsättning av anläggningen.

Tiden mellan backspolningarna för varje filterpar styrs på mottryck i filterbädden, men överregleras så att backspolning alltid utförs när ett antal bäddvolymmer (EBV) har passerat sedan senaste backspolningen. Vid vilken EBV samt vid vilket mottryck som filtren ska backspolas behöver trimmas in under driftsättningen av anläggningen.

För att minska kapacitetsbehovet för backspolningspumparna spolas ett filter i taget vid backspolning av ett filterpar. Varje filterpar har inledningsvis bedömts behöva backspolas två gånger per vecka och total tid för avställning, backspolning av båda filtren, idrifttagning samt bortledande av första filtrat har uppskattats till drygt en timme per filterpar. Denna tid kan dock komma att justeras om tiden för backspolning eller tiden för att avleda första filtrat förändras.

Luft för backspolning

Backspolningssekvensen inleds med backspolning med luft. Luft tillförs från två redundanta blåsmaskiner, placerade i samma utrymme som backspolnings- och spolavloppspumpar (se även avsnitt 5.4).

Backspolningsvatten

Vatten för backspolningen tas från filteranläggningens gemensamma utloppskanal och utgående filtrat leds därifrån till backspolningstanken via reglerventil. Då utgående flöde alltid är större än backspolflödet behöver backspoltanken endast fungera som en pumpsump och denna dimensioneras för fem minuters pumpvolym. Backspolningstanken är utrustad med en nivågivare, vilken styr reglerventilen så att den stänger när högsta nivån i tanken är uppnådd och öppnar vid lägsta nivå.

Backspolningspumparna är torruppställda och efter pumparna finns tryckgivare, motoriserade ventiler och flödesmätare (gemensam) installerade.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 26(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Spolavloppsvatten

I toppen av filtret, i längsgående riktning mellan filterparen, sitter en avdragsränna för uppsamling av spolavloppsvatten. Från rännan leds spolavloppet via självfallsledning till en spolavloppstank, för att sedan pumpas vidare till kanal innan MBR-anläggningen. Syftet med spolavloppstanken är att utjämna flödet till MBR-anläggningen för att erhålla ett så jämnt och lågt flöde som möjligt. Detta har varit styrande för spolavloppstankens storlek och pumpningskapaciteten från denna.

Utöver spolavloppsvattnet kommer även första filtrat vid backspolning och rejektvatten från avvattningscontainern (se avsnitt 5.6.6) att ledas till spolavloppstanken, vilken dimensioneras för att fungera som buffertvolym för samtliga av dessa flöden.

Spolavloppstanken är utrustad med en nivågivare och de två torrurpstillda spolavloppsvattenpumparna startar vid hög nivå samt stoppar vid låg nivå, när tanken är tömd. Utgående ledning från spolavloppsvattentanken är utrustad med en tryckgivare samt en flödesmätare.

Första filtrat

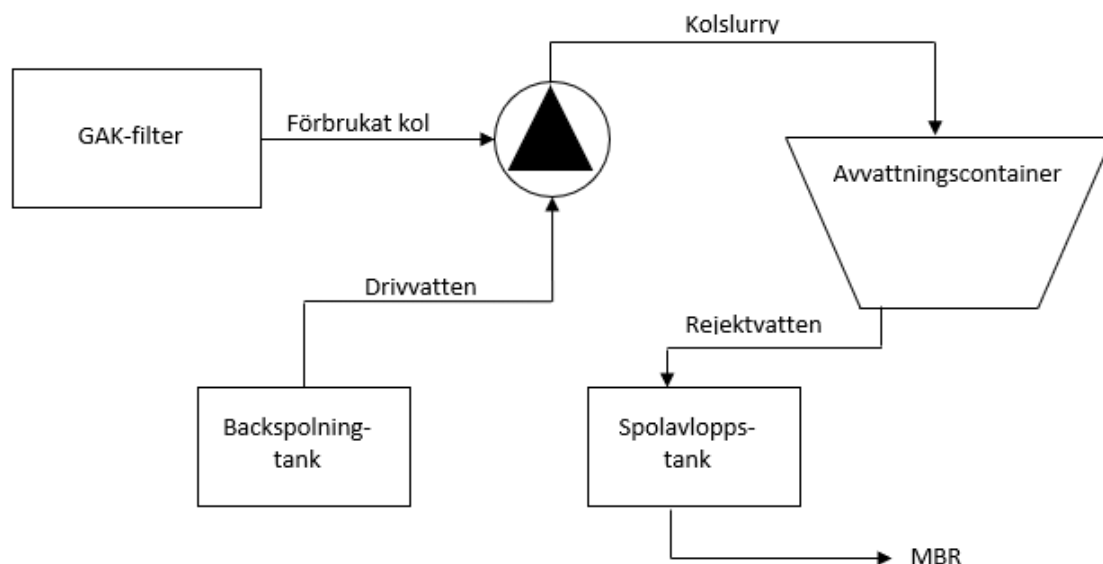
Det vatten som körs genom filtret direkt efter backspolningen (s.k. första filtrat) leds via separat självfallsledning till spolavloppstanken. Detta eftersom filtratet under den första tiden efter backspolningen kan innehålla organiskt material och små kolmängder, därför ska detta ledas till spolavloppstanken istället för till utloppet. Efter en viss (förinställd) tid, när filtratet bedöms vara rent, stängs ventilen på ledningen till spolavloppskanalen och filtratet leds vidare som under vanlig drift. Tiden som första filtrat ska avledas till spolavloppsvattentanken har inledningsvis ansatts den tid det tar för en filtervolym att passera, men denna tid behöver trimmas in vid driftsättning av anläggningen.

5.6.6 Byte av kol och kolhantering

Då genombrott uppnås i ett filterpar ställs det av för byte av kol i det första filtret i filterserien, varefter ordningsföljden i serien byts. Det följs upp hur många EBV som har passerat filterparet, så att byten även kan planeras utifrån antal EBV.

Vid uttag av förbrukat kol används en ejektorpump som är gemensam för filteranläggningen och som flyttas manuellt mellan de olika filtren. Behovet av drivvatten till ejektorpumpen uppgår till en liter vatten per liter kol och drivvatten tas från backspolningstanken genom ett fast rörsystem. En skiss över hanteringen av förbrukat kol visas i Figur 9.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 27(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:



Figur 9 Skiss över hanteringen av förbrukat kol.

Ejektorpumpen pumpar det förbrukade kolet container med en avvattningsfunktion. Inomhus finns två containrar som det kan växlas mellan och utomhus finns ytterligare fyra containrar, rangering utförs då containrarna inomhus är fulla och behöver bytas. Vid varje byte av kol kommer samtliga containrar att fyllas. Vid kolhanteringen behöver yta för rangering av containrar samt för upphämtning/avlämning av kol genom lastbil med släp att finnas.

Rejektvatten från avvattningscontainrarna leds till spolavloppsvattentanken, för att tillsammans med spolavloppsvattnet sedan pumpas till MBR-anläggningen.

Efter det att filtret tömts på det förbrukade kolet fylls filtret på med nytt kol. Detta utförs genom att kol i en bulkbil blandas med vatten och sedan matas in genom samma rörsystem som används vid tömningen. När filtret fyllts upp med nytt kol behöver filtret blötläggas i upp till 24 h, detta för att kolet inte ska sköljas ur vid efterföljande backspolning. Efter blötläggningen backspolas filtret och spolavloppsvatten från denna backspolning samt efterkommande första filtrat tas om hand på samma sätt som beskrivs i avsnitt 5.6.5. När backspolningssekvensen är avslutad och då första filtrat avletts kan filterparet återigen tas i drift.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 28(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

För byte av kol i ett filter beräknas att filterparet behöver tas ur drift i ungefär en vecka, arbetet under den tiden omfattar avställning av filterpar, tömning av kol, fyllning med nytt kol, blötläggning, backspolning samt driftsättning.

Hantering av förbrukat kol

För hantering av förbrukat kol finns i stort sett två alternativ, antingen skickas det förbrukade kolet för regenerering eller skickas det för förbränning.

Vid regenerering hämtas det förbrukade och avvattnade kolet av kolleverantören för att sedan köras till en regenereringsanläggning. Den närmaste regenereringsanläggningen ligger i dagsläget i Göteborg, denna används dock endast för kol från dricksvattenproduktion. Närmaste aktuella anläggning finns då i Belgien, varför detta innebär ett omfattande transportbehov. Det regenererade kolet kan antingen tas tillbaka till anläggningen, eller säljas vidare. Om det regenererade kolet tas tillbaka till anläggningen behöver extra kol köpas in till det första filtret som bytts, och lagring krävs för det regenererade kolet så att det kan användas vid kolbyte i ett annat filter. I det fall det regenererade kolet säljs vidare behöver nytt kol köpas in vid varje kolbyte. Vad gäller användning av regenererat kol är det oklart om detta har samma livslängd som nytt kol, vilket kan påverka driftkostnadskalkylen.

Om det förbrukade kolet ska förbrännas hämtas det vid Himmerfjärdsverket och körs till närmsta förbränningsanläggning som tar emot förbrukat kol, något som sannolikt innebär ett minskat transportbehov jämfört med regenerering. Vid varje kolbyte behöver nytt kol köpas in.

5.7 Hydraulik

Denna text beskriver den hydrauliska dimensioneringen av läkemedelsreningen. Dimensioneringen börjar vid befintlig utloppskanal B444, går igenom pumpstation och kolfilterbyggnad och avslutar vid befintlig kanal F301 dit läkemedelsreningen släpper vattnet.

Se även Bilaga 2 Hydraulisk profil.

Dimensionerande flöden för anläggningsdelar sammanställs i Tabell 4.

5.7.1 Utloppskanal B444 och pumpstation

Vattnet leds från utloppskanal genom två dränkta luckor in till den nya pumpstationens pumpsump.

Luckorna behöver vara 1,20 m breda och 1,80 m höga för att hålla flödes hastigheten under 0,9 m/s vid 6

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 29(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

600 m³/h. Bottennivån i kanalen är +1,53 och pumpsumpens botten bör ligga på samma nivå eller lägre. Pumpsumpens volym består dels av den nybyggda pumpsumpen samt den befintliga utloppskanalen och permeatkanalen. För att vattnet ska kunna ledas in till den nya pumpsumpen behöver man sätta en avstängningslucka i den befintliga utloppskanalen, denna lucka behöver vara 1,85 m bred och 3,20 m hög.

Om flödet in till pumpsumpen blir större än 6 600 m³/h, vilket är större än pumparnas kapacitet, behöver man kunna leda allt flöde över 6 600 m³/h tillbaka till utloppskanalen. Detta görs via en 10 m lång skibordskant placerad i kanalväggen mellan utloppskanal och pumpsump. Överfallsanten placeras på nivå +4,80 vilket är ca 0,3 m högre än den teoretiskt beräknade högsta vattennivån i utloppskanalen vid 13 000 m³/h. Detta måste dock samordnas med projekteringen av membranbyggnaden och utloppskanalen då vattennivån beror på nivå i recipienten, tryckförluster genom utloppsrören och om ett eller två utloppsrör är tänkt att användas. När 6 600 m³/h behöver ledas över bräddskibordet stiger vattennivån ca 0,2 m över skibordskanten. Om läkemedelsreningen stängs av ska man kunna öppna luckan i utloppskanalen och stänga de två luckorna in till pumpsumpen. Pumparna med en total kapacitet på 6 600 m³/h pumpar vattnet genom två DN800-rör till läkemedelsreningen.

Se Figur 4 och ritningsskiss N-30-0-101.

5.7.2 Kanaler till kolfilter

Rören ansluter till mitten av vattenkanalerna som fördelar vattnet till de 14 kolfiltren. Kolfiltren är uppdelade längs tre kanaler. De två yttersta kanalerna görs 1,5 m breda och leder vatten till 4 st kolfilter vardera och dimensioneras för max 2 200 m³/h. Den mittersta kanalen görs 2,0 m bred och leder vatten till 6 st kolfilter och dimensioneras för max 3 300 m³/h. Vattendjupet i kanalerna blir ca 0,6 m och flödes hastigheterna är som mest runt 0,7 m/s. Två kolfilter ska kunna vara avställda vid maxflöde varför 12 filter ska klara 6 600 m³/h vilket ger max 550 m³/h per filter.

5.7.3 Kolfilter

Inloppsöppningen till varje filter görs 0,6 m bred och ca 0,8 m hög. Vattenytan genom öppningen är fri och tryckförlusten vid 550 m³/h blir ca 0,01 mvp. Inloppet till varje filter ska även kunna stängas med en avstängningslucka (on/off).

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 30(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Vattennivån på +6,65 m i varje filter regleras med flöde ut från filter samt reglerventil, se kapitel 0. Därmed är inte filtrens inlopp styrande för fördelningen. Här antas tryckförlusten över filterbädden vara ca 1,5 mvp, inkl. lite reglermån för reglerventilen, vid 550 m³/h.

I filtret rinner vattnet genom kolet och ner till filterbotten och vidare till ett utloppsrör DN400 med reglerventil innan det ansluter till samlingsöret DN1100. Där filter 8-14 ansluter behöver röret konas upp till DN1500 vilket leder hela vägen till befintlig utloppskanal F301. Högsta vattenytan i F301 är ca +2,40 m och bottennivån är +1,53 m. Observera att maxkapaciteten för F301 är ca 9 000 m³/h vilket betyder att om läkemedelsreningen leder igenom 6 600 m³/h så får inte mer än ca 2 400 m³/h ledas genom högflödesreningen. Detta måste samordnas med projekteringen av högflödesreningen och funktionen och kapaciteten för utloppsrören så att läkemedelsreningen inte begränsar kapaciteten i högflödesreningen.

Filtratet från första filtret i respektive filterpar ska även kunna ledas via ett DN400 rör till en mellanpump som lyfter vattnet upp och in till det andra filtret i filterparet.

Flödet för första filtrat är 550 m³/h och röret för förstafiltrat sätts till DN400.

5.7.4 Backspolning

Vid backspolning stängs inloppsluckan och 1 800 m³/h spolvatten pumpas från utloppsröret in under filterbotten. Efter några minuter stiger vattennivån upp till backspolrännans överkant på +6,85 och ner i den ca 0,6 m breda och ca 0,7 m djupa rännan och vidare ner till ett samlingsrör DN700. Flödes hastigheten i samlingsröret blir ca 1,3 m/s vid 1 800 m³/h vilket är ok.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 31(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

6. Grundläggning och markarbeten

Ramboll har i principförslaget antagit att byggnaden grundläggs på packad sprängstensbotten direkt på berget. Bergklacken närmast befintlig anläggning schaktas bort och hanteras inom Syvabs område.

I kalkylen är inga kostnader för pålning eller tillfälliga sponter medtagna. Samtliga ledningar förutsätts kunna förläggas med normal grundläggning.

Runt anläggningen anläggs körytor samt vändplan, bedömd omfattning är ca 800 m². Övrig mark återställs till gräsyta.

7. Byggkonstruktion

7.1 Rumsbeskrivning

GAK-filterbyggnaden består av en filterhall med filter i tre sektioner med två rörgallerier för utgående renat vatten samt rörgalleri för backspolvatten och spolavloppsvatten. Ovan rörgallerierna placeras gångstråk.

Byggnaden ska även inrymma volymer för spolavloppsvatten och backspolvatten, rum för torruppställda pumpar samt blåsmaskiner, elrum, ventilationsrum samt toalett.

7.2 Konstruktion

Bottenplatta, filter, buffertvolymer och underplan utförs i platsgjuten betong. Överplan utförs med stålstomme samt lättväggsystem. Byggnaden utförs med traverser för åtkomst/lyft av maskinutrustning.

Fasaderna utgörs av fasadelement (typ Paroc Sandwich) med vertikal montering.

8. VVS

Den nya byggnaden utförs med system för värme, vatten (tappvatten, brutet vatten), tryckluft, spillvatten och allmän ventilation. Ingen luktrening installeras.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 32(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Toalett samt spolposter finns i filterbyggnaden.

För drivvatten för pumpning av nytt aktivt kol samt förbrukat aktivt kol används renat avloppsvatten från backspolningstanken.

9. El- och styr

För GAK-filteranläggningen blir total installerad effekt ca 400 kW.

Anslutning kommer att ske till Himmerfjärdsverkets befintliga datanät med redundanta optiska fiberkablar. Kompletta styr- och övervakningssystem installeras i den nya byggnaden och ansluts till överordnat styrsystem.

Belysning utförs generellt med LED-armaturer, belysningen ska vara närvarostyrd. Utomhus förses byggnaden med armaturer vid ytterdörrar. Nödbelysning kommer att installeras i samtliga teknikutrymmen samt utrymningsvägar.

10. Genomförandeplan

Pilotförsök för fastställande av designparametrar mm planeras under 2020-2021. Ramboll föreslår att man avvaktar resultaten från dessa innan systemhandling för tvåstegsfilter färdigställs för att säkerställa att anläggningens dimensionering blir korrekt.

Det är oklart när nya krav kan komma kring rening av läkemedelsrester. Om och när projektering och byggnation ska påbörjas beslutas av Syvabs styrelse.

Den nya GAK-filterbyggnaden kan uppföras utan att påverka driften av Himmerfjärdsverket i större utsträckning. Däremot kräver byggnation av anläggningsdelar som angränsar till befintliga funktioner noggrann planering då de befintliga funktionerna behöver vara i drift under ombyggnationen. Detta gäller inloppspumpstation, åtgärder i befintlig utloppskanal, anläggning av inkommande ledning till GAK-filterbyggnaden samt utgående ledning och anslutning till befintligt utlopp.

Tid för projektering och upphandling bedöms till ca 16 månader. Byggtid för anläggningens bedöms till 18-24 månader.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 33(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

11. Kostnadsbedömning

Kalkylförutsättningar och bedömda investerings-, drift- och årskostnader presenteras i Bilaga 3 Kostnadskalkyl. Kostnadsbedömningen sammanfattas nedan.

11.1 Investeringskostnader

Investeringskostnadsbedömningen sammanställs i Tabell 8 och uppgår till ca 433 MSEK.

Tabell 8 Investeringskostnadsbedömning för GAK-filteranläggning vid Himmerfjärdsverket.

KOSTNADSSLAG		SUMMA KKR
1. MARK inkl grundläggning		30 470
2. BYGG		121 680
3. LUFT, RÖR		10 800
4. EL OCH STYR		16 200
<i>OFÖRUTSETT</i>	<i>20%</i>	<i>35 830</i>
SUMMA 1. - 4.		214 980
5. MASKIN		82 300
5a. GAK första inköp		39 900
<i>OFÖRUTSETT</i>	<i>20%</i>	<i>24 400</i>
SUMMA MASKIN		146 640
SUMMA ENTREPRENADKOSTNADER		361 620
<i>SAMORDNING AV ENTREPRENADER (MASKIN, exkl. GAK)</i>	<i>6%</i>	<i>6 404</i>
PROJEKTERING, UPPHANDLING, BYGGLEDNING, KONTROLL, BESIKTNING	<i>18%</i>	<i>65 092</i>
SUMMA INVESTERINGSKOSTNAD		433 100

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 34(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

11.2 Driftkostnader

Driftkostnader har beräknats för olika scenarier med regenerering och förbränning samt olika livslängd på kolet, se Tabell 9. Se vidare Bilaga 3. Observera att osäkerheten i kostnad för hantering av aktivt kol är relativt stor och kostnaderna därför ska ses som indikativa. I dessa beräkningar framstår regenereringsalternativet som något billigare än förbränning, men detta bygger bland annat på antagandet att regenererat kol har samma livslängd som nytt kol.

Tabell 9 Beräknade driftkostnader för respektive scenario.

		Regenerering 50 000 – 20 000 EBV	Förbränning 50 000 – 20 000 EBV
Hantering förbrukat kol			
Kostnad	Mkr/år	11,5–28,7	0,7–1,7
Transport	Mkr/år	0*	0,3–0,7
Nytt kol			
Kostnad	Mkr/år	1,6–4,0	16,0–40,1
Personal			
En heltid	Mkr/år	0,9	0,9
Energikostnad			
Pumpar, kolhantering, blåsmaskin	Mkr/år	1,4	1,4
Total kostnad	Mkr/år	15,4-35,0	19,3-44,7

*Transport ingår i kostnad för regenerering

Underhållskostnad bedöms till 6,5 Mkr/år.

11.3 Årskostnader

Förutsättningar för årskostnads kalkyl redovisas i Bilaga 3.

Årskostnader beroende på livslängd och hantering av aktivt kol presenteras i Tabell 10.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 35(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektnamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

Tabell 10 Beräknade årskostnader för respektive scenario.

		Regenerering 50 000 – 20 000 EBV	Förbränning 50 000 – 20 000 EBV
Driftkostnader	Mkr/år	15,4-35,0	19,3-44,7
Underhållskostnad	Mkr/år	6,5	6,5
Kapitalkostnad	Mkr/år	36,4	36,4
Total årskostnad	Mkr/år	58,2-77,8	62,1-87,6
Kostnad per behandlad mängd avloppsvatten	kr/m³	1,01-1,35	1,07-1,51

12. Diskussion

I detta principförslag presenteras en teknisk lösning och investerings- och driftkostnader för läkemedelsrening med granulerat aktivt kol vid Himmerfjärdsverket. GAK-filter är en konventionell teknik inom exempelvis beredning av dricksvatten, men det finns relativt stora osäkerheter i designparametrar för läkemedelsrening. Ramboll har utifrån tillgänglig kunskap samt utifrån Himmerfjärdsverkets framtida förutsättningar med MBR ansatt designparametrar för GAK-filteranläggningen. Det finns dock osäkerheter kring flera av designparametrarna, vilket för en anläggning av denna storlek kan ha betydande påverkan på den totala kostnadsbilden.

Den designparametern som bedöms ha störst påverkan på investeringskostnaden är ytbelastningen. Denna har direkt påverkan på erforderlig filteryta, vilket påverkar hela anläggningens storlek. Kontakttiden och bäddjupet påverkar filtrens djup, och därmed investeringskostnaden samt mängden kol i anläggningen. Det har i projektet även diskuterats om behovet av backspolning kan vara mindre än vad som har förutsatts i principförslaget, eftersom det renade avloppsvattnet efter MBR är partikelfritt och det andra filtret i serien troligen får ett lägre backspolningsbehov. Detta skulle påverka dimensioneringen av backspoltank, pumpar och spolavloppstank och därmed kostnaderna för anläggningen.

Då denna rapport tas fram pågår planering för pilotförsök med MBR-GAK på Himmerfjärdsverket. Resultaten från dessa blir viktiga för att fastställa ovanstående designparametrar så att en större säkerhet kring anläggningens dimensionering, design och kostnader kan erhållas.

Den totala kostnaden per behandlad mängd avloppsvatten beräknas i detta principförslag till 1,0-1,5 kr/m³. Himmerfjärdsverkets nuvarande kostnad (2019) för avloppsvattenrening är 3,87 kr/m³, och med

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 36(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektname: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

fullt utbyggd MBR bedöms kostnaden år 2027 bli 5,00 kr/m³. Det innebär att läkemedelsrening med GAK skulle öka kostnaden från denna nivå med ytterligare 20–30 %.

Då kostnaderna i detta principförslag jämförs med kostnader erhållna i andra förstudier, genomförda projekt samt forskningsstudier är det viktigt att vara medveten om skillnaderna i förutsättningar för olika anläggningar och projekt. För Himmerfjärdsverket innebär den valda placeringen av läkemedelsreningen att det behövs en inkommande pumpstation, ledningar i mark samt en ny byggnad inklusive stora bygg- och markarbeten. Om man i andra projekt har möjlighet att använda mer av befintliga strukturer kan kostnaderna bli lägre. Å andra sidan har Himmerfjärdsverket i framtiden en MBR-process vilket ger mycket goda förutsättningar, exempelvis behövs ingen ytterligare filtrering före GAK-filtren.

Vid jämförelse av kostnaden för olika projekt är det också viktigt att ta hänsyn till vad som ingår i respektive kalkyl. Investeringskostnaden omfattar i detta principförslag hela projektkostnaden, det vill säga även kostnader för projektering, upphandling och bygglösning.

En annan förutsättning som det finns osäkerhet kring är framtida krav på läkemedelsrening. I detta principförslag har dimensionerande flöde valt till Q_{dim} för Himmerfjärdsverket, vilket skulle innebära att ca 94 % av årsflödet kan behandlas i GAK-filtren. Om detta är tillräckligt beror på framtida krav. Troligen kommer en anläggning med dessa designparametrar att ha en god reningseffekt på de flesta substanser, >80 % reduktion, men mer exakt reningseffektivitet utvärderas i kommande pilotförsök. Vilket behov som föreligger för redundans beror också på anläggningens reningseffekt, dimensioneringen av anläggningen och vilka reningskrav som ställs.

En stor osäkerhet i kostnadsbilden är kostnaden för aktivt kol. En förändring av priset skulle ha stor påverkan på den totala kostnaden för läkemedelsrening. Kostnad för kol utgör den största delen av driftkostnaderna och en stor del av årskostnaderna. Livslängden för det aktiva kolet (antalet EBV innan det behöver bytas) har mycket stor påverkan på de totala kostnaderna, därav det stora spannet i driftkostnads-kalkylen. Denna fråga är därför prioriterad att undersöka i den kommande pilotanläggningen.

Hanteringen av förbrukat aktivt kol är också en viktig fråga att utreda vidare. Potentiellt kan en utökad marknad för GAK för läkemedelsrening påverka priset på kol och göra att det finns underlag för regenereringsanläggningar i Sverige. Det är även viktigt att påpeka att livslängden för regenererat kol i driftkostnads-kalkylen har antagits ha samma livslängd som nytt kol, vilket kan vara en överskattning. En kortare livslängd skulle innebära tätare kolbyten och ökade driftkostnader för regenereringsalternativet.

Dokument/Uppdragsnr: 613T1356758-025	Status: Slutgiltig	Dokumentnamn: Principförslag GAK-filter	Sida: 37(37)
Uppdragsledare (Namn och Företag): Johanna Grim, Ramboll		Projektamn: Förstudie läkemedelsrening Syvab	Gäller från: 2019-10-25
Handläggare: (Namn och företag): Sara Frid, Felix Brogren, Mattias Karlsson, Johan Carlsson, Ramboll		Granskad och fastställd av (Namn och företag): Peter Ek, Ramboll Sara Söhr, Syvab	Sign: Ver./Rev.datum:

13. Rekommendationer till vidare arbeten

Följande arbeten rekommenderas framöver för att gå vidare med läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket.

- Pilotförsök för att bestämma designparametrar och livslängd för aktivt kol
- Utreda möjlighet att nyttja befintliga anläggningsdelar i flotation/sandfilterbyggnad
- Ev. vidare utredning av alternativ för separat hantering av spolavloppsvatten
- Vidare utredning kring nya anläggningsdelar som påverkar befintligt utlopp, korsning av ledningar, arbeten i befintliga kanaler samt strategi kring nyttjande av utloppsledningarna och samordning med NKH-projektet.
- Vidare utredning hantering av förbrukat kol
- Geoteknisk undersökning för vald lokalisering
- Systemhandling för GAK-filteranläggning

Bilaga 1 PM Designparametrar

SYVAB

Läkemedelsrening Syvab

Slutgiltig

Uppsala 2019-10-25

Läkemedelsrening Syvab

Bilaga 1 PM Designparametrar

Datum	2019-10-25
Uppdragsnummer	613T1356758-025
Utgåva/Status	Slutgiltig

Johanna Grim
Uppdragsledare

Sara Frid
Handläggare

Peter Ek
Granskare

Ramboll Sweden AB
Dragarbrunnsgatan 78B
753 20 Uppsala

Telefon 010-615 60 00

Unr 613T1356758-025 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Bakgrund och syfte	1
2.	Förutsättningar	2
3.	Designparametrar GAK-filter.....	3
3.1	Enstegsfilter	3
3.1.1	Ytbelastning och kontakttid (EBCT).....	4
3.1.2	Empty bed volumes	6
3.1.3	Bädddjup	7
3.1.4	Drift	8
3.2	Tvåstegsfilter.....	9
3.2.1	Ytbelastning och kontakttid (EBCT).....	10
3.2.2	Empty bed volumes	10
3.2.3	Bädddjup	11
3.2.4	Drift	12
3.3	Info från leverantörer	12
3.3.1	Chemviron	12
3.3.2	Brenntag.....	12
3.3.3	Jacobi	13
4.	Diskussion och slutsatser	14
4.1	Förslag till designdata	15
5.	Referenser	16

1. Bakgrund och syfte

I teknikutredningen avseende läkemedelsreningsrening vid Himmerfjärdsverket (Ramboll, 2019-04-12) togs ett antal designparametrar för dimensionering av de olika teknikerna upp. Designparametrarna baseras dels på erfarenheter vid implementering på konventionella avloppsreningsverk i Europa, dels på resultat från pilottest med liknande förhållanden som kommer att gälla på Himmerfjärdsverket, dvs med MBR-teknik. De designparametrar som tas upp anges som ett spann och för vidare dimensionering behöver det klarläggas vilka värden som ska användas.

Syvab har beslutat att kommande principförslag ska göras för en läkemedelsrening med GAK-filter som en tvåstegslösning (två GAK-filter i serie). Beslutet baseras på lovande pilottester vid Hammarby Sjöstadsvärk av IVL (se även referens IVL-2, avsnitt 3.2). Ramboll har inte funnit några fullskalereferenser med denna teknik för rening av läkemedelsrester från avloppsvatten. Vid framtagande av förslag på designparametrar har därför olika sorts källor både avseende parallella och seriekopplade GAK-filter behövt nyttjats, som t.ex. resultat från försök i pilot- och fullskala avseende avloppsvatten, erfarenheter från branschkollegor samt implementering vid beredning av dricksvatten. Till följd av dessa förutsättningar behövs pilotförsök innan implementering i fullskala.

Detta PM syftar till att presentera det underlag som använts samt till att föreslå designparametrar för dimensionering av en tvåstegs GAK-anläggning för rening av läkemedelsrester vid Himmerfjärdsverket.

2. Förutsättningar

Föregående reningssteg består av aktivt slam samt MBR och förutsättningarna för inkommande avloppsvatten till läkemedelsreningen presenteras i Tabell 1.

Tabell 1 Förutsättningar för inkommande avloppsvatten till läkemedelsreningen.

Parameter	Enhet	Värde
Q _{max} läkemedelsrening	m ³ /h	6 600 ¹
TSS (dygnsmedevärde)	mg/l	<1 ²
Turbiditet (dygnsmedevärde)	NTU	<0,5 ²
DOC	mg/l	10–15 ³

1) Enligt förslag i teknikutredning, daterad 2019-04-12.

2) Kvalitetskrav enligt förfrågningsunderlag för MBR, daterat 2019-03-01.

3) Utgående halt från Himmerfjärdsverket idag ligger som medel och median på ca 12 mg/l, medan ca 70 % av värdena ligger i intervallet 10–15 mg/l. Baserat på analysresultat för jan 2018-april 2019, erhållna av Kårelid, V., personlig kontakt 2019-04-12.

3. Designparametrar GAK-filter

3.1 Enstegsfilter

I Tabell 2 presenteras olika designparametrar för enstegsfilter med GAK, baserat på implementering vid och pilotförsök på avloppsreningsverk. Föregående process för de olika referenserna presenteras i korthet nedan. Referenserna har även studerats i fallet för tvåstegsfilter, då få referenser finns för detta (se avsnitt 3.2). Vid val av processparametrar har dock referenser med membranfilter före GAK-filtren vägt tyngst, då det är denna typ av system som utreds för Himmerfjärdsverket.

Europa	Erfarenheter vid implementering på konventionella avloppsreningsverk, aktivt slam, biosed och efterpolering.
IVL	Pilot, föreliggande process omfattar aktivt slam och efterpolering samt en MBR-pilot. Försöket avsåg GAK-filter som drivits som biofilter (reningen består av både adsorption och biologisk nedbrytning).
Kalmar	Pilot, föreliggande process omfattar aktivt slam samt SBR + utjämnning, efterpolering (kemisk fällning + slutsedimentering). GAK-piloten föregicks även av en UF-pilot.
Bülach	Fullskaleförsök, föreliggande process omfattar grovrening, biologisk rening genom aktivt slam, efterpolering (kemisk fällning + slutsedimentering) samt sandfilter.

Tabell 2 Olika designparametrar för enstegsfilter med GAK.

Parameter	Enhet	Europa ¹	IVL ²	Kalmar ³	Bülach ⁴	
					Fas 1a/1b	
Kontakttid, EBCT	min	20–40	13	10–12	21/ 12,5	17,5/ 26,5
Ytbelastning vid Q_{dim}	m/h	6–10	4,6	5	4,6/7,6	5,4/3,6
Bäddvolym, EBV	-	7 000– 15 000	25 000/ 50 000	15 000– 18 000	18 000 /3 000	20 000– 30 000
Bäddhöjd	m	-	0,8	1,2–1,3	1,5	1,5
Backspolflöde	% av Q_{dim}	5–15	0,1	<1	-	-
Backspolningstid	min/ tillfälle	-	8	90–120	-	-
Backspolnings- frekvens	ggr/ mån	-	ca 0,75	1	-	-
Backspolnings- hastighet	m/h	-	25–30 ⁵	30	-	-
Redundans ⁶	%	-	-	20	-	-

1) STOWA, 2015

- 2) Baresel, C., m.fl, 2017
- 3) Edefell, E., m.fl., 2019
- 4) Eawag, 2017, parametrarna anges för de två olika GAK-filtren (även benämnda GAK-filter 5/filter 6).
- 5) Enligt produktblad för Filtrasorb® 400 från Calgo Carbon, backspolningshastighet för att erhålla 40-50 % bäddexpansion vid en vattentemperatur på ca 13°C.
- 6) Behov av extra filter för att utsläppskraven ska kunna hållas även om något filter är taget ur drift.

I den förstudie Ramboll tog fram avseende läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket (daterad 2017-12-05) användes processparametrarna som presenteras i Tabell 3, huvudsakligen baserat på erfarenheter från Europa (Tabell 2).

Tabell 3 Processparametrar som användes i förstudien vid Himmerfjärdsverket (daterad 2017-12-05).

Parameter	Enhet	Förstudie läkemedelsrening Himmerfjärdsverket
Kontakttid, EBCT	min	24
Ytbelastning vid Q_{dim}	m/h	5
Bäddvolym, EBV	-	25 000
Bäddhöjd	m	2,0
Backspolflöde	% av Q_{dim}	5
Backspolningstid	min/d	10
Backspolningsfrekvens	ggn/d	1
Backspolningshastighet	m/h	30
Redundans	-	N-6

3.1.1

Ytbelastning och kontakttid (EBCT)

Vid den genomgång som gjorts avseende att hitta studier/fullskaleapplikationer för avloppsvattenrening med GAK-filter efter MBR har två referenser hittats. Dessa avser pilotförsök med MBR + GAK som gjorts på Hammarby Sjöstadtsverk (Baresel, C., m.fl, 2017) och pilotförsök vid Kalmars ARV med aktivt slam/SBR + UF + GAK (Edefell, E., m.fl., 2019). Därutöver har ett fullskaleförsök vid reningsverket i Bülach hittats (Eawag, 2017), i detta försök föregicks dock inte GAK-filtren av MBR. Utöver detta finns även ett antal fullskaleapplikationer som avser GAK efter konventionell avloppsrening med aktivt slam. Det är dock viktigt att GAK-filtren i detta försök drevs som biofilter (vilket innebär att reningen består i en kombination av adsorption och biologisk nedbrytning).

Christian Baresel (IVL) har räknat på en ytbelastning på 6 m/h och anser att vi för detta fall borde kunna ligga på 5–6 m/h. I sina försök vid Hammarbysjöstadtsverk har IVL haft en ytbelastning på upp till 20 m/h (IVL, personlig kontakt 2019-04-

25). Ytbelastningen måste dock anpassas till kolets partikelstorlek och till leverantörens rekommendationer. Om dimensionering görs för 5 m/h vid Q_{\max} kommer ytbelastningen i verkligheten att vara lägre än så.

I en schweizisk studie utförd av Eawag vid avloppsreningsverket i Bülach (Eawag, 2017) byttes filtermaterialet i två av sex sandfilter (för efterpolering) till GAK. Föreliggande processteg innefattar grovrening, biologisk rening genom aktivt slam samt efterpolering genom kemisk fällning och slutsedimentering. Denna anläggning har inte samma förutsättningar som Himmerfjärdsverket, vilket måste beaktas då resultaten används. Vid försöket användes AquaSorb® 5010 från Jacobi och det inkommande vattnet till GAK-filtren hade en SS-halt på ca 4–6 mg/l samt en DOC-halt på ca 5–7 mg/l. Kolet som användes vid försöket i Bülach är makroporöst och har inte nödvändigtvis samma egenskaper som ett agglomererat kol, vilket är det som föreslagits för arbetet med principförslaget för Himmerfjärdsverket.

Studien var uppdelad på två faser med olika ytbelastning och EBCT (se Tabell 4), där flödet i första fasen (fas 1a) var lägre in till det första filtret än in till det andra, medan förhållandena var omvända för den andra fasen (fas 1b).

Resultatet från studien har sammanfattats i Tabell 4 (Eawag, 2017). I detta försök drogs slutsatsen att en total EBCT på ≥ 25 min behövs för att upprätthålla en god reduktion ($>80\%$). Resultatet indikerar att det med en högre ytbelastning behövs en högre EBCT, för att uppnå god rening och en bra livslängd för kolet.

Tabell 4 Resultat från försök vid reningsverket i Bülach (Eawag, 2017).

	GAK-filter 5	GAK-filter 6
Fas 1a	Ytbelastning = 4,6 m/h EBCT = 21 min God reduktion ($>80\%$) upp till 18 000 EBV.	Ytbelastning = 7,6 m/h EBCT = 12,6 min Efter 3 000 EBV låg reduktionen på $<80\%$, efter 25 000 EBV låg reduktionen på ca 65 %.
Fas 1b	Ytbelastning = 5,4 m/h EBCT = 17,6 min Minskad reduktion ($<80\%$) efter ca 20 000 EBV, efter ca 30 000 EBV låg reduktionen på ca 65 %.	Ytbelastning = 3,6 m/h EBCT = 26,5 min God reduktion ($>87\%$) i slutet av försöket, efter knappt 30 000 EBV.

Kunskapsläget kring ytbelastning och EBCT för GAK-filter kan sammanfattas så här:

- Enligt forskning från Schweiz (VSA¹) anges en EBCT på 20–30 min (helst 25 min) för en max ytbelastning på 15 m/h, dock helst inte högre än 12,5 m/h. Detta är en generell rekommendation som avser GAK-filter efter konventionell avloppsvattenrening (aktivt slam).

¹ VSA är den schweiziska branschorganisationen för vatten.

- Enligt litteratur från IWA (2018) anges att det för en ytbelastning på 3–8 m/h vid torrväder (upp till 15 m/h vid högflöden) samt en EBCT på 25 min behövs en bäddhöjd på 2,5–3 m.

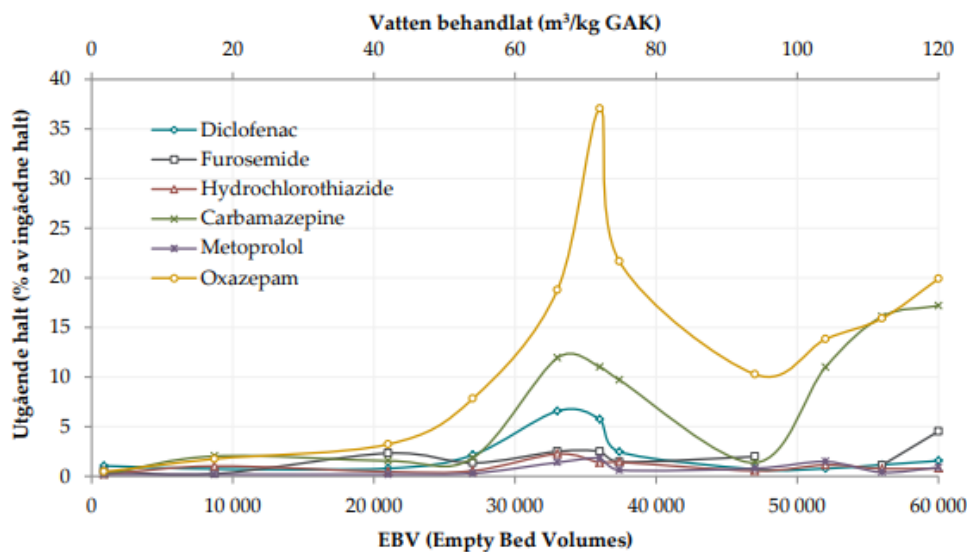
I referensen från IWA anges en något högre bäddhöjd än vad som angetts i andra referenser. Det bedöms dock som att denna referens är relevant eftersom den ger en rekommendation kring ytbelastning och EBCT som ligger i linje med flera andra referenser för enstegsfilter (såväl som för tvåstegsfilter, se avsnitt 3.2).

Holländska erfarenheter visar på att en EBCT på 25 min (med GAK-partiklar på 1,2–2,3 mm) och en ytbelastning på max 10 m/h (om man dimensionerar för maxkapaciteten på antalet filter exkl. redundans) är fördelaktiga. En högre ytbelastning kommer dock att öka behovet av backspolning och enligt IVL (personlig kontakt, 2019-04-25) får man snabbare genombrott i filtret om man ökar belastningen.

Det finns erfarenheter som visar att om kontakttiden ökas från 15 min till 30 min så ökar livslängden för kolet (innan genombrott erhålls). Kontakttiden och DOC-halten i vattnet som ska renas anges vara avgörande för kolets livslängd. Erfarenheter visar även att det för en hög effektivitet behövs en kontakttid på 20–30 min samt en så låg DOC-halt som möjligt i inkommande vatten.

3.1.2 **Empty bed volumes**

I sina försök avseende läkemedelsrening vid Hammarby Sjöstadsvverk erhöles genombrott av enstaka substanser vid ca 25 000 EBV (Baresel, C., m.fl, 2017 samt Figur 1) efter detta återhämtade sig kolet, vilket innebar att reningsgraden förbättrades efter 25 000 EBV och efter det erhöles ett andra genombrott först vid 50 000 EBV. Detta kan ses i Figur 1, där halterna av oxazepam, carbamezepin till viss del diklofenak ökar vid ca 25 000 EBV för att sedan återigen sjunka och sedan öka igen strax innan 50 000 EBV. För övriga substanser ses inget genombrott. I dagsläget är denna effekt inte utredd, varför ytterligare försök skulle behövas för att fastställa detta.



Figur 3.2. Andel av olika substanser som passerade GAK-filtret under försökets gång.

Figur 1 Urklipp från IVL rapport B 2287 som visar återhämtning av kolet (Baresel, C., m.fl., 2017).

Processen uppströms GAK-filtren vid Hammarby Sjöstadsvverk omfattar grovrening, försedimentering samt biologisk rening genom aktivt slam och MBR. Inkommande avloppsvatten till GAK-filtren hade i medeltal en TOC-halt på 7,9 mg/l och en SS-halt på <0,5–1 mg/l (Baresel, C., personlig kontakt 2019-06-11).

På Kalmars avloppsreningsverk testades ultrafilter följt av GAK-filter i pilotskala och vid dessa försök erhöles en god reduktionsgrad för de flesta ämnena upp till 15 000–18 000 EBV (Edefell, E., m.fl., 2019). Processen före pilotsteget omfattade biologisk rening genom två parallella steg (aktivt slam/SBR + utjämningskank) samt kemisk fällning och slutsedimentering. Avloppsvattnet in till GAK-filtret hade en DOC-halt på 12,5 mg/l och turbiditeten låg på 0,3 NTU (Edefell, E., m.fl., 2019).

Studien i Schweiz (se Tabell 4 ovan) visar att reduktionen i fas 1a var god (>80 %) upp till 18 000 EBV för GAK-filter 5, medan reduktionen var <80 % redan efter 3 000 EBV för GAK-filter 6. I fas 1b ökade reduktionen (>87 %) efter ca 30 000 EBV för filter 6, när uppehållstiden höjdes och ytbelastningen sänktes. För filter 5 minskade reduktionen till <80 % efter ca 20 000 EBV och efter ca 30 000 EBV låg den på ca 60%. Detta visar på den positiva effekten av en ökad uppehållstid och en minskad ytbelastning för kolets livslängd.

3.1.3 Bädddjup

Vid en given yta sätter bäddhöjden filtrets volym och därmed uppehållstiden i filtret, det är därmed viktigt att kombinationen av bäddhöjd, ytbelastningen (yta) och uppehållstid (volym) är den optimala för de givna förutsättningarna.

Enligt IVL behövs en bäddhöjd på minst 2–2,5 m (personlig kontakt 2019-04-25), men ett större bäddhöjd (upp till 4–5 m) anges vara fördelaktigt, eftersom det säkerställer en högre reduktion till följd av att tiden till genombrott ökas. Detta är dock en avvägning mellan att ökat djup ger bättre kolonnverkan men kan påverka stabiliteten hos kolbädden. IVL menar dock att det även är viktigt att kontrollera vad kolleverantören rekommenderar för det kol som används (personlig kontakt 2019-04-25).

Utöver bäddhöjden behöver det vid dimensionering även tas hänsyn till filterbäddens expansion vid backspolning. IVL (personlig kontakt 2019-04-25) menar att bäddhöjd behöver ökas med ca 30–50 % för att klara expansionen vid backspolning, även för detta bör det kontrolleras vad kolleverantören rekommenderar för det kol som används.

I försöket vid Kalmar ARV låg bäddhöjd på 1,2–1,3 m, IVL (personlig kontakt 2019-04-25) menar dock att denna bäddhöjd är för lågt och att det med en låg bäddhöjd behövs en lägre ytbelastning för att undvika att genombrott i bädden sker tidigare än beräknat. Grundare filter innebär dock en större yta (och därmed en lägre ytbelastning) vid bibehållen EBCT.

3.1.4

Drift

En viktig fråga att beakta är hur styrningen av flödet ska göras, så att man kan ha lägre ytbelastning vid högre mottryck i filtret. Det har dock bedömts att detta kommer att vara självreglerande, då vattnet kommer att rinna till övriga filter om mottrycket i ett eller flera filter är för högt. Därutöver bedöms att backspolning kommer att utföras så ofta att ansatt ytbelastning ska kunna upprätthållas.

I Baresel, C., m.fl, 2017 beskrivs att försök en kort period i början gjordes på renat avloppsvatten som inte behandlats med MBR och att backspolningen då gjordes med några dagars mellanrum. När en MBR-pilot infördes innan GAK-filtret behövde filtret endast backspolas var 5-6:e vecka.

Efter att filtren driftsatts är det viktigt att trimma in backspolningen och kontrollera hur lång tid det tar innan spolvattnet blir rent, t.ex. med hjälp av en susp- eller turbiditetsmätare. När detta utvärderats kan tiden mellan backspolningar och backspolningstiden optimeras, så att backspolning inte görs längre än nödvändigt (IVL, personlig kontakt 2019-04-25).

IVL:s erfarenhet är att det behövs en eller flera luftpuffar för att bryta upp strukturen i kolet, innan själva backspolningen görs (personlig kontakt 2019-04-25). Kolet skulle kunna nötas sönder extra av luften, men IVL:s uppfattning är att det bara händer om det är för dålig kvalitet på kolet. Detta kan dock, för ett givet kol, kontrolleras först efter en längre tids fullskaledrift.

Backspolningshastigheten samt hur ofta filtren backspolas styr hur stort backspolflöde som behövs, dessa parametrar bör även kontrolleras med kolleverantören för det kol som ska användas.

För redundans behövs minst två filter, för att ta höjd för att ett filter backspolas och att filtermaterialet i ett filter byts/är nybytt. Dimensionering görs därmed för Q_{\max} 6 600 m³/h vid N-2. Övrigt, planerat underhåll behöver läggas under perioder med lägre flöden och vid akuta underhåll kommer kapaciteten att vara något lägre, men det bedöms ändå vara tillräckligt för att uppnå ett utsläppsvillkor utformat som ett årsmedelvärde.

3.2

Tvåstegsfilter

Mycket få referenser på två GAK-filter i serie efter MBR finns för avloppsvatten, i denna litteraturgenomgång har ett pilottest hittats. Även ett pilotförsök avseende trestegsfilter har hittats, dock inte föregått av rening med MBR. I Tabell 5 presenteras olika designparametrar för flerstegsfilter med GAK samt de rekommendationer som IVL lämnat för detta uppdrag. Kort information om föregående process för de olika referenserna presenteras nedan.

IVL-1 Pilotstudie med MBR och två GAK-filter i serie. Processen uppströms omfattar grovrening, försedimentering samt biologisk rening genom aktivt slam följt av MBR (pilot).

IVL-2 Pilotstudie med tre GAK-filter i serie. Processen uppströms omfattar grovrening, försedimentering, biologisk rening genom aktivt slam samt efterpolering med kemisk fällning och slutsedimentering.

Rek. IVL IVL:s rekommendation för implementering av tvåstegs GAK-filter på Himmerfjärdsverket.

Tabell 5 Olika designparametrar för tvåstegsfilter med GAK (från tidigare erfarenheter).

Parameter	Enhet	IVL ¹	IVL ²	Rek. IVL ³
Kontaktid, EBCT (totalt för båda filtren tillsammans)	min	10-15	17-30	20
Ytbelastning per filter, vid Q_{dim}	m/h	3,2-4,8	3,4-5,7	10
Bäddvolym, EBV	-	17 000-	25 000/ 35 000	20 000- 50 000
Bäddhöjd	m	0,8	1,1	≥2,0
Backspolflöde	% av Q_{dim}	0,1 ⁴	-	-
Backspolningstid	min	155	-	-
Backspolningsfrekvens	-	Några dagars mellanrum ⁵	En gång/ vecka	-

1) Baresel, C. och Malovanyy, A., 2019, avsnitt 3.3

- 2) Ek, M., m.fl, 2013b
- 3) IVL, personlig kontakt 2019-04-25
- 4) Malovanyy, A., personlig kontakt 2019-03-26
- 5) Ek, M., m.fl, 2013a

3.2.1 Ytbelastning och kontakttid (EBCT)

IVL menar att ju högre ytbelastningen är, desto mer belastat blir det andra filtret (personlig kontakt 2019-04-25). Detta beror på att färre föroreningar tas upp i det första filtret och resulterar i att tiden innan genombrott kortas.

IVL:s första rekommendation är att gå på 6 m/h även för tvåstegsfilter, men de bedömer att man sannolikt också kan gå lite högre och att ytbelastningen för ett tvåstegsfilter utan problem borde kunna ligga på 10 m/h (personlig kontakt 2019-04-25). Potentiellt kan man ta hela flödet (Q_{max} för Himmerfjärdsverket efter utbyggnad, 10 000 m³/h) genom kolfiltren med denna dimensionering. IVL påpekar dock att det är viktigt att den hydrauliska kapaciteten inte påverkas och att vald ytbelastning ligger inom marginalen för vad kolleverantören rekommenderar.

Om dimensioneringen för enstegsfilter görs med en uppehållstid på 15 min så behöver varje filter inte ligga på fullt så hög EBCT för tvåstegsfilter, IVL tror att det kan räcka med 10+10 min (IVL, personlig kontakt 2019-04-25). Detta därmed ger en ökning av den totala uppehållstiden på ca 33 %.

Erfarenheter från USA visar på att två GAK-filter i serie vanligen dimensioneras för en ytbelastning på 5–12,5 m/h och en total EBCT på 7–10 min. Dessa erfarenheter är generella och gäller för tillämpning på avloppsvatten.

Ett sätt för dimensionering av tvåstegsfilter är att dividera den nödvändiga uppehållstiden med antalet filter i serie (i detta fall två). Som nämns under avsnitt 3.1.1 finns rekommendationer på en total EBCT på 25 min samt en ytbelastning på 10 m/h (för en partikelstorlek på 1,2–2,3 mm).

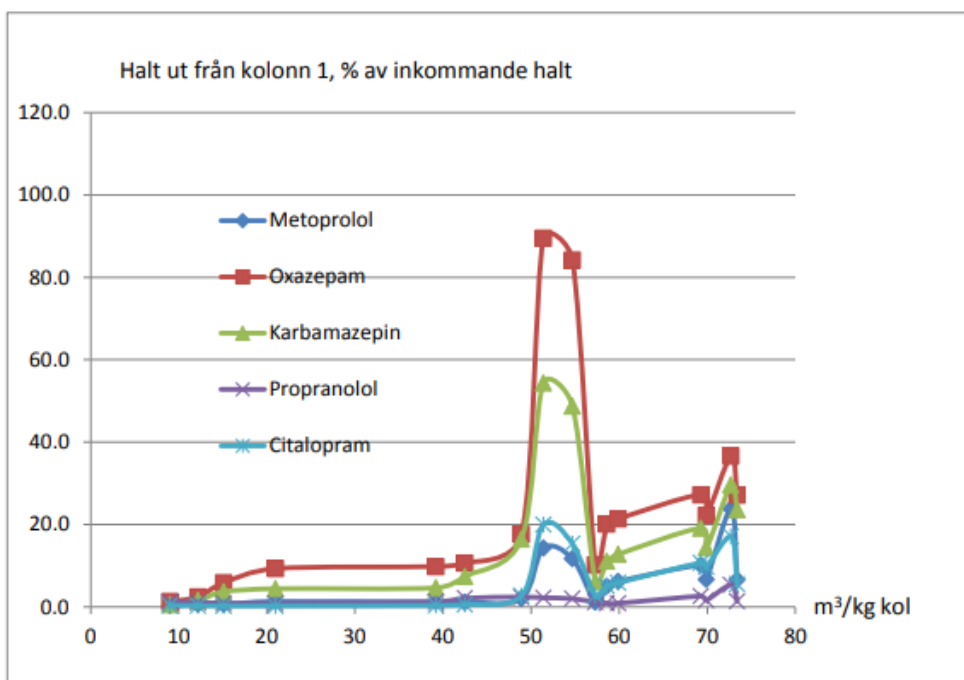
För GAK-filter i serie finns erfarenhet från PWN (Holländskt vattenbolag) och där har man kört med en EBCT (medel) på 13 min (max 20 min), och då tar varje filter hälften av uppehållstiden eftersom de är lika stora, samt en ytbelastning på 11 m/h (max 14 m/h). Denna referens gäller dock dricksvatten och vattnet in till filtren är nästan helt rent från TSS och DOC (<2 mg DOC/l).

3.2.2 Empty bed volumes

Vid slutet av IVL:s pilotförsök vid Himmerfjärdsverket hade ca 17 000 EBV passerat (Baresel, C. och Malovanyy, A., 2019), avskiljningsgraden låg då på 95 % för de flesta föroreningarna. Eftersom försöket då avslutades och därmed inte drevs till något genombrott är det mycket svårt att säga något om kolets kapacitet baserat på detta försök.

Vid försök vid Hammarby Sjöstadsverk erhöles genombrott vid ca 25 000 EBV (Ek, M., m.fl, 2013b samt Figur 2). Försöket fortsattes även efter 25 000 EBV och en återhämtning av kolet erhöles, vilket innebar att reningsgraden förbättrades efter 25 000 EBV och efter det erhöles ett andra genombrott först vid 35 000 EBV. Detta kan ses i Figur 2, där halterna av oxazepam och karbamazepin ökar vid ca 25 000 EBV för att sedan återigen sjunka och sedan öka igen runt 35 000 EBV. För övriga substanser ses inget genombrott, se även avsnitt 3.1.2

Då detta försök gjordes på avloppsvatten som ej renats genom MBR är det svårt att dra några slutsatser på antalet EBV utifrån detta.



Figur 3. Halt av några substanser i utgående vatten från kolonn 1 (K1), som procent av inkommande halt och funktion av belastning.

Figur 2 Urklipp från IVL rapport B 2089 som visar återhämtning av kolet (Ek, M., m.fl, 2013b).

För tvåstegs GAK-filter tror IVL att en EBV på 50 000 kan erhållas utan svårighet (ev. även upp till 60 000 EBV), detta eftersom de vid försök på Hammarby Sjöstadsverk kommit upp i detta för enstegsfilter när förbehandlingen inkluderat MBR (se avsnitt 3.1.2). De rekommenderar även att beräkningar utförs för ett värsta scenario med en EBV på 20 000 EBV (IVL, personlig kontakt 2019-04-25).

3.2.3 Bädddjup

Vid en given yta sätter bäddhöjden filtrets volym och därmed uppehållstiden i filtret, det är därmed viktigt att kombinationen av bäddhöjd, ytbelastningen (yta) och uppehållstid (volym) är den optimala för de givna förutsättningarna.

Precis som för enstegsfilter (se avsnitt 3.1.3) rekommenderar IVL ett bäddhöjd på minst 2–2,5 m, men även här menar de att ett större bädddjup kan vara fördelaktigt (IVL, personlig kontakt 2019-04-25).

Utöver bäddhöjden behöver det vid dimensionering även tas hänsyn till filterbäddens expansion vid backspolning. IVL (personlig kontakt 2019-04-25) menar att bäddhöjden behöver ökas med ca 30–50 % för att klara expansionen vid backspolning (kollas med leverantör).

3.2.4

Drift

Vid drift av tvåstegsfilter körs filter A som första filter tills man får genombrott i filter B (detta bör mätas med någon typ av onlinemätning). När detta händer byts kolet i filter A och ordningen i filterserien vänds, sen körs filterparet till dess att genombrott erhålls i filter A. Då byts kolet i filter B och ordningen vänds återigen (IVL, personlig kontakt 2019-04-25). På så vis är det filter som har nyast kol alltid filter två i serien.

Filtren behöver inte backspolas samtidigt, eftersom det är onödigt att backspola dem mer än nödvändigt. Vid försök som IVL gjort backspolades filter A regelbundet (ca var sjätte vecka), medan filter B backspolades första gången efter 300 dagar (IVL, personlig kontakt 2019-04-25). Den längre tiden mellan backspolningstillfällena för filter B beror på att detta filter inte satte igen lika ofta, till följd av att suspenderat material togs upp i filter A (IVL, personlig kontakt 2019-09-19). Däremot är vattnet från MBR sannolikt så rent att backspolning kommer att behövas mer sällan och eftersom båda filtren ändå kommer att vara avstängda vid backspolningen kan det vara en idé att backspola båda samtidigt. Se även info om backspolning under enstegsfilter.

För redundans behövs minst två filterpar, se även under enstegsfilter, dvs dimensionering för Q_{\max} 6 600 m³/h vid N-2.

3.3

Info från leverantörer

I detta avsnitt presenteras den information som erhållits från olika leverantörer av GAK.

3.3.1

Chemviron

I produktdatabladet från Chemvrons produkt Filtrasorb®400 (kornstorlek 1,0 mm) anges att typiska designparametrar vid beredning av dricksvatten är:

- EBCT 10–30 min,
- Filterdjup 1–3 m
- Ytbelastning 5–20 m/h
- Expansion 20 %

3.3.2

Brenntag

Vid kontakt med Brenntag menar de att den viktigaste designparametern är uppehållstiden och att den bör vara minst 15 min. Om föroreningarna inte fastnar

på den tiden menar Brenntag att aktivt kol inte fungerar så bra för just den föroreningen (Adolfsson, S-E., personlig kontakt 2019-05-17). Vad gäller ytbelastningen menar Brenntag att ytbelastningen i princip kan vara hur hög som helst, bara filtret klarar det (Adolfsson, S-E., personlig kontakt 2019-05-17).

Bäddhöjden bör enligt Brenntag (Adolfsson, S-E., personlig kontakt 2019-05-17) inte understiga 1 m, men de påpekar också att hänsyn behöver tas till den "mass transfer zone" som rör sig genom bädden och att när den når det lägsta kollagret erhålls genombrott.

För detta projekt rekommenderar Brenntag produkten Norit GAC 830 W (kornstorlek 0,9 mm) eller 1240 W (kornstorlek 0,6-0,7 mm), alternativt Norit ROW 0,8 Supra (kornstorlek <0,6 mm).

3.3.3

Jacobi

Vid kontakt med Jacobi (Moden, M., personlig kontakt 2019-05-28) rekommenderar de en total EBCT på 20–25 min. De menar även att om en ytbelastning på 5 m/h fungerar för ett enstegsfilter så bör det gå bra att dubbla ytbelastningen till 10 m/h för ett tvåstegsfilter.

Vad gäller bäddhöjden rekommenderar Jacobi en bäddhöjd på 1–1,5 m, detta beror framför allt på att större backspolningsflöden behövs vid högre bäddhöjder (Moden, M., personlig kontakt 2019-05-28 samt 2019-09-19). Det är dock viktigt att ytan är så stor att tillräcklig EBCT erhålls.

För detta projekt rekommenderar de antingen Aquasorb 6100 eller 6300, som är agglomererade kol och klarar ett brett spektrum av molekyler.

4. Diskussion och slutsatser

I fråga om kontakttiden (EBCT) har försök på enstegsfilter visat på att en total EBCT på 10–15 min ger en god reduktion av läkemedelsrester, medan andra referenser (branschkollegor samt försök i större skala) anger ett spann för total EBCT på 7–10 och upp till 25 min. Erfarenheter visar på att kontakttiden tillsammans med det inkommande vattnets DOC-innehåll har stor påverkan på kolets livslängd. Då en ytbelastning i den högre delen av spannet valts föreslås här att EBCT sätts till totalt 25 min, vilket innebär ca 12,5 min per filter.

Vad gäller ytbelastningen för tvåstegsfilter bygger underlaget på pilotstudier från IVL samt erfarenheter från kollegor i branschen. I underlaget varierar ytbelastningen mellan ca 4 och 12,5 m/h för avloppsvatten, även om högre ytbelastningar verkar förekomma vid rening av dricksvatten.

För tvåstegsfilter kommer den totala filterarean att bli relativt stor om en ytbelastning på ca 5 m/h väljs, vilket inte blir kostnadseffektivt för en anläggning med tvåstegsfilter. Ramboll bedömer att det skulle kunna finnas fördelar och ett mervärde i att gå vidare med tvåstegsfilter, för detta principförslag föreslås därför en ytbelastning för tvåstegsfilter på ca 10 m/h. Även om underlaget varierar verkar detta inte vara en ovanlig ytbelastning för GAK-filter för avloppsvattenrening.

Antalet bäddvolymmer innan byte av kol har av IVL föreslagits att ansättas som två olika scenarion, ett "värsta" scenario på 20 000 EBV och ett "bästa" scenario på 50 000 EBV. Informationen avseende denna designparameter är mycket begränsad och därför föreslås att IVL:s förslag med ett värsta och ett bästa scenario används för denna utredning.

Behovet av redundans har diskuterats med Syvab vid ett gemensamt möte (2019-05-16) och det beslutades där att två filterpar behövs för detta. Detta innebär att dimensionering görs för N-2, vid Q_{dim} 6 600 m³/h.

Backspolningshastigheten föreslås här sättas till 30 m/h och spoltiden ansätts till 15 min per filter, två gånger i veckan. Vidare föreslås att backspolningen delas upp i två faser, där både vatten och luft används i den första fasen för bättre frisättning av suspenderat material, medan endast vatten används i den andra fasen. Vid beräkningar ansätts varje filter vara ur drift ca 1 h vid backspolning. Efter driftsättning är det dock viktigt att backspolningen utvärderas och optimeras.

Sammanfattningsvis kan sägas att det finns mycket begränsade data i underlaget och det skulle vara önskvärt med försök i större skala, på GAK-filter i serie som föregås av en biologisk rening med MBR. Ramboll har inte hittat uppgifter från någon anläggning med tvåstegsfilter i fullskaledrift, vare sig föregått av eller utan MBR. Med detta processval följer att det är en förutsättning att försök under längre tid i större skala genomförs för att kunna verifiera de antagna

processparametrarna. För samtliga designparametrar är det dessutom viktigt vilket kol som väljs, både kolets kvalitet och partikelstorlek spelar roll. Även detta skulle med fördel kunna undersökas vid försök i större skala.

4.1 Förslag till designdata

Slutliga förslag till designdata för detta principförslag presenteras i Tabell 6.

Tabell 6 Slutliga förslag till designdata.

Parameter	Enhet	Syvab
Kontakttid per filter, EBCT	min	12,5
Total kontakttid över ett filterpar, EBCT	min	25
Ytbelastning per filter, vid Q_{dim}	m/h	10
Bäddvolym, EBV	-	20 000/ 50 000
Bäddhöjd	m	2,0
Backspolningshastighet	m/h	30

5. Referenser

Adolfsson, S-E., personlig kontakt (e-post), 2019-05-17

Baresel, C., personlig kontakt (e-post), 2019-06-11

Baresel, C., personlig kontakt (e-post), 2019-06-18

Baresel, C., personlig kontakt (e-post), 2019-09-19

Baresel, C. och Malovanyy, A., 2019, *Införande av läkemedelsrening vid Himmerfjärdsverket*, IVL

Baresel, C., m.fl, 2017, *Kompletterande tester för en resurseffektiv avancerad rening av avloppsvatten*, IVL rapport B2287

Eawag, 2017, *Elimination von Spurenstoffen durch granulierte Aktivkohle (GAK) Filtration: Grosstechnische Untersuchungen auf der ARA Bülach-Furt*, https://www.micropoll.ch/fileadmin/user_upload/Redaktion/Dokumente/01_Berichte/02_Technische_Verfahren/03_Aktivkohle/GAK_Bu%CC%88lach_Zwischenbericht_27032017_Final.pdf

Edefell, E., m.fl., 2019, *Ultrafilter och granulerat aktivt kol för avskiljning av mikroföroreningar*, SVU-rapport 2019-1, Svenskt Vatten

Ek, M., m.fl, 2013a, *Avskiljning av läkemedelsrester med granulerat aktivt kol*, IVL rapport U4492

Ek, M., m.fl, 2013b, *Aktivt kol för avlägsnande av läkemedelsrester ur behandlat avloppsvatten*, IVL rapport B2089

IVL, personlig kontakt (Skype-möte med Christian Baresel och Andriy Malovanyy), 2019-04-25

Kårelid, V., personlig kontakt (e-post), 2019-04-12.

Malovanyy, A., personlig kontakt (genom granskningskommentarer för teknikutredning daterad 2019-03-20), 2019-03-26

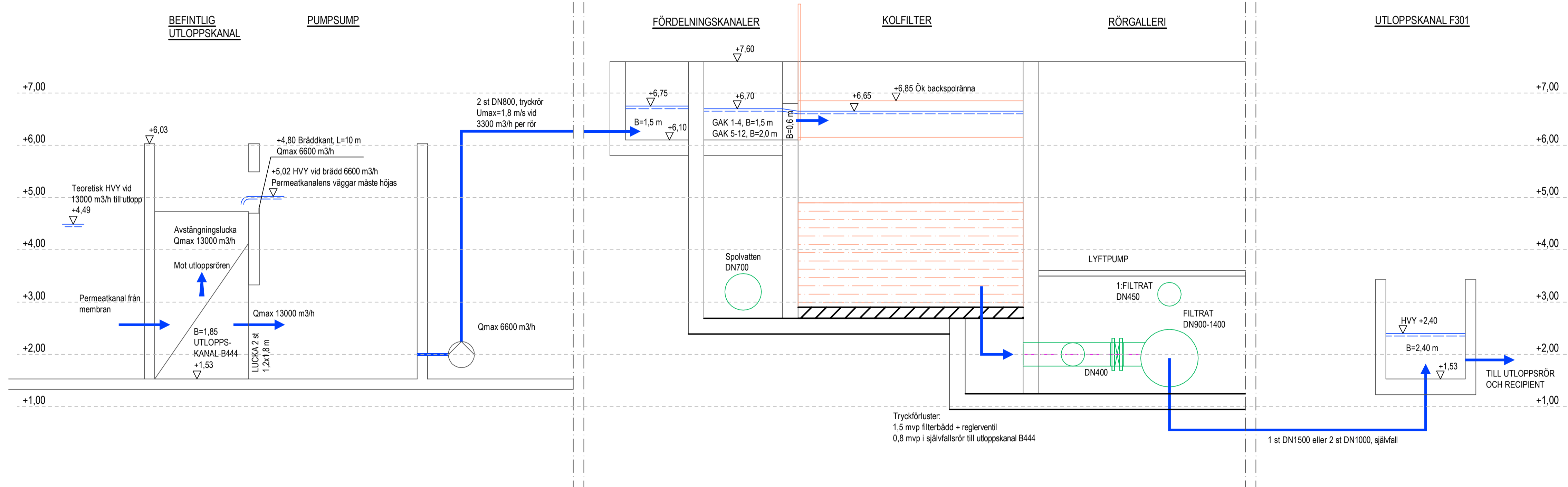
Moden, M., personlig kontakt (e-post), 2019-05-28 samt 2019-09-19

STOWA, 2015, *STOWA 2015-27 VERWIJDERING VAN MICROVERONTREINIGINGEN UIT EFFLUENTEN VAN RWZI'S*; <https://www.stowa.nl/publicaties/verwijdering-van-microverontreiniging-uit-effluenten-van-rwzis>

FÖRKLARINGAR

B = Bredd
 Qmin/Qmax = Flöde min/max
 U = Flödeshastighet, medel

Se huvudrapport för beskrivning.



SLUTGILTIG

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
-	-	-	-	-

FÖRSTUDIE

LÄKEMEDELSRENING SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET

Rambøll Sverige AB
 DRAGARBRUNNSGATAN 78 B
 753 20 UPPSALA
 Tfn: 010-615 60 00
 Fax:
www.ramboll.se



UPPDRAG NR 613T1356758-025	RITAD/ANSV. AV M. KARLSSON	HANDLÄGGARE M. KARLSSON
DATUM 2019-10-25	ANSV. ARB. JOHANNA GRIM	

FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL
 HYDRAULISK PROFIL

SKALA 1:50, A1	NUMMER N-30-8-101	BET -
-------------------	----------------------	----------

Bilaga 3 Kostnads kalkyl

Uppdrag Förstudie läkemedelsrening Syvab
Beställare Syvab

Datum 2019-10-25

Ramboll Sweden AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

T: +46-10-615 60 00
D: +46 (0)10 615 66 36

Unr 613T1356758-025

Ramboll Sweden AB
Org nr 556133-0506

1. Investeringskostnad

1.1 Kalkylförutsättningar

Kostnader för maskinobjekt härstammar från leverantörsoffert, listpriser samt uppgifter från tidigare projekt, maskinobjekt enligt kapitel 5 och flödesschema. Maskinkostnader inkluderar montagekostnad. Maskinkostnaden inkluderar även första inköp av aktivt kol till samtliga filter. Därefter ingår aktivt kol i driftkostnaden.

Kostnader för bygg, mark, el och styr har bedömts schablonmässigt baserat på antaganden i kapitel 6–9 i Principförslaget.

Entreprenadkostnaden inkluderar 20 % oförutsedda kostnader. Investeringskostnaden inkluderar påslag för samordning av entreprenader, projektering, upphandling, bygglösning, kontroll och besiktning.

1.2 Investeringskostnadsbedömning

Investeringskostnadsbedömningen sammanställs i Tabell 1 och uppgår till ca 433 MSEK.

Tabell 1 Investeringskostnadsbedömning för GAK-filteranläggning vid Himmerfjärdsverket.

KOSTNADSSLAG		SUMMA KKR
1. MARK inkl grundläggning		30 470
2. BYGG		121 680
3. LUFT, RÖR		10 800
4. EL OCH STYR		16 200
<i>OFÖRUTSETT</i>	20%	35 830
SUMMA 1. - 4.		214 980
5. MASKIN		82 300
5a. GAK första inköp		39 900
<i>OFÖRUTSETT</i>	20%	24 400
SUMMA MASKIN		146 640
SUMMA ENTREPRENADKOSTNADER		361 620
SAMORDNING AV ENTREPRENADER (MASKIN, exkl. GAK)	6%	6 404
PROJEKTERING, UPPHANDLING, BYGGLEDNING, KONTROLL, BESIKTNING	18%	65 092
SUMMA INVESTERINGSKOSTNAD		433 100

2. Driftkostnadsbedömning

I samband med framtagande av principförslag avseende läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket har driftskostnader för föreslagen anläggningen beräknats. Driftskostnaderna har gjorts för fyra olika scenarion dels med olika livslängd på kolet, dels med olika metoder för hantering av förbrukat kol. De scenarier som studerats presenteras i Tabell 2.

Tabell 2 Olika scenarier för beräkning av driftkostnader.

Scenario	Kolets livslängd, EBV	Metod för hantering av förbrukat kol
1	50 000	Regenerering
2	20 000	Regenerering
3	50 000	Förbränning
4	20 000	Förbränning

2.1 Förutsättningar

I Tabell 3 presenteras de förutsättningar som gäller flöden, kolets livslängd, antal byten per år och kolförbrukning för 50 000 respektive 20 000 EBV.

Vid omräkning av kolvolymen (m³) till mängder (ton) har den våtdensitet som anges i Chemvicons produktdatablad för Filtrasorb 400 använts. Vid avvattning av kolet kommer sannolikt densiteten förändras till följd av att ytterligare vatten avlägsnas. Det saknas dock uppgifter på vilken TS-halt kolet har vid angiven våtdensitet, varför det inte gått att räkna om till förhållandena efter avvattning.

Tabell 3 Förutsättningar avseende bl.a. antal bäddvolymer, flöden, antal byten och kolförbrukning.

	Enhet	Värde vid EBV = 50 000	Värde vid EBV = 20 000
Flöde			
Qdim	m ³ /h	6 600	6 600
Flöde per filterpar	m ³ /h	550	550
Kol			
Våtdensitet	kg/m ³	425	425
Livslängd	år/filter	1,2	0,5
Byten			
Antal första filter*	st	14	14
Antal byten per år	st/år	11	28
Kolförbrukning			
Per byte	m ³ /per byte	120	120
	ton/per byte	51	51
Per år	m ³ /år	1 349	3 373
	ton/år	573	1 433

*Det är alltid bara det första filtret i paret som byts vid varje tillfälle.

I Tabell 4 presenteras de kostnader som använts vid beräkning av driftkostnad. Viktigt att beakta är att en del av de kostnader som presenteras i Tabell 4 baserade på budgetpriser och andra kommuners erfarenheter, detta gäller t.ex. kostnad för nytt kol, regenerering och transporter. Dessa priser kan därför komma att förändras vid en upphandling av respektive kostnadsslag. Ingen avgift har kunnat erhållas från närmsta förbränningsanläggning, en kostnad per ton kol har därför antagits till 500 kr/ton.

Vid kostnadsberäkning för nytt kol ingår inte det första inköpet av kol. Vidare har det vid scenariot med regenerering beräknats att det regenererade kolet behöver fyllas på med 10 % nytt kol vid varje regenerering. Vid scenariot med förbränning köps helt nytt kol in.

Vid regenerering har antagits att det regenererade kolet har lika lång livslängd som nytt aktivt kol. Det finns dock risk för att kolkvaliteten är sämre efter regenerering, vilket innebär att kolet behöver bytas oftare och kostnaderna stiger. Erfarenheter från Obere Lutter i Tyskland (se rapport från studieresa, bilaga 2 till Teknikutredning (Ramböll, 2019-04-12)) visar på att regenererat kol kan ha olika livslängd beroende på hur "bra" regenereringen har gått. Det har

dock inte varit möjligt att fastställa hur lång livslängd kolet har efter regenerering jämfört med nytt kol.

Tabell 4 Kostnader för beräkning av driftkostnader.

	Enhet	Värde
Nytt kol		
Valutakurs*	kr/€	10,75
Kostnad	€/ton	2 600
	kr/ton	27 950
Regenerering		
Avgift (inkl. transport)	kr/m ³	8 500**
Förbränning		
Avgift	kr/ton	500***
Transport	kr/m ³	200****
Personalkostnad (en heltid)		
En heltidstjänst	kr/år	925 000
Energikostnad		
Elpris	kr/kWh	1,0

*Hämtat från valuta.se den 2019-08-07.

**Baserat på erfarenheter från andra anläggningar.

***Bedömning, pris kan variera mellan förbränningsanläggningar.

****Beräknad kostnad för transport av slam- och aska enligt uppgifter från Naturvårdsverkets rapport 5522, indexuppräknat till 2019 års prisnivå.

I Tabell 5 presenteras uppgifter för maskinutrustning som tagits med i driftskostnadsberäkningarna.

Tabell 5 Elförbrukning maskinutrustning.

	Antal	Effekt per st	Kommentar
Inloppspump	3	61	Två pumpar alltid i drift.
Mellanpump	14	1,7	12 pumpar alltid i drift.
Backspolningspump	2	18	En pump i drift 0,5 h, 14 ggr/vecka.
Spolavloppspump	2	11	En pump alltid i drift.
Ejektorpump	1	11	I drift 2*8 h/vecka.
Blåsmaskin	2	40	Två backpolningar/ filterpar och vecka, 5 min vid varje.

Underhållskostnader har beräknats som schablonvärden utifrån investeringskostnad enligt Tabell 6.

Tabell 6 Antaganden underhållskostnad.

	% av investeringskostnad
Underhåll, byggnader	1%
Underhåll, maskin allmänt	2%

2.2 Driftkostnader

I Tabell 7 presenteras de driftkostnader som beräknats för respektive scenario.

Underhållskostnad bedöms till 6,5 Mkr/år.

Tabell 7 Beräknade driftkostnader för respektive scenario.

		Scenario			
		Regenerering		Förbränning	
		50 000 EBV	20 000 EBV	50 000 EBV	20 000 EBV
Hantering förbrukat kol					
Kostnad	Mkr/år	11,5	28,7	0,7	1,7
Transport	Mkr/år	0,0*	0,0*	0,3	0,7
Nytt kol					
Kostnad	Mkr/år	1,6	4,0	16,0	40,1
Personal					
En heltid	Mkr/år	0,9	0,9	0,9	0,9
Energikostnad					
Pumpar, kolhantering, blåsmaskin	Mkr/år	1,4	1,4	1,4	1,4
Total kostnad	Mkr/år	15,4	35,0	19,3	44,7

*Transport ingår i kostnad för regenerering

3. Årskostnad

Årskostnad för GAK-anläggningen har beräknats med följande antaganden.

- Kalkylränta (inkl. inflation) 3 %
- Avskrivningstider
 - Maskin 10 år
 - El och styr 10 år
 - VVS 10 år
 - Bygg 33 år
 - Mark 20 år

Kapitalkostnaden för anläggningen beräknas till 36,4 MSEK/år. Årskostnaden beräknas till 58,2–77,8 MSEK/år med regenerering och 62,1–87,6 MSEK/år med förbränning, se Tabell 8.

Tabell 8 Beräknade årskostnader.

		Scenario			
		Regenerering		Förbränning	
		50 000 EBV	20 000 EBV	50 000 EBV	20 000 EBV
Driftkostnader	Mkr/år	15,4	35,0	19,3	44,7
Underhållskostnad	Mkr/år	6,5	6,5	6,5	6,5
Kapitalkostnad	Mkr/år	36,4	36,4	36,4	36,4
Total årskostnad	Mkr/år	58,2	77,8	62,1	87,6
Kostnad per behandlad mängd avloppsvatten	kr/m³	1,01	1,35	1,07	1,51

Ritningsförteckning

Dokument nummer	Sida/Sidor
-	1/1
Handläggare	
Gustav André	
Datum	
2019-10-25	
Uppdragsnummer	
613T1356758	
Ändringsdatum	Bet.
-	-

Teknikområde
Maskin
Uppdrag
SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET LÄKEMEDELSRENING
Status
FÖRSTUDIE

Ritningsnummer	Bet.	Ritningens benämning	Skala	Datum	Ändringsdatum
----------------	------	----------------------	-------	-------	---------------

Flödesschema

A1

N-30-8-001	Översikt	-	2019-10-25
N-30-8-002	Filterpar 1-2	-	2019-10-25

Ritningar

Plan

N-30-1-001	Underplan	1:200	2019-10-25
N-30-1-002	Överplan	1:200	2019-10-25
N-30-1-003	Situationsplan	1:1000	2019-10-25

Sektion

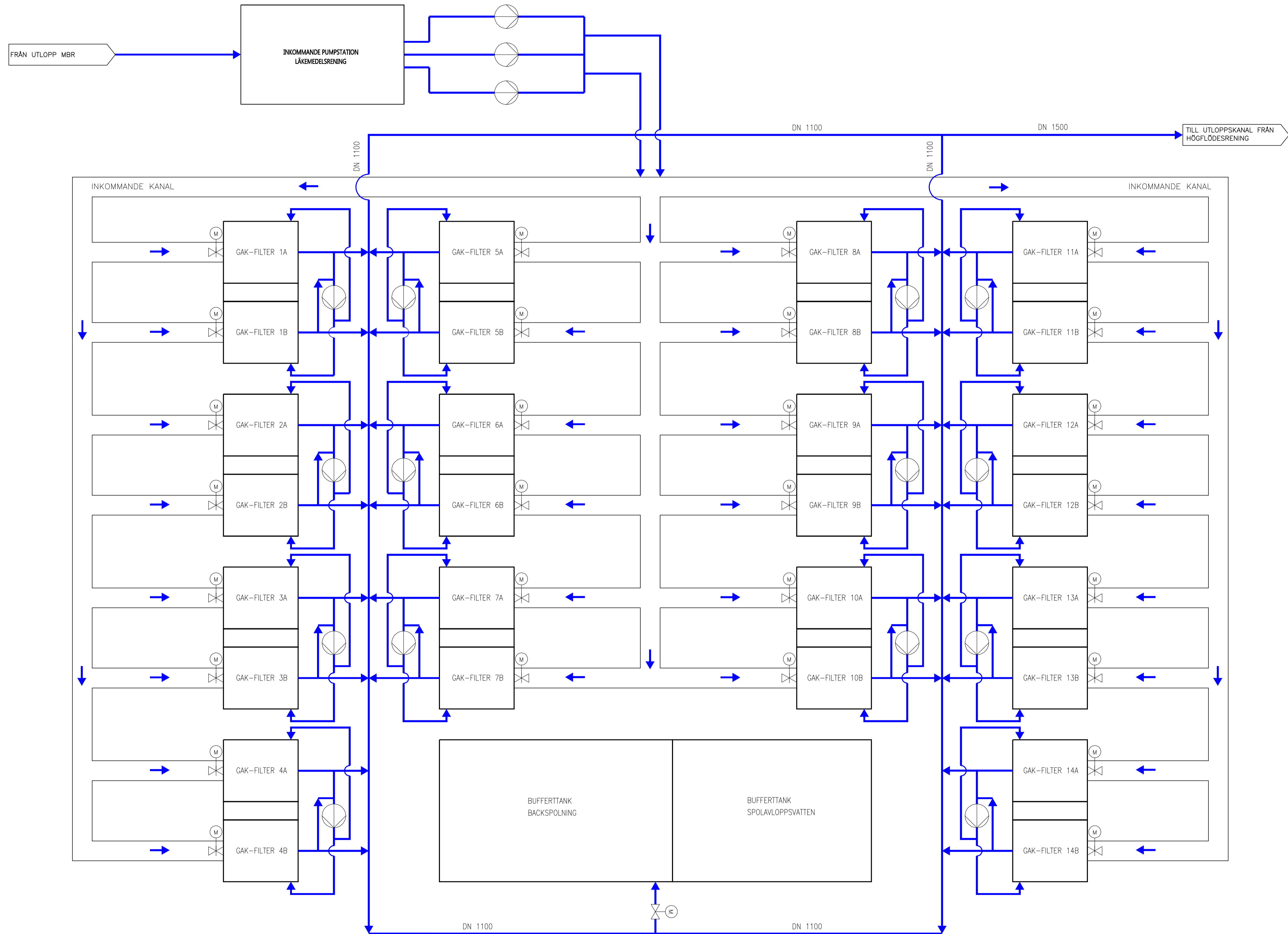
N-30-2-001	Sektioner A-A, B-B, C-C	1:50	2019-10-25
------------	-------------------------	------	------------

Detalj

N-30-6-001	Detalj 1, 2, 3	1:100 1:50	2019-10-25
------------	----------------	---------------	------------

Skiss

N-30-0-101	Inloppspumpstation till kolfilter	1:50	2019-10-25
------------	-----------------------------------	------	------------



FÖRKLARINGAR

- Huvudflöde
- - - Brädd/förbigång
- Renat avl.vatten
- Slam
- Rens
- Sand
- Rötgas
- Kemikalier
- Processluft
- Rejektvatten
- Hefvatten
- Avluftning

KOD FÖR IDENTIFIERING AV INSTRUMENTFUNKT.

Bet	Första bokstav	Bet	Följebokstav
D	Densitet	A	Larm
F	Flöde	C	Kontinuerlig styrning
G	Läge, längd	D	Differens
H	Manuell inställning	F	Kvot
K	Tid	I	Indikering
L	Nivå	O	Optimering
O	On/off ventil	P	Kontrollmätanslutning
P	Tryck, vakuum	Q	Integr. summering
Q	Analys, kvalitet	R	Registrering
S	Hastighet, frekvens	S	Kontaktfunktion
T	Temperatur	Z	Nöd- säkerhetsfunkt.
W	Vikt, kraft		

- STYRNING
- Styrsystem/Manöverrum
 - Lokal styrning

- PUMP (ALLMÄN)
- CENTRIGUALPUMP
- EXCENTERSKRUVPUMP
- BLÅSMASKIN/KOMPRESSOR
- EJEKTOR
- NIVÅGIVARE
- NIVÅVAKT
- FLÖDESGIVARE
- TRYCKGIVARE
- TRYCKINDIKATOR
- HANDVENTIL
- BACKVENTIL
- AUTOMATVENTIL
- MAGNETVENTIL
- SÄKERHETSVENTIL
- LUCKA
- REGLERVENTIL
- SLUTGILTIG**

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

FÖRSTUDIE

LÄKEMEDELSRENING SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET

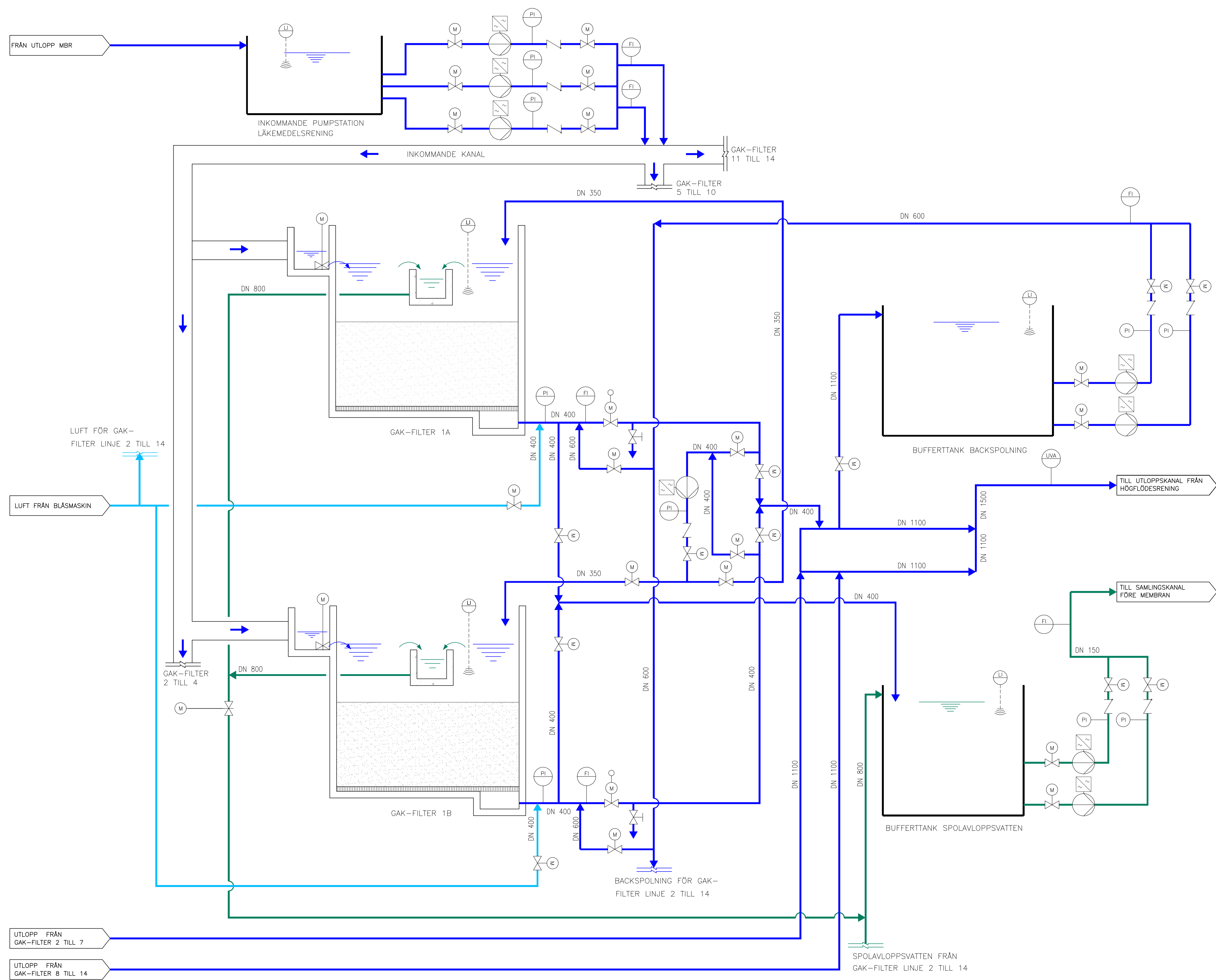
Ramboll Sverige AB
DRAGARBRUNNSGATAN 78 B
753 20 UPPSALA
Tfn: 010-615 60 00
Fax: www.ramboll.se



UPPDRAG NR 61311356758-025	RITAD/ÄNDR AV HRCP	HANDLÖGGARE GUAN
DATUM 2019-10-25	ANSVARIG JOHANNA GRIM	

FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL ÖVERSIKT
-
PROCESSFLÖDESSHEMA

SKALA -, A1	NUMMER N-30-8-001	BET -
----------------	----------------------	----------



FÖRKLARINGAR

- Huvudflöde
- Brädd/förbigång
- Renat avl.vatten
- Slam
- Rens
- Sand
- Rötgas
- Kemikalier
- Processluft
- Rejektvatten
- Helvatten
- Avluftning

KOD FÖR IDENTIFIERING AV INSTRUMENTFUNKT.

Bet	Första bokstav	Bet	Följebokstav
D	Densitet	A	Larm
F	Flöde	C	Kontinuerlig styrning
G	Läge, längd	D	Differens
H	Manuell inställning	F	Kvot
K	Tid	I	Indikering
L	Nivå	O	Optimering
O	On/off ventil	P	Kontrollmätanslutning
P	Tryck, vakuum	Q	Integr. summering
Q	Analys, kvalitet	R	Registrering
S	Hasighet, frekvens	S	Kontaktfunktion
T	Temperatur	Z	Nöd- säkerhetsfunkt.
W	Vikt, kraft		

STYRNING

- Styrsystem/Manöverrum
- Lokal styrning

- PUMP (ALLMÄN)
- CENTRIGUALPUMP
- EXCENTERSKRUVPUMP
- BLÅSMASKIN/KOMPRESSOR
- EJEKTOR
- NIVÅGIVARE
- NIVÅVAKT
- FLÖDESGIVARE
- TRYCKGIVARE
- TRYCKINDIKATOR
- HANDVENTIL
- BACKVENTIL
- AUTOMATVENTIL
- MAGNETVENTIL
- SÄKERHETSVENTIL
- LUCKA
- REGLERVENTIL
- SLUTGILTIG**

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

FÖRSTUDIE

LÄKEMEDELSRENING SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET

Ramböll Sverige AB
DRAGARBRUNNSGATAN 78 B
753 20 UPPSALA
Tfn: 010-615 60 00
Fax: www.ramboll.se

UPPDRAG NR: 6131356758-025
ANSVARIG: HRCP
HANDLÖGARE: GUAN
DATUM: 2019-10-25
ANSVARIG: JOHANNA GRIM

FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL
FILTERPAR 1-2

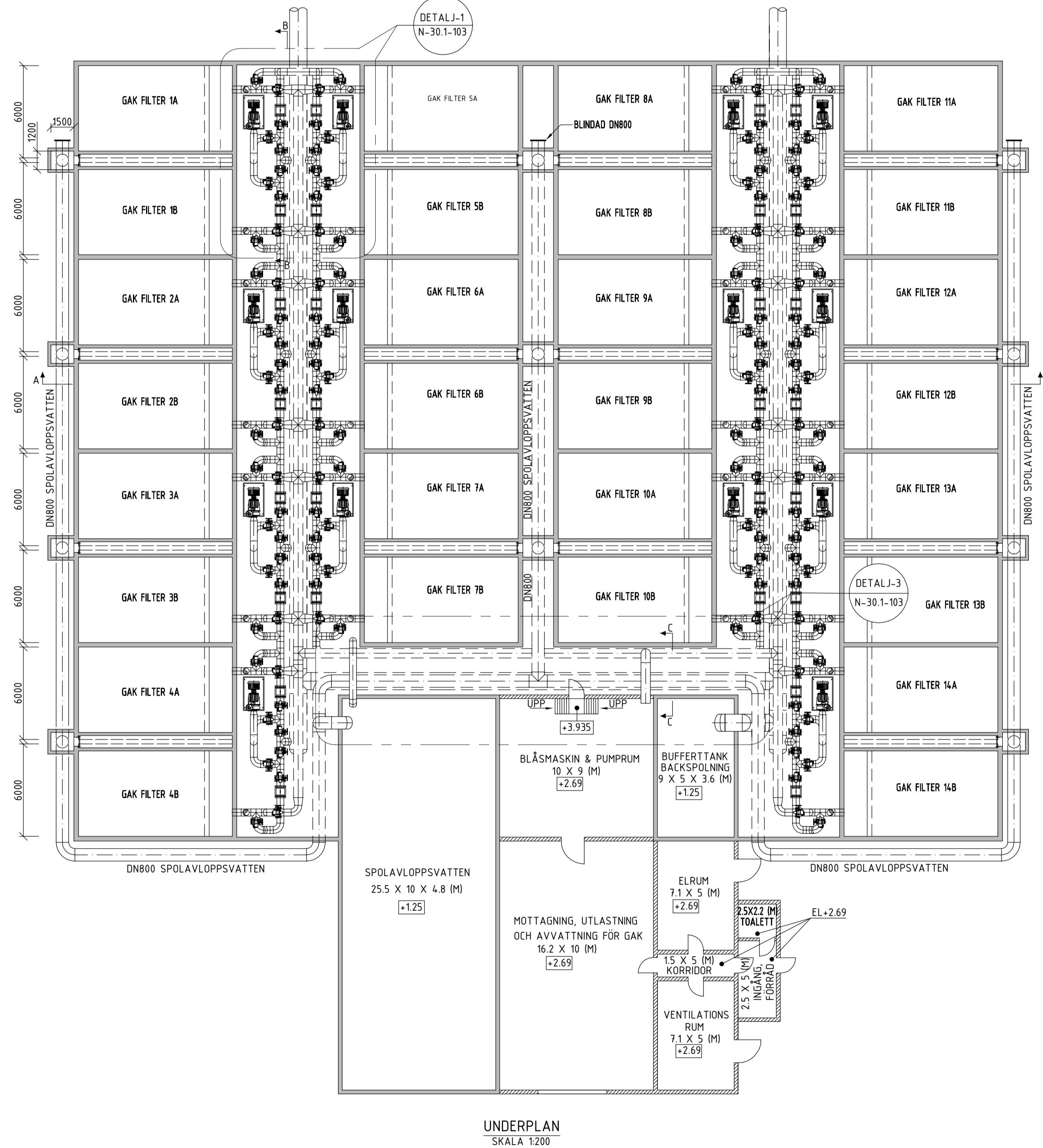
PROCESSFLÖDESSCHEMA

SKALA: A1
NUMMER: N-30-8-002
BET: -

FÖRKLARINGAR

REFERENSSYSTEM:
HÖJDSYSTEM:

- BETONGVÄGG
- LÄTTVÄGG
- RÖR



SLUTGILTIG

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

FÖRSTUDIE
LÄKEMEDELSRENING
SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET

Ramboll Sverige AB
DRAGARBRUNNSGATAN 78 B



753 20 UPPSALA

Tfn: 010-615 60 00
Fax:
www.ramboll.se

UPPDRAG NR 613T1356758-025

RITAD/KONSTR AV HRCF

HANDLÄGGARE GUAN

DATUM 2019-10-25

ANSVARIG JOHANNA GRIM

FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL

ÖVERSIKT

UNDERPLAN

SKALA 1:200, A1

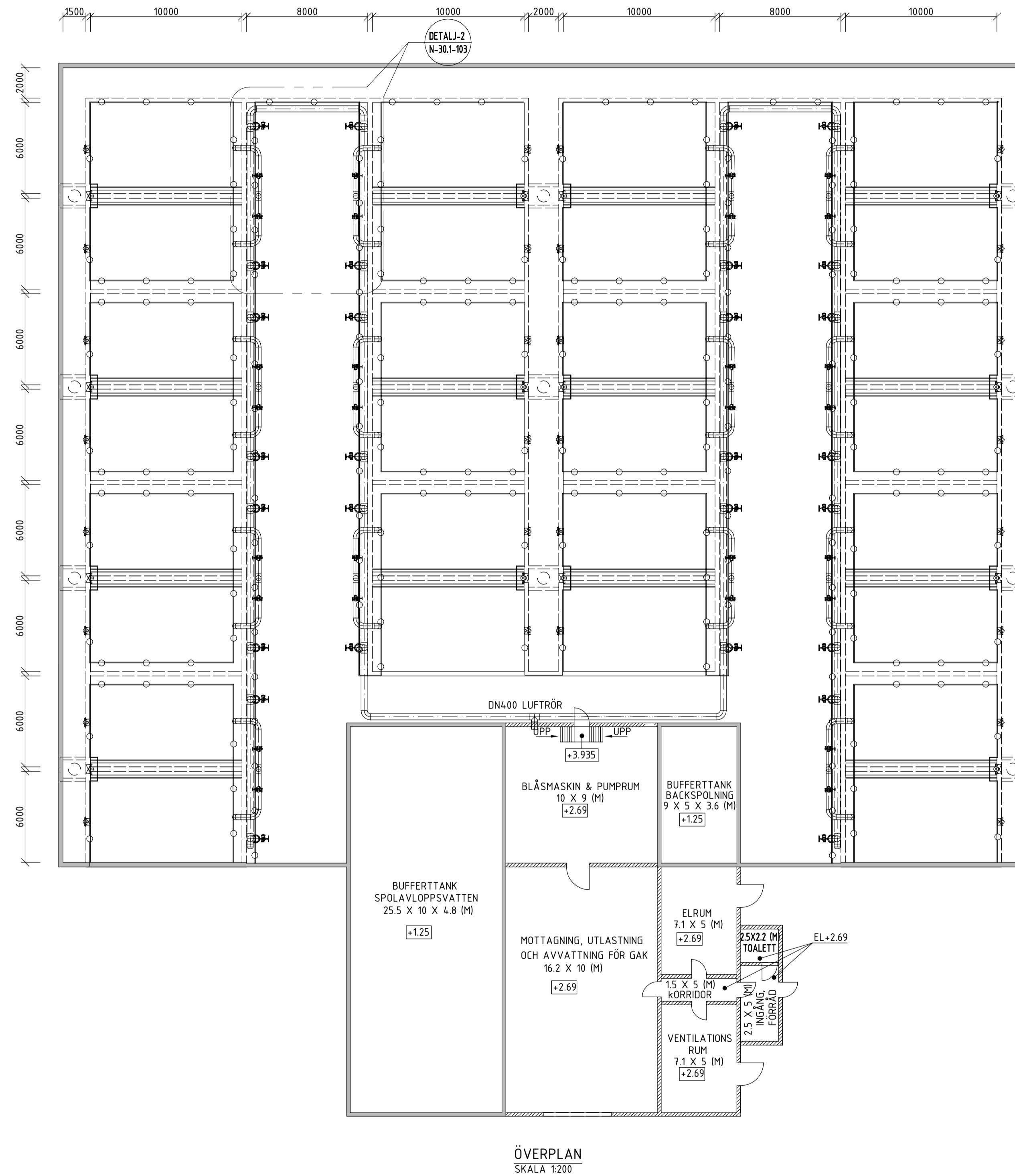
NUMMER N-30-1-001

BET -

FÖRKLARINGAR

REFERENSSYSTEM:
HÖJDSYSTEM:

- BETONGVÄGG
- LÄTTVÄGG
- RÖR



SLUTGILTIG

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

FÖRSTUDIE
LÄKEMEDELSRENING
SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET

Ramboll Sverige AB
DRAGARBRUNNSGATAN 78 B



753 20 UPPSALA
Tfn: 010-615 60 00
Fax:
www.ramboll.se

UPPDRAG NR 613T1356758-025	RITAD/KONSTR AV HRCP	HANDLÄGGARE GUAN
DATUM 2019-10-25	ANSVARIG JOHANNA GRIM	

FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL
ÖVERSIKT
-
ÖVERPLAN

SKALA 1:200, A1	NUMMER N-30-1-002	BET -
--------------------	----------------------	----------

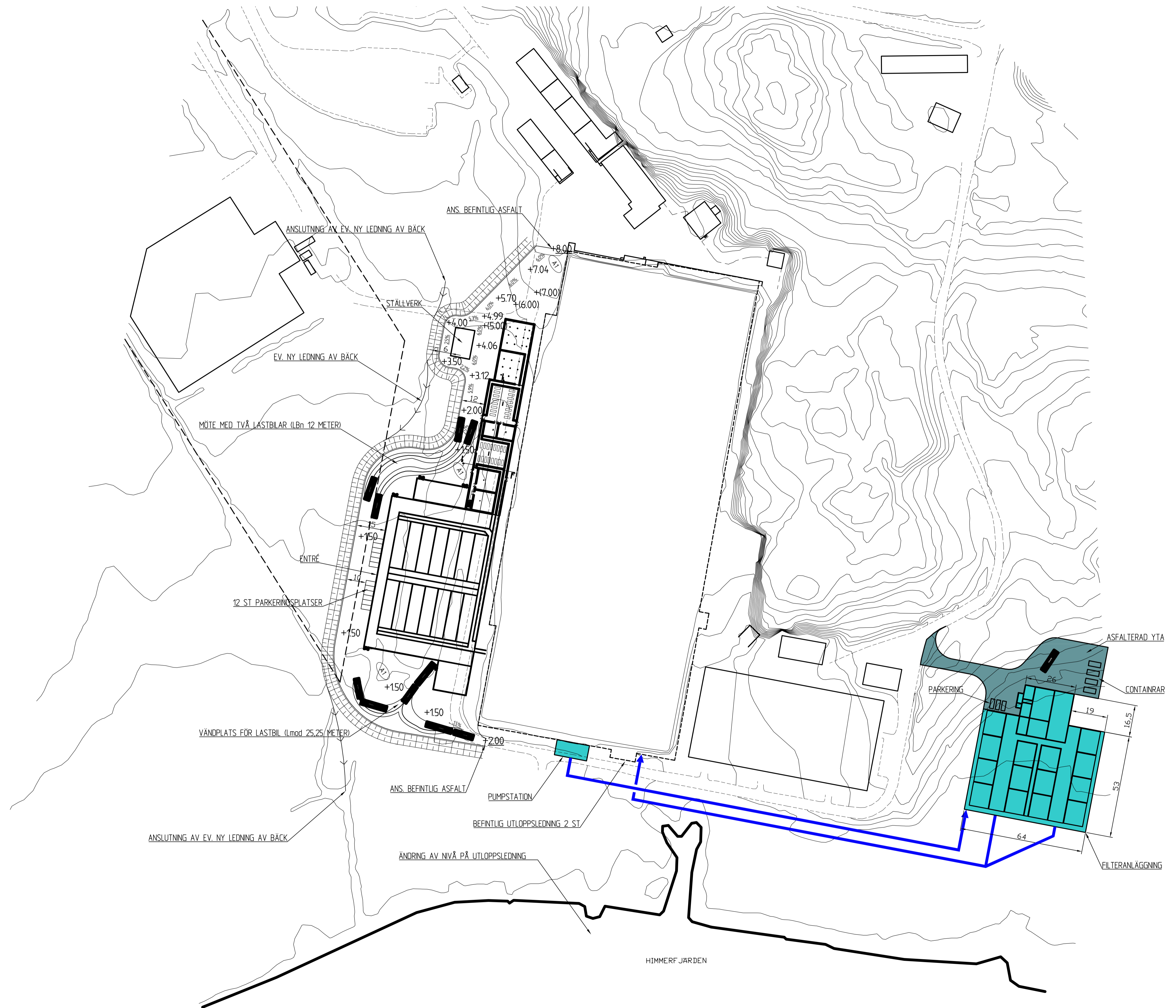
FÖRKLARINGAR

REFERENSSYSTEM:

HÖJDSYSTEM:

NY BYGGNAD

NY ASFALTSYTA



SLUTGILTIG

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

FÖRSTUDIE

LÄKEMEDELSRENING SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET

Ramböll Sverige AB

DRAGARBRUNNSGATAN 78 B



753 20 UPPSALA

Tfn: 010-615 60 00

Fax: www.ramboll.se

UPPDRAG NR

613T1356758-025

RITAD/ANSTR AV

GUAN

HANDLÄGGARE

JOCA

DATUM

2019-10-25

ANSVARIG

JOHANNA GRIM

FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL
ÖVERSIKT

SITUATIONSPLAN

SKALA

1:1000, A1

NUMMER

N-30-1-003

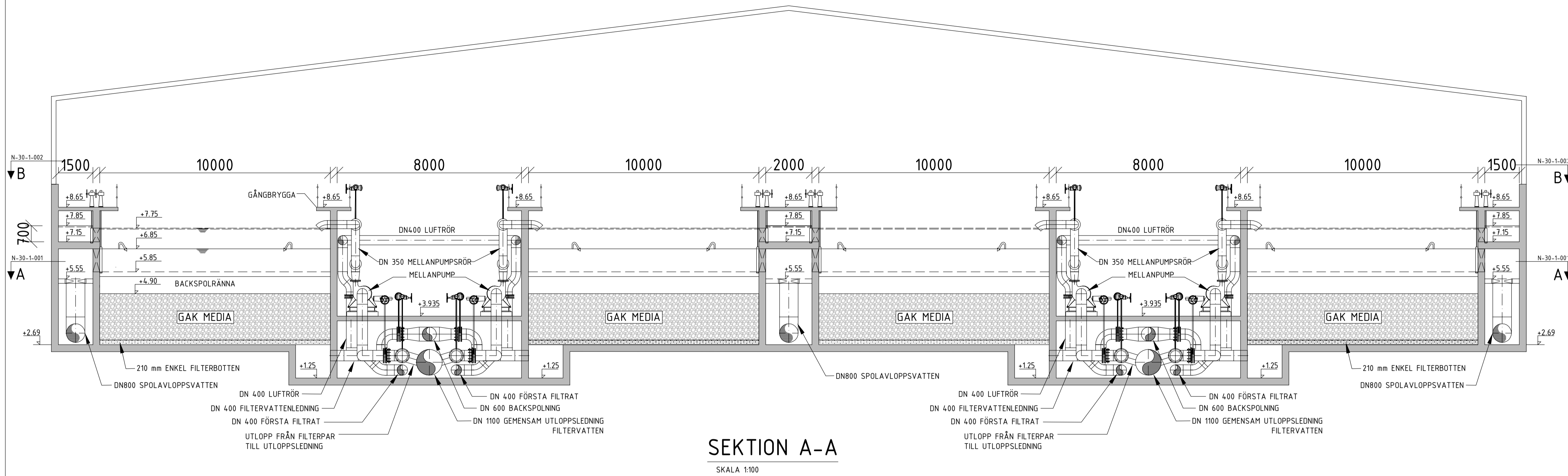
BET

-

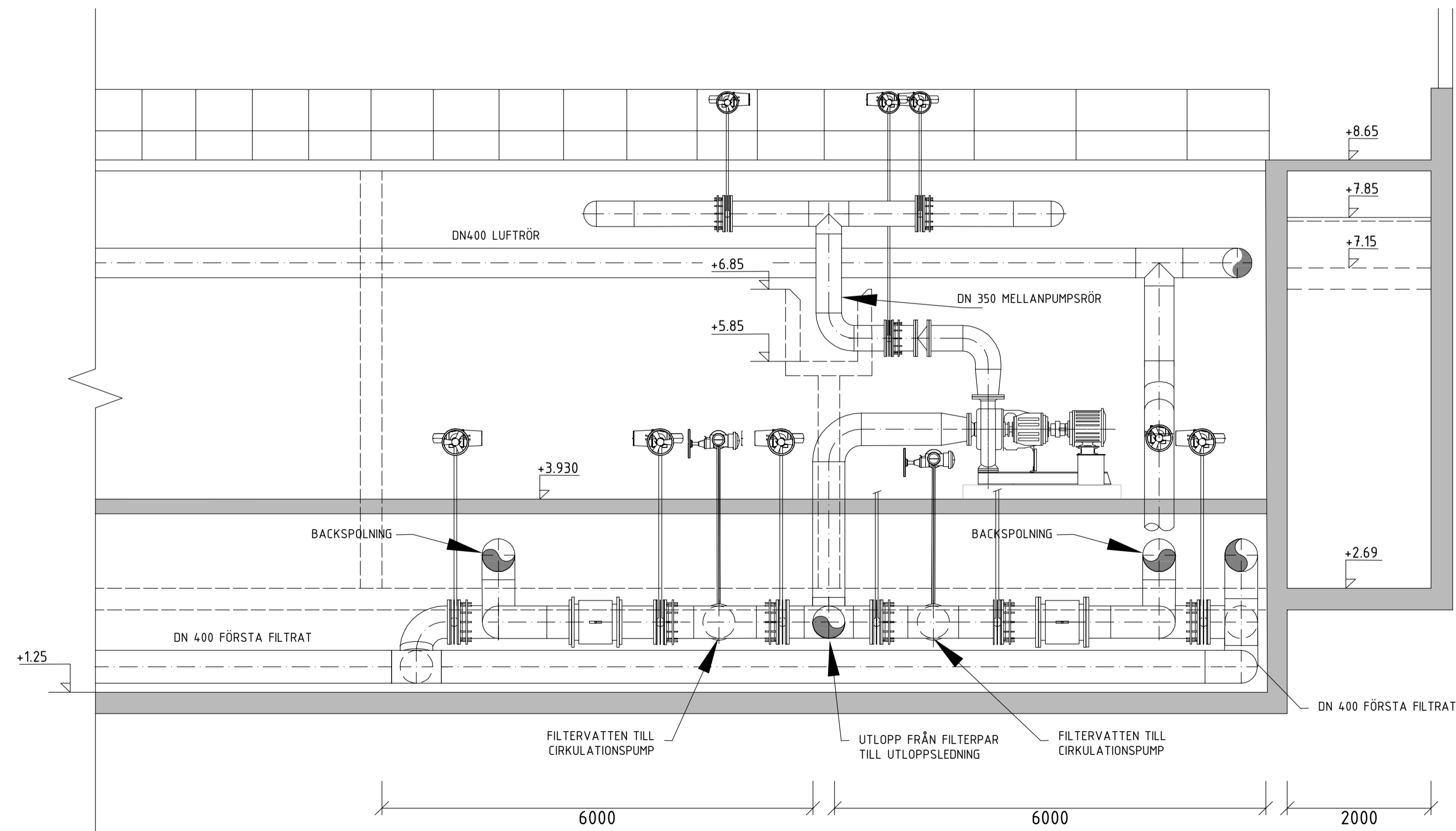
FÖRKLARINGAR

REFERENSSYSTEM:
HÖJDSYSTEM:

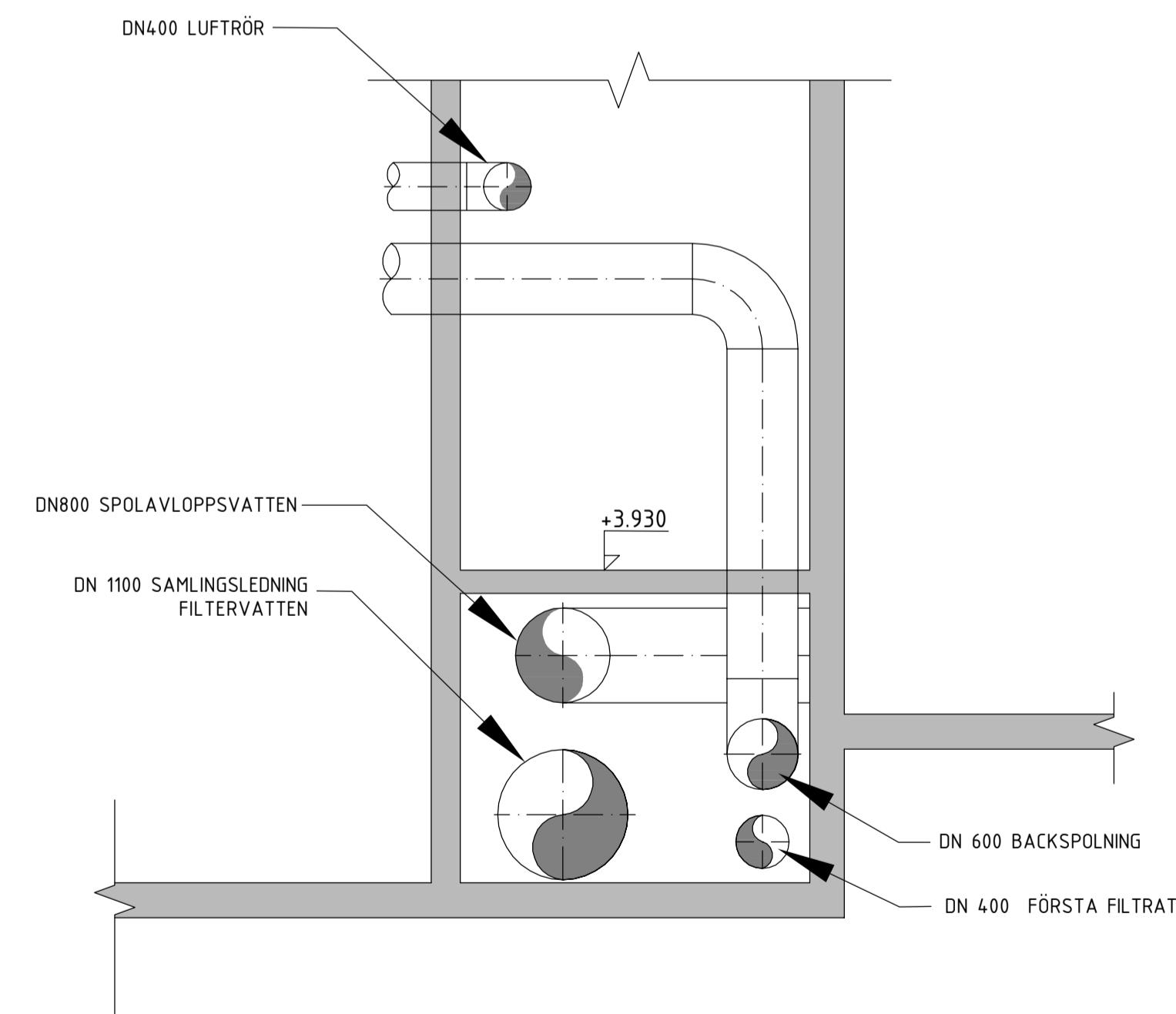
- BETONGVÄGG
- LÄTTVÄGG
- RÖR



SEKTION A-A
SKALA 1:100



SEKTION B-B
SKALA 1:50






SEKTION C-C
SKALA 1:50

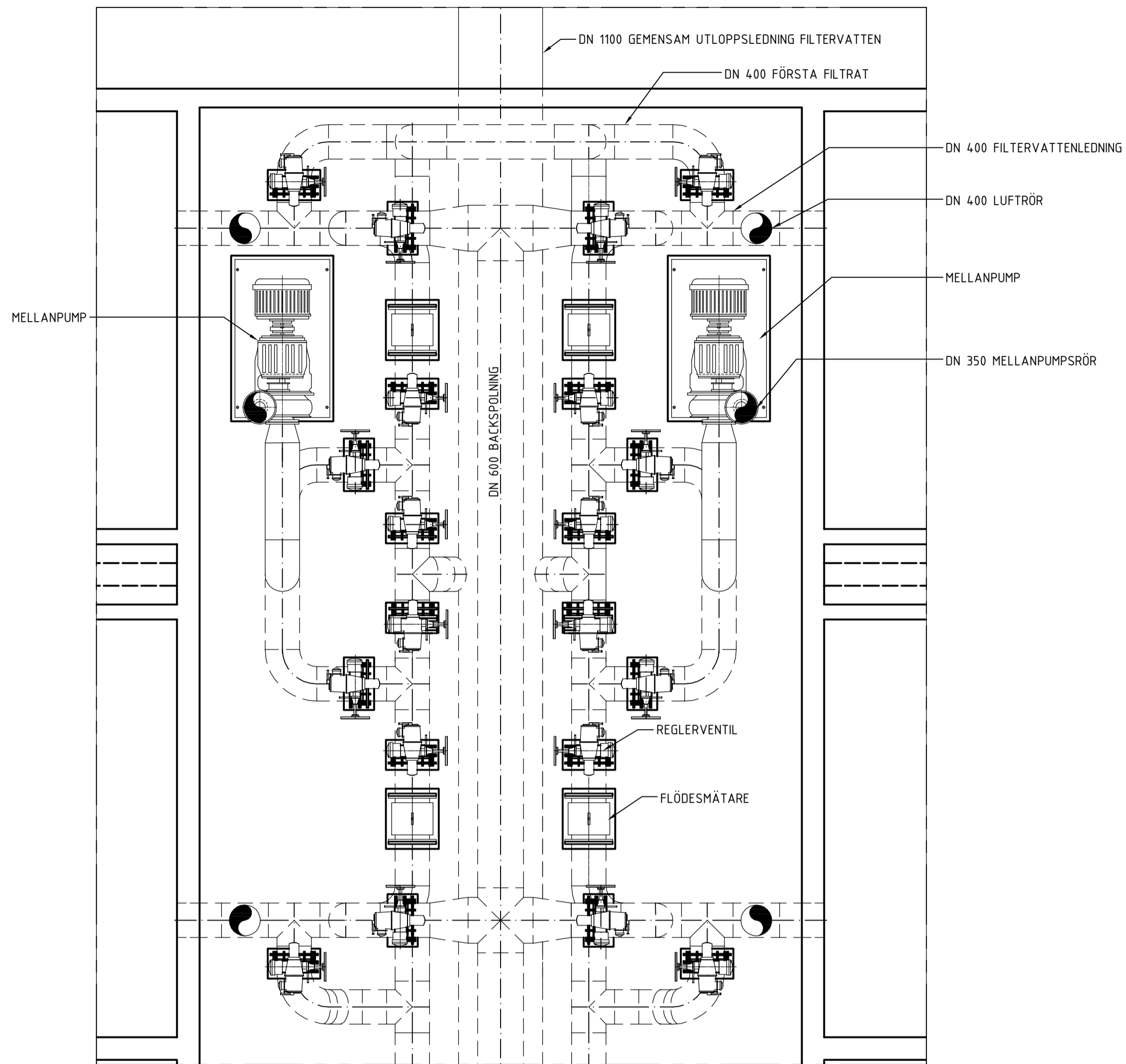
SLUTGILTIG

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
FÖRSTUDIE				
LÄKEMEDELSRENING SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET				
Ramboll Sverige AB DRAGARBRUNNSGATAN 78 B				
753 20 UPPSALA				
Tfn: 010-615 60 00				
Fax:				
www.ramboll.se				
UPPDRAG NR	613T1356758-025	RITAD/KONSTR AV	HRCP	HANDLÄGGARE
DATUM	2019-10-25	ANSVARIG	JOHANNA GRIM	
FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL ÖVERSIKT				
SEKTIONER A-A, B-B, C-C				
SKALA	1:100, 1:50, A1	NUMMER	N-30-2-001	
				BET

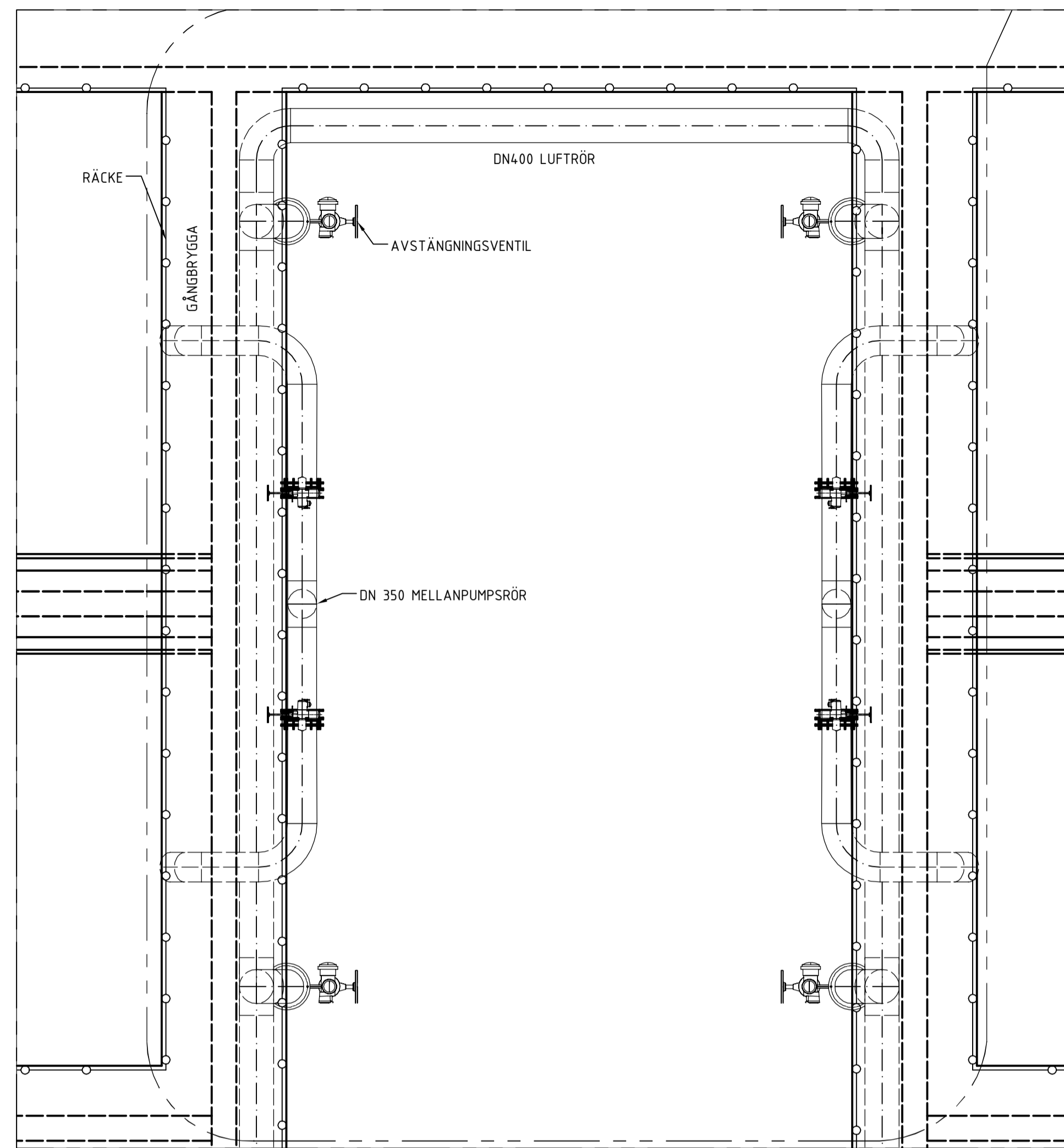
FÖRKLARINGAR

REFERENSSYSTEM:
HÖJDSYSTEM:

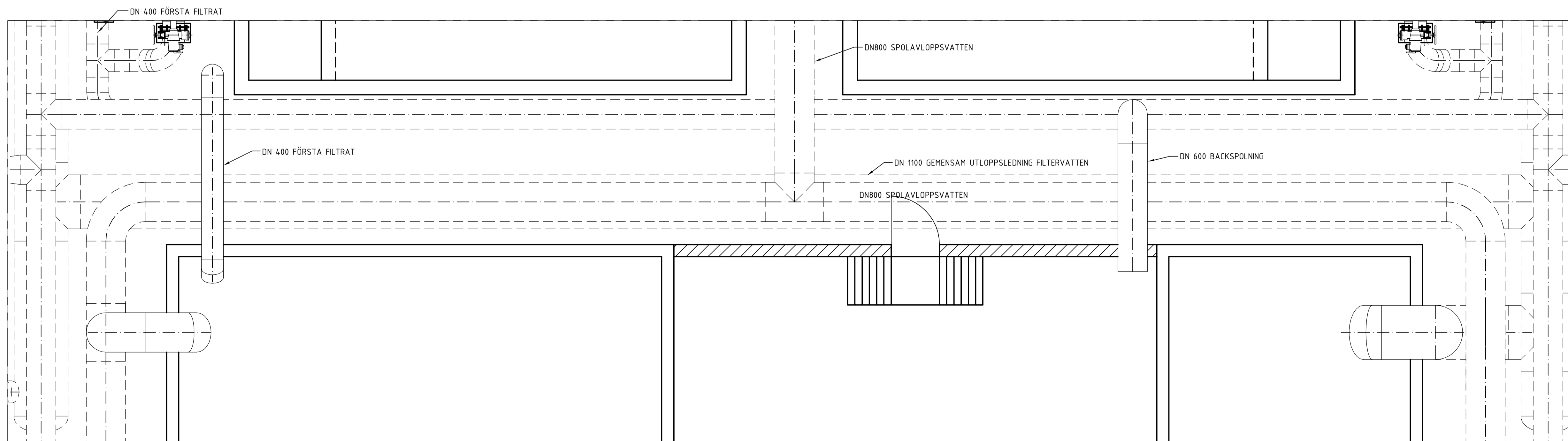
-  BETONGVÄGG
-  LÄTTVÄGG
-  RÖR



DETAILJ-1




DETAILJ-2

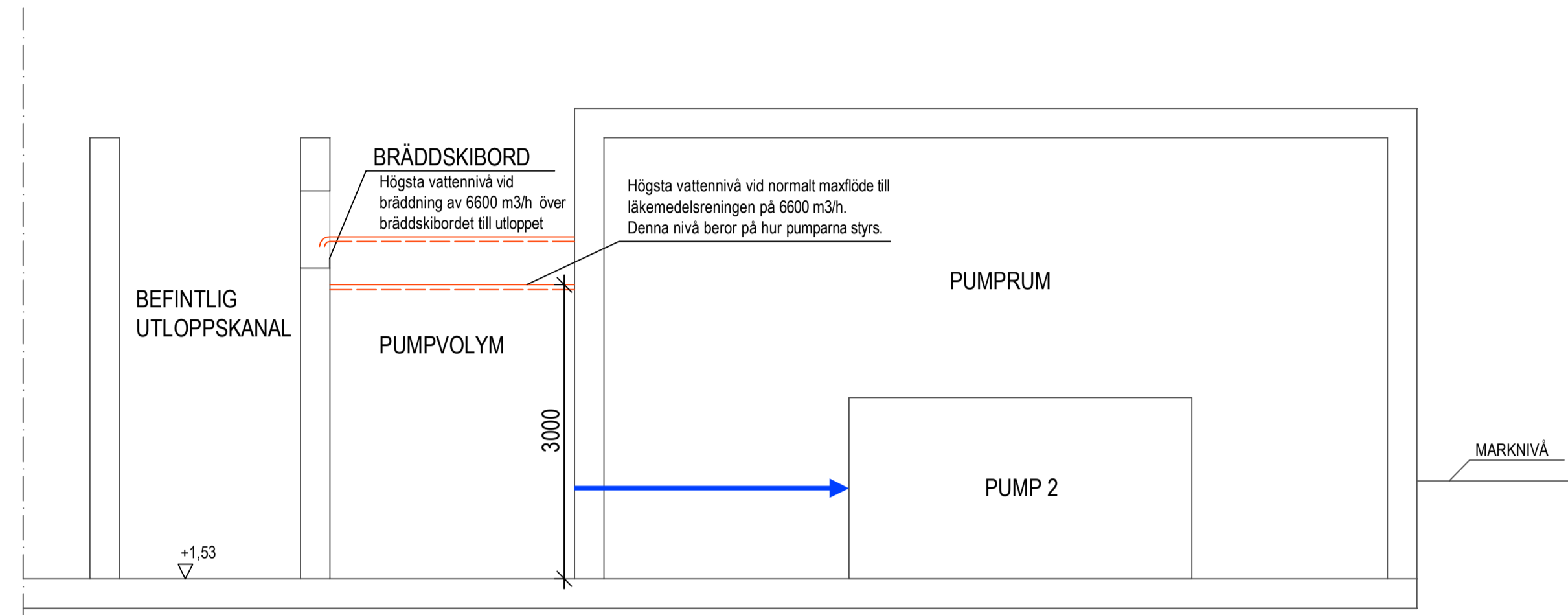
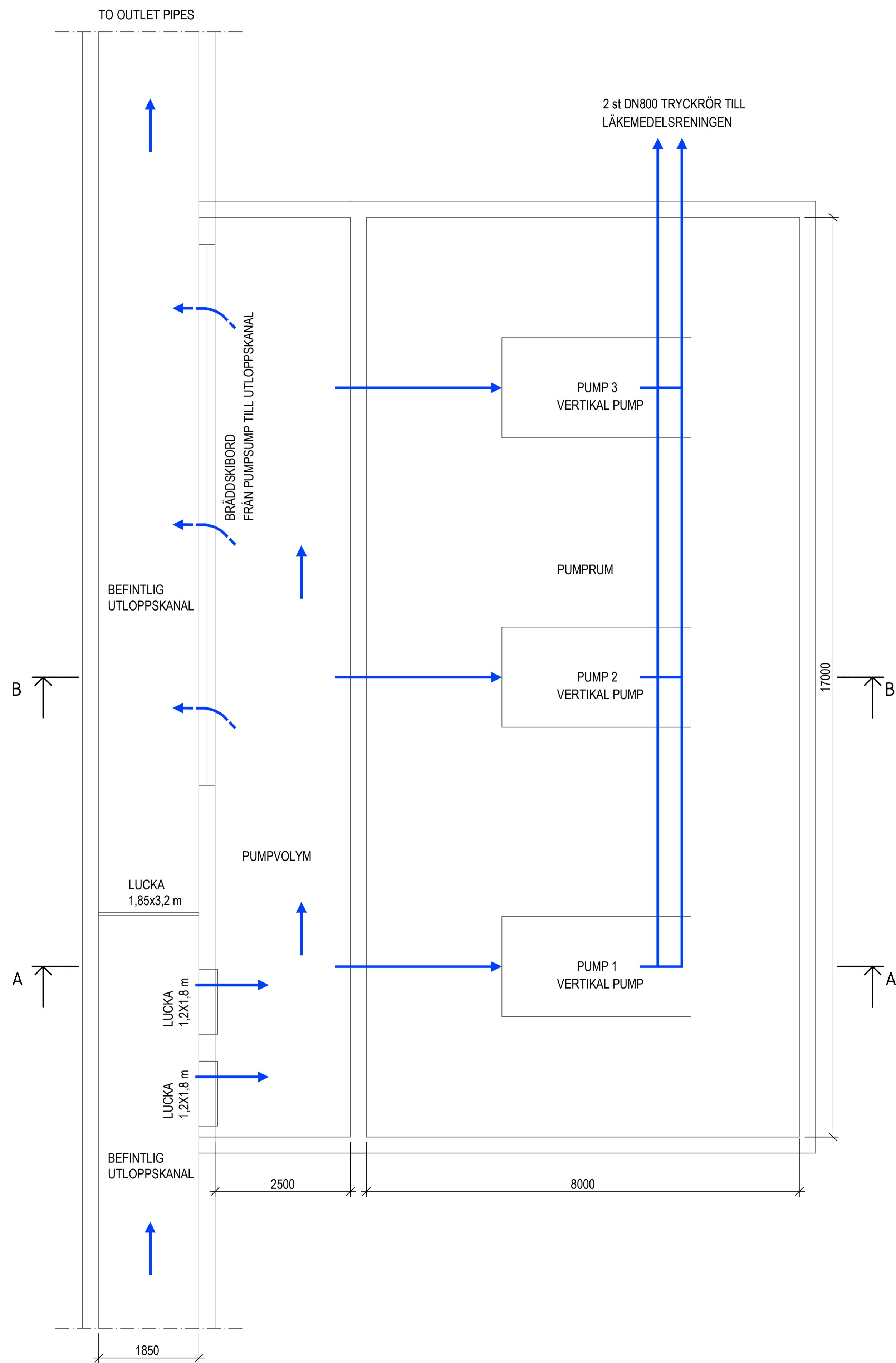


DETAILJ-3

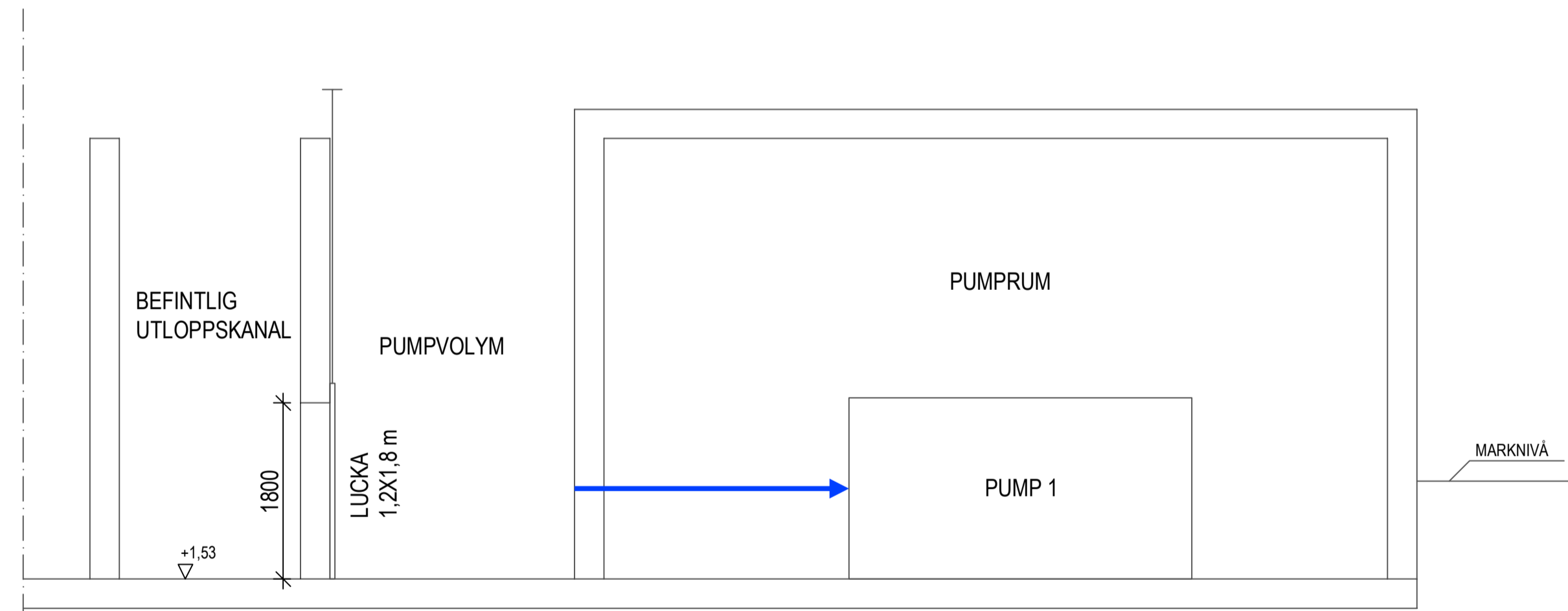
SLUTGILTIG

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
FÖRSTUDIE				
LÄKEMEDELSRENING				
SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET				
Ramböll Sverige AB DRAGARBRUNNSGATAN 78 B				
				
753 20 UPPSALA				
Tfn: 010-615 60 00				
Fax: www.ramboll.se				
UPPDRAG NR	613T1356758-025	RITAD/ÄNDRING AV	HRCP	HANDLÄGGARE
DATUM	2019-10-25	ANSVARIG	JOHANNA GRIM	
FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL				
DETAILJ 1, 2, 3				
SKALA	1:50, A1	NUMMER	N-30-6-001	BET
				-

FÖRKLARINGAR



SEKTION B-B GENOM PUMP 2



SEKTION A-A GENOM PUMP 1

SLUTGILTIG

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN

FÖRSTUDIE
LÄKEMEDELSRENING
SYVAB HIMMERFJÄRDSVERKET

Ramböll Sverige AB
DRAGARBRUNNSGATAN 78 B
753 20 UPPSALA
Tfn: 010-615 60 00
Fax: www.ramboll.se

UPPDRAG NR: 613T1356758-025
RITAD/ANSTR AV: M. KARLSSON
ANSVARIG: JOHANNA GRIM
HANDLÖGGARE: M. KARLSSON

FILTERANLÄGGNING GRANULERAT AKTIV KOL
INLOPPSPUMPSTATION TILL KOLFILTER

SKALA: 1:50, A1
NUMMER: N-30-0-101
BET: -