



Slutrapport – Fullskalig läkemedelsrening vid Stensele ARV



Innehåll

1.	Introduktion	4
1.1.	Syfte och målsättning	4
2.	Bakgrund	4
2.1.	Läkemedelskonsumtion och utsläpp	4
2.2.	Regleringar	5
2.3.	Nuvarande lokal påverkan & befintligt ARV	6
2.4.	Implementerad reningsteknik.....	9
3.	Förstudie – Kartläggning.....	11
3.1.	Provtagningspunkter	11
3.2.	Uppehållstider	11
3.3.	Metod	12
3.4.	Analys av vattenprover.....	13
3.5.	Resultat.....	13
3.6.	Diskussion & slutsats	16
4.	Genomförande investeringsprojekt	17
4.1.	Projektering fullskalig anläggning	18
4.2.	Utförande fullskalig anläggning	38
4.3.	Kvarstående arbeten, idrifttagning, och utvärdering	43
5.	Diskussion.....	43
6.	Referenser	45
7.	Bilagor	47
7.1.	Bilaga 1 – Analysresultat från förstudie.....	47

Förkortningar

ARV = Avloppsreningsverk

COD = Chemical Oxygen Demand

DOC = Dissolved Organic Compunds

LRS = Läkemedelsreningssystem

mg = milligram

ng = nanogram

PPM = parts per million

TOC = Total Organic Compounds, mg/L

ug = microgram

Tot-P = totalfosfor

1. Introduktion

Storumans kommun har i samarbete med Mellifiq drivit ett investeringsprojekt för implementering av läkemedelsrening vid Stensele avloppsreningsverk. Projektets första del bestod av en kartläggning av läkemedelsrester vid reningsverket. Därefter dimensionerades, installerades, och integrerades läkemedelsreningssteg som komplement till reningsverkets befintliga processteg. En ny processbyggnad för dessa nya reningssteg uppfördes.

1.1. Syfte och målsättning

Målet med projektet är att implementera och utvärdera ett fullskaligt system för läkemedelsrening för Stensele ARV efter en inledande undersökning av läkemedelshalter i till- och frånflödet. Detta för att eventuellt kunna införa förbättringar av systemet, men också för att bidra med underlag till andra reningsverk som planerar liknande åtgärder. Det slutgiltiga målet är att ha ett komplett läkemedelsrenande steg integrerat i den befintliga processen.

2. Bakgrund

2.1. Läkemedelskonsumtion och utsläpp

Dagens reningsverk är inte utformade för att rena läkemedel, vilket resulterar i att läkemedelssubstanser till stor del passerar reningsverken beroende på vilka reningssteg som implementerats. Tidigare utförda studier har visat på att läkemedelssubstanser i naturen har skadlig inverkan på vattendrag och ekosystem. (Goralski, 2019)

I Sverige används idag mer än 1000 olika substanser som används i mer än 7 600 olika läkemedel. Läkemedelsanvändningen i samhället har ökat över tid, dels på grund av åldrande befolkning, och troligtvis kommer ökningen att fortgå. Varje år introduceras nya typer av mediciner och medicinska produkter och även inom nya områden. Under endast 2015 introducerades 68 nya substanser. (Pontén, Rönnholm, & Skiöld, 2017) Det kan därför konstateras att av de 3000 läkemedel som är registrerade i EU kommer utsläppen att öka över tid och implementering av ny reningsteknik är mycket viktig för att minska nivåerna i svenska naturen.

2.2. Regleringar

Europeiska unionens (EU:s) avloppsdirektiv (The Urban Waste Water Directive, UWWTD) reglerar miljöemissioner till vatten för att skydda vattenmiljön från urbana källor och industrier. Direktivet kräver att alla medlemsländer inom EU måste hantera avloppsvatten från agglomerationer över 2000 invånare till en minimumstandard. Avloppsdirektivet 91/271/EEC från 1991 omfattar rening av biokemisk syreförbrukning (BOD), kemisk syreförbrukning (COD) och suspenderade partiklar (Total Suspended Solids, TSS), samt även Tot-Poch totalt kväve där recipienten klassas som känslig för eutrofiering. (Council Directive 91/271/EEC, 1991)

Under hösten 2022 gick Europeiska Kommissionen ut med ett förslag för revision av avloppsdirektivet. I revideringen föreslås inte bara skärpta krav gällande näringsämnenmen även införande av kvartenär rening, det vill säga rening av mikroföroreningar i form av läkemedelsrester. I förslaget nämns en lista på ett antal indikatorsubstanser som kan förorena vatten vid förekomst i låga koncentrationer. Listan består av två kategorier enligt tabellen nedan, där den första kategorin är substanser som enkelt kan behandlas och den andra kategorin är substanser som enkelt kan separeras bort. (Directorate-General for Environment, 2022)

Tabell 1, Lista på indikatorsubstanser aktuella för kvartenär rening i EU kommissionens förslag för revision avloppsdirektivet. (Directorate-General for Environment, 2022)

Kategori 1	Kategori 2
Amisulprid	Benzotriazole
Carbamazepine	Candesartan
Citalopram	Irbesartan
Clarithromycin	4-Methylbenzotriazole
Diclofenac	6-Methylbenzotriazole
Hydrochlorothiazide	
Metoprolol	
Venlafaxine	

I kommissionens förslag föreslås en reningsgrad om minst 80% av indikatorsubstanserna, där procentsatsen ska baseras på minst sex substanser i listan och antalet substanser i kategori 1 är det dubbla antalet av substanser i kategori 2. Reningsgraden beräknas som ett medelvärde av totalkoncentrationen av läkemedelsämnena, där koncentrationen ingående till reningsverket jämförs med den utgående koncentrationen. (Directorate-General for Environment, 2022)

2.3. Nuvarande lokal påverkan & befintligt ARV

I SMED rapport nr 7 2018, Beräkning av utsläpp av läkemedelsrester från kommunala avloppsreningsverk och potentiell koncentration i recipientvatten, uppskattades mängden läkemedel som passerar Stensele ARV. I rapporten angavs att Stensele ARV hade en beräknad diklofenak koncentration i utgående avloppsvatten 913 ng/l. Motsvarande koncentrationer beräknades även för Östradiol, 0,6 ng/l, och Etinylöstradiol, 7,7E-10 ng/l. (Ejhed, Hansson, Lind, Rosenblom, & Tengdelius Brunell, 2018) Dessa koncentrationer var grovt uppskattade då de endast baserades på beräkningar på inköpta läkemedel i länet, reningsverkets storlek samt en schablonsiffra på reningsgraden. Rapporten var även begränsad i det avseende att beräkningarna endast genomfördes på de tre nämnda läkemedlen/hormonerna.

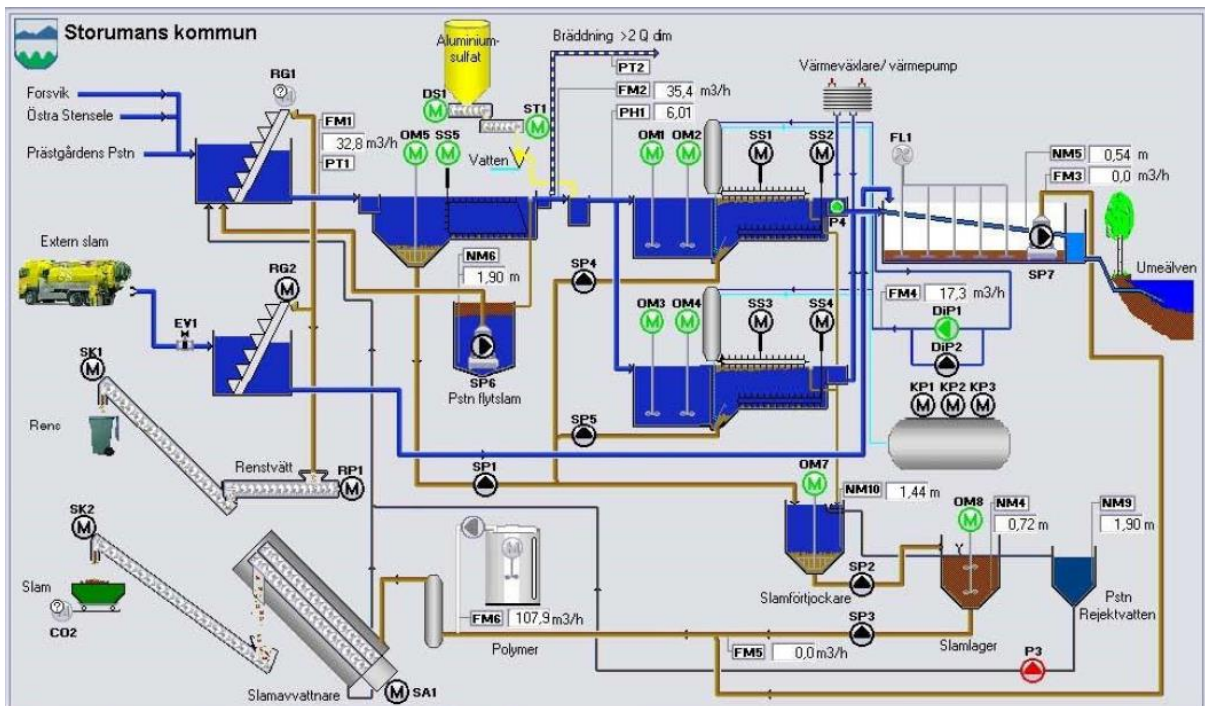
Det är dock bortom tvivel att dessa substanser har en uppmätt negativ effekt på den akvatiska faunan, med reproduktionshämmande bieffekter såväl som ökad risk för njursvikt hos fiskar. Av denna anledning söktes stöd för ett fullskaligt läkemedelsrenande steg, ämnat att komplettera den nuvarande processen. Detta för att bidra till det pågående arbetet att kartlägga och förhindra tillförseln av skadliga substrat till anslutande vattendrag.

2.3.1. Stensele ARV

Stensele ARV behandlar avloppsvatten från Storuman och Stensele samhällen via tre tryckledningar. Reningsverket är ett så kallat direktfällningsverk, med andra ord finns inget biologiskt steg i reningsprocessen (se processschemat nedan). Efter grovrening med roterande sil går rensat till förbränning och avloppsvattnet behandlas kemiskt med fällningskemikalien ALG. Kemikalieberedningen sker automatiskt och doseringen sker proportionellt mot flödet med överlagrad pH-styrning. Bräddning sker vid flöden överstigande $2q_{dim}$ automatiskt efter förbehandling.

Efter förbehandling fördelas avloppsvattnet till två parallella flockningsbassänger. Under långsam omrörning sker en utflockning av de resterande föroreningarna i avloppsvattnet i flockningsbassängerna. Flockarna utgörs av hydroxider och fosfater som bundit smutsämnen från avloppsvattnet till sig.

Som sista steg förs vattnet vidare till två parallella flotationsbassänger där de bildade flockarna avskiljs. Det slamtäcke som bildas dras av med en slamskrapa och förs till en uppsamlingsränna till en dekanteringsbassäng. Det renade vattnet leds slutligen till recipienten via utloppsledningen. Vid behov kan även klorering med natriumhypoklorit utföras.



Figur 1, Schematisk bild av reningsprocessen i Stensele ARV

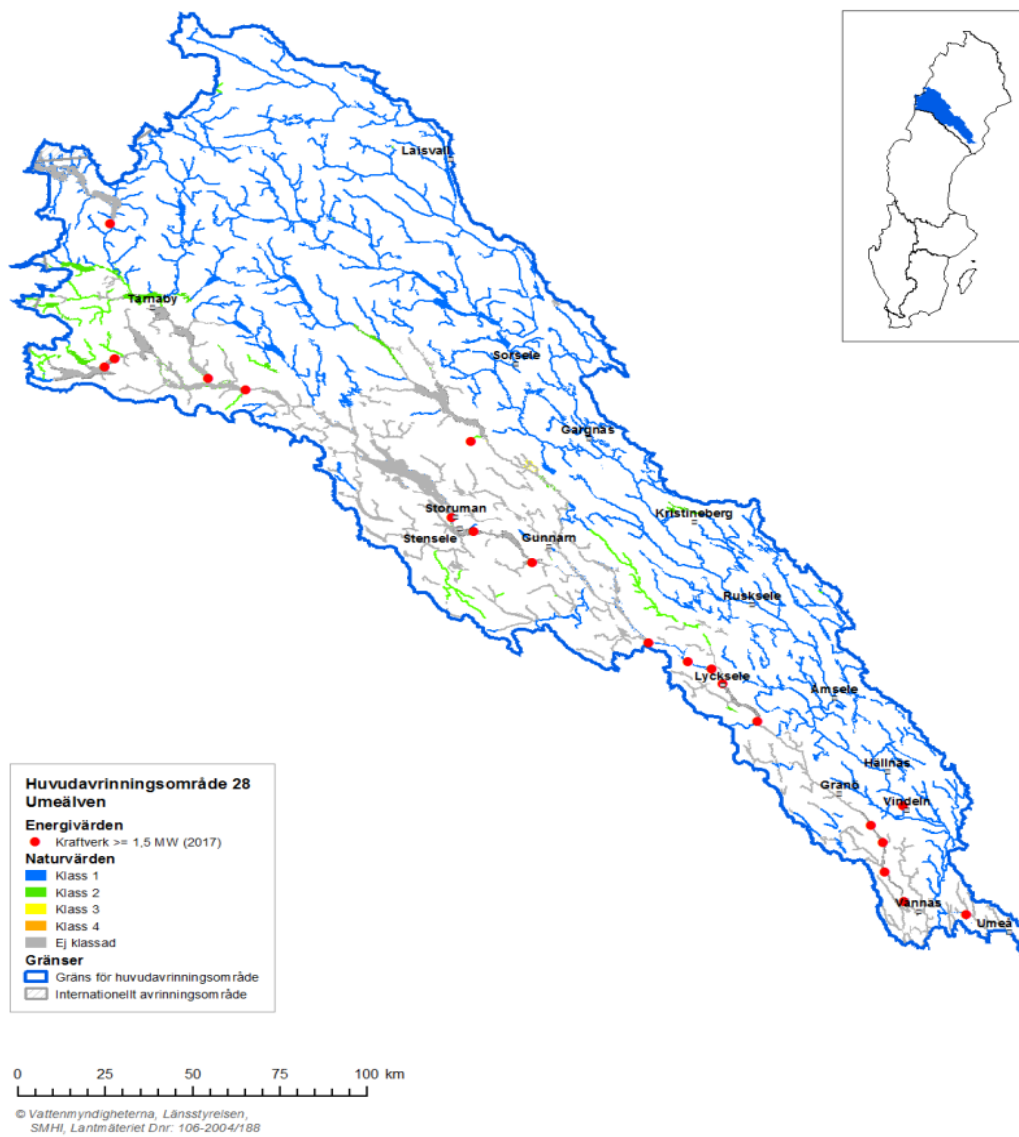
Avsaknaden av ett biologiskt steg kan påverka reningsverkets upptagning av läkemedel negativt, vilket gör att de värden som uppskattades i SMED rapporten kan vara underskattade. Enligt Svenskt Vatten kan MBBR delvis bryta ner bland annat diklofenak, men eftersom reningsverket saknar detta blir en kompletterande process extra angelägen.

2.3.2. Recipient – Stenselet, Umeälven

Stensele ARV är beläget i Stensele, Storumans kommun, och har en tillståndsgiven anslutning på 4000 pe per år. Reningsverket ligger intill Stenselet, en sjö som är en del av Umeälven, som även är recipienten för det behandlade vattnet (EUID: SE721733-156716). Umeälven är en välkänd uppdämd älv som trots sina många kraftverk har en rik akvatisk ekologi. Älven omfattas även av EU-projekt för att förbättra förhållanden för lax- och havsöring. Fisket kring Stensele består av mycket god tillgång på gädda, harr, och sik. Öring förekommer i normal omfattning. Några av dessa planteras ut årligen och öringarna matas under sommaren.



Figur 2, T.v. Umeälven vid Stensele, T.h. Öring



Figur 3, Kraftdammar längs Umeälven

Det finns två kraftdammar i anslutning till Stenselet; Umluspen ligger uppströms mellan Sturuman och Stenselet, och Stensele kraftstation ligger nedströms sjön. Uppdämningarna reglerar genomströmningen i sjön och leder till en begränsad omsättning av vattnet. Detta kan antas påverka koncentrationen av utsläppta läkemedelsrester då det inskränker på den naturliga omblandningsprocessen.

2.4. Implementerad reningsteknik

De huvudsakliga reningsteknikerna som projekterats till läkemedelsreningssystemet är ozonering och filtrering med aktivt kol. Förfiltrering uppnås med sandfilter för att avlasta efterföljande processteg.

2.4.1. Sandfiltrering

Sandfiltrering är en välbeprövad metod för att avskilja partiklar från vattenflöden. Sandfiltersteget skyddar nedströms reningssteg från oönskade partiklar som dels påverkar oxidationsprocessen, dels riskerar igensättning av kolfilter samt minskar den organiska belastningen på nedströms reningssteg. Vid eventuella driftproblem och underhåll i reningsverkets mekaniska rening och utfällningssteg kan driftstopp i läkemedelssystemet undvikas med hjälp av ett sandfilter.

2.4.2. Oxidation med ozonteknik

Ozon har under flertalet projekt visat på effektiv reningsgrad med avseende på läkemedelssubstanser. (Tierps Energi & Miljö AB, 2020) Reningsprocessen sker genom oxidation av den organiska molekylstrukturen som i regel utgör läkemedlens huvudsakliga kemiska uppbyggnad.

Ozon är ett kraftfullt oxidationsmedel med den näst högsta oxidationspotentialen på 2,070 mV, vilket är 1,52 gånger högre än klorid. (Newman, 2004) Halveringstiden för ozon i vatten relativt kort och varierar med förhållandena i vattnet. När gasen oxiderar mikroorganismer och andra föreningar som finns i vattnet förbrukas den. I destillerat vatten vid 20 °C har halveringstiden för ozon ansetts vara cirka 20 minuter. (Khadre, Yousef, & Kim, 2001)

För att generera ozon appliceras ett elektriskt fält på syre (O₂) eller luft, vilket kommer att leda till en produkt av syreradikaler. Radikaler är mycket reaktiva molekyler, och syreradikalerna kommer direkt att reagera med syremolekyler vilket resulterar i en produktion av ozon. Ozon är en instabil gas tillbakabildas till syrgas, produktionen måste därför ske på plats.

Ozonering av läkemedel i avloppsvatten kräver olika mängder ozon beroende på kvaliteten och sammanhanget för det avloppsvatten som behandlas. Exempel på parametrar som påverkar ozoneringsprocessen av läkemedel i systemet är mängden andra mikroföroreningar som finns i vattnet, både olösta och lösta organiska

föreningar kan påverka. En vattenkvalitet med högre organiskt innehåll kan leda till ett större behov av ozon.

För att åstadkomma ozonering av ett vattenflöde behövs ett komplett system bestående av bl.a. ozongasgenerering, inblandningsmekanism i vatten, samt tillhörande styr- och säkerhetsfunktionalitet.

2.4.3. Filtrering med aktivt kol – Adsorption

Filter med granulerat aktivt kol används frekvent vid vattenbehandling för adsorption av föroreningar. Denna metod bygger på fenomenet adsorption vid vilken molekyler fördelas mellan två olika faser, i detta fall mellan en fast fas (kol) och en flytande fas (avloppsvatten). Adsorption kan ske på två olika sätt; det första alternativet är genom fysisk adsorption (mindre stark) och det andra är genom kemisorption (starkare). När molekylerna i vätskefasen diffunderar till ytan på den fasta fasen kan de binda till ytan med van der Waals-krafter (fysisk adsorption) eller så kan den adsorberas genom elektronutbyte eller genom att dela elektroner (kemisorption).

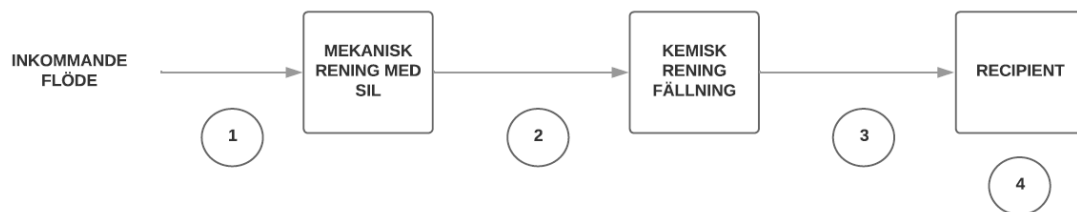
Vid rening med adsorption kommer adsorbentmaterialet (aktivt kol i detta projekt) filtret med tiden att bli mättat och dess förmåga att minska föroreningar minskar. Med jämna mellanrum måste därför filtermassan bytas ut mot ny adsorbent eller regenereras och återanvändas. Med detta följer även kostnader och därför är åtgärder som ökar livslängden på AC är av största intresse. Studier har visat att genom att använda förbehandlingssteg, som till exempel ozonering, kan livslängden för det aktiva kolet ökas. Tiden det tar för AC-filtret att mättas beror på mängden adsorbat (i detta projekt huvudsakligen organiska mikro-föroreningar) som tillförs filtret. Filtrets livslängd påverkas även bl.a. på typ av föroreningar som tillförs filtret. (Harker, Backhurst, & Richardson, 2002)

3. Förstudie – Kartläggning

Som en första del innan investeringsprojektet påbörjades genomfördes en provtagning av läkemedelssubstanser under sommaren 2021 vid Stensele reningsverk för att kartlägga läkemedelshalter vid reningsverkets samtliga processteg.

3.1. Provtagningspunkter

Nedan presenteras en övergripande schematisk bild över nuvarande anläggning vid Stensele reningsverk med uppmärkta provtagningspunkter. Reningsprocessen består av ett mekaniskt reningssteg (1) följt av ett kemiskt reningssteg (2) och släpps sedan till recipient (3). Utöver dessa platser utfördes provtagning med stickprov i recipient (4).



Figur 4, Schematisk bild över reningsstegen

3.2. Uppehållstider

Under provtagningen togs hänsyn till uppehållstiden mellan de olika reningsstegen för att i möjligaste mån undvika att temporära fluktuationer på inkommande flöde till ARV påverkar mätresultaten. Detta för att kunna jämföra läkemedelshalterna mellan varje provtagningspunkt och utvärdera reningseffekten från de befintliga reningsstegen vid Stensele ARV. Vid provtagningstillfället uppmättes ett genomströmningsflöde på ca 62 m³/h och följande uppehållstider fastställdes:

Mellan provtagningsplats (1) och (2): 2 h 30 min

Mellan provtagningsplats (2) och (3): 3 h 10 min

Tabell 2, Tidpunkter och provtagningsplatser

Datum	Provtagningsplats	Tidpunkt	Prov
07-juli	Inflöde	08:35	1-Storuman
07-juli	Efter mekaniskt reningssteg	11:05	2-Storuman
07-juli	Efter kemiskt reningssteg	14:15	3-Storuman
07-juli	Recipient	14:25	4-Storuman

3.3. Metod

Vattenprover om 200 ml togs för analys av COD och TOC. Vidare togs 40 ml i provrör för analys av specifika läkemedelssubstanser. Vattnet togs vid provtagningspunkter enligt ovan med hjälp av provtagare enligt figur nedan. Samma typ av provtagare användes vid varje provtagningsplats.



Figur 5, Bassänger samt provtagningsplats efter mekaniskt reningssteg markerat med röd cirkel

3.4. Analys av vattenprover

Läkemedelsproverna skickades för analys till externt laboratorium med ett spektrum på 101 aktiva läkemedelssubstanser. Se bilaga 1 för analyserade läkemedelssubstanser. Prover för TOC och COD har även analyserats.

3.5. Resultat

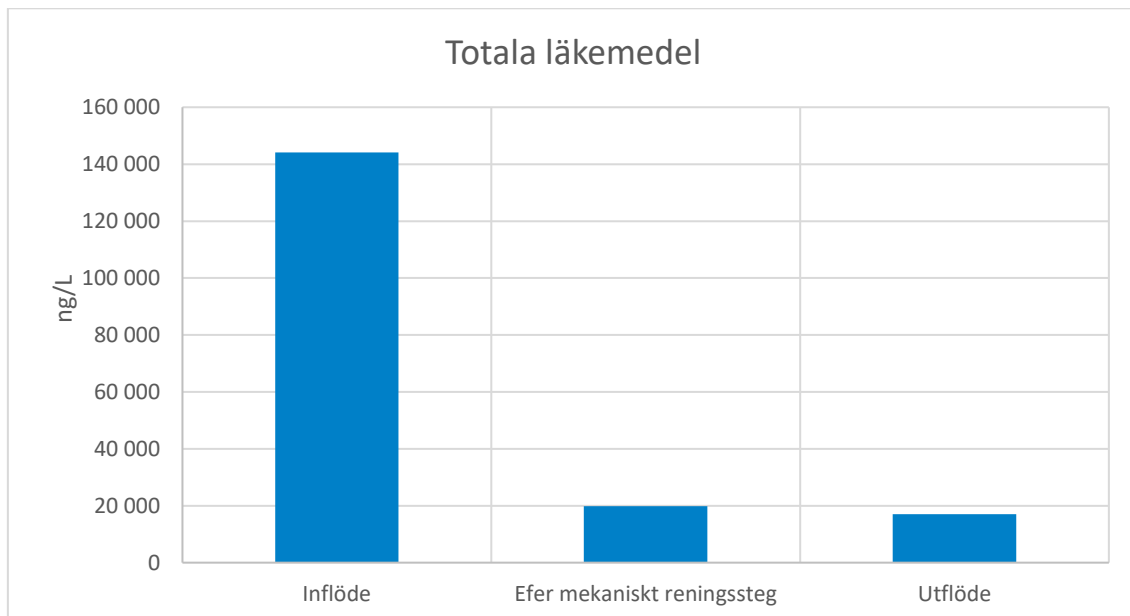
Resultaten från kartläggningen visar en ögonblicksbild över analyserbara läkemedel. Mängden och typer av läkemedelssubstanser varierar mellan de olika provtagningspunkterna enligt följande avsnitt.



Figur 6, Provtagare

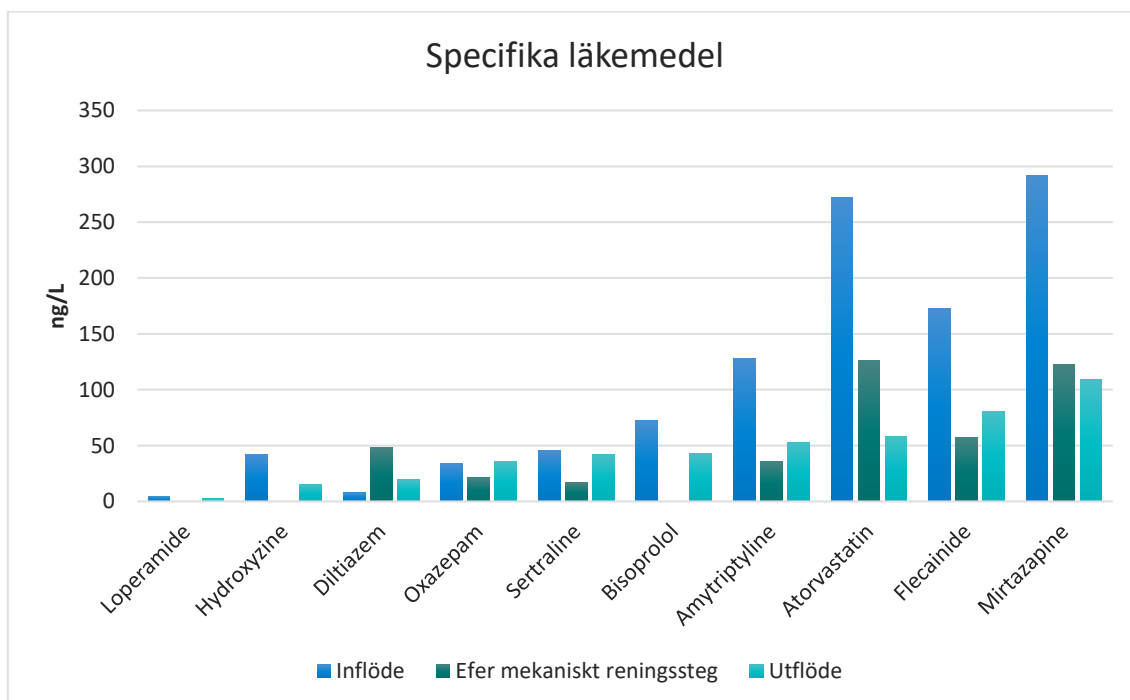
3.5.1. Totala läkemedelshalter

31 av de 101 analyserade läkemedelssubstanserna identifierades vid Stensele avloppsreningsverk. Den totala mängden vid inloppet var 144 135 ng/L och vid utloppet var halten 17 018 ng/L.

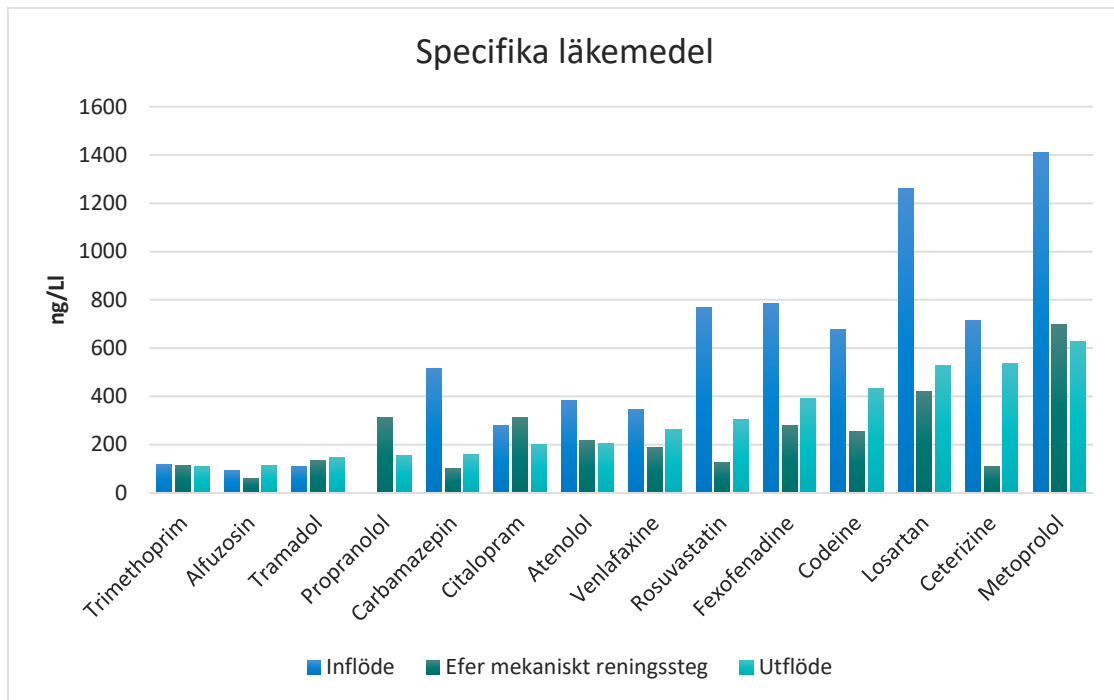


Figur 7, Total mängd läkemedelssubstanser vid de olika provtagningsspunkterna.

3.5.2. Specifika läkemedelshalter

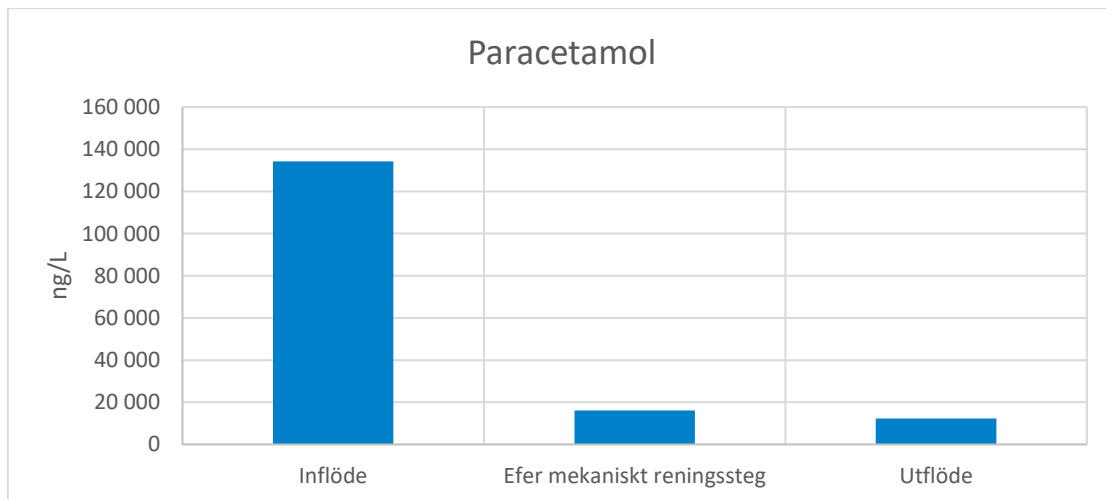


Figur 8, Specifika läkemedelssubstanser, med halter i spannet 0 - 110 ng/L vid utloppet.



Figur 9, Specifika läkemedelssubstanser, med halter i spannet 110-700 ng/L vid utloppet.

27 av de 31 identifierade läkemedelssubstanser ökade vid Stensele reningsverk. De läkemedlen med högst halt vid inloppet var Paracetamol, Metoprolol, Ceterizin samt Losartan. Uppmätt analysresultat för paracetamol redovisas i ett separat diagram pga. den mycket högre halten än övriga substanser. Endast Propranolol reduceras till under detektionsgränsen i det befintliga avloppsreningsverket.



Figur 10. Mängd Paracetamol vid respektive reningssteg.

3.6. Diskussion & slutsats

Resultaten från kartläggningen visar att en total läkemedelshalt på 17 018 ng/L (av de i urvalet analyserade läkemedelssubstanserna) passerar reningsverket i dagsläget, vid ett medelflöde på ca 62 m³/h. Detta innebär att Stensele reningsverk årligen släpper ut ca 9 kg läkemedel till recipient, sett till de analyserade läkemedelssubstanserna.

Denna mängd är hög i jämförelse med tidigare kartläggningar och projekt (exempelvis Alingsås 6 500 ng/L, Sorsele 4 500 ng/L och Tierp 5 000 ng/L) men inte oväntad då Stensele reningsverk saknar ett biologiskt reningssteg. Tillbyggnad av ytterligare läkemedelsrening med sand, ozon, och aktivt kol förutspås därför ha en god reningseffekt.

4. Genomförande investeringsprojekt

Projektet inleddes efter mottaget beslut (den 12 juli 2021) om beviljande av investeringsprojekt. Tidigt i projektet upprättades samarbete med Mellifiq som projektpartner. Under hösten 2021 genomfördes en förstudie (enligt föregående avsnitt) för att utvärdera befintliga nivåer läkemedel vid Stensele ARV. Därefter följde en period av processprojektering för det tillkommande läkemedelsreningssystemet (LRS). Parallellt med detta projekterades även nybyggnationen av en ny byggnad att hysa LRS.

Under sommaren 2022 påbörjades upphandling av byggentreprenör. Inköp av processkomponenter till LRS påbörjades så tidigt som möjligt för att i möjligaste mån ta höjd för de exceptionella leveranstider som förekom under, och även efter, tiden för covid-pandemin.

Under hösten/vintern 2022 detaljprojekterades byggnaden med integration av processutrustning och vid årsskiftet 2022/2023 lämnades bygglovsansökan in. Efter godkänt bygglov och tekniskt samråd påbörjades utförandet av byggentreprenaden i början av april 2023.

Under våren och sommaren 2023 genomfördes markarbeten och resning av tak- och väggar. Därefter fortsatte arbetet med invändiga byggnadsinstallationer och installationer av processutrustning. På grund av långa leveranstider och kostnadsökningar till följd av osäkra marknadslägen efter Covid-pandemin och kriget i Ukraina, samt då arbeten med utvändiga VA-installationer för att koppla ihop befintligt ARV med LRS (och övriga tillhörande anslutningar som t.ex. backspolningsledningar, spillvatten) inte blev klart innan tjalperioden försenades idrifttagning och utvärderingar av den nya reningprocessen.

I följande avsnitt presenteras de huvudsakliga delarna av projektet som genomförts inom ramen för investeringsprojektet utöver kartläggningen.

4.1. Projektering fullskalig anläggning

Implementeringen av ett LRS som ett kompletterande reningssteg för läkemedelsrester i utgående flöde från Stensele ARV involverar en mängd olika moment och aspekter som måste tas hänsyn till under projekteringen, både tekniskt och praktiskt. Exempel på viktiga aspekter som övervägts vid projektering är bl.a. investerings- och driftsekonomi, reningseffekt, arbetsmiljö, miljöpåverkan, och energieffektivitet. De huvudsakliga delarna av underlaget från projekteringen presenteras i följande avsnitt.

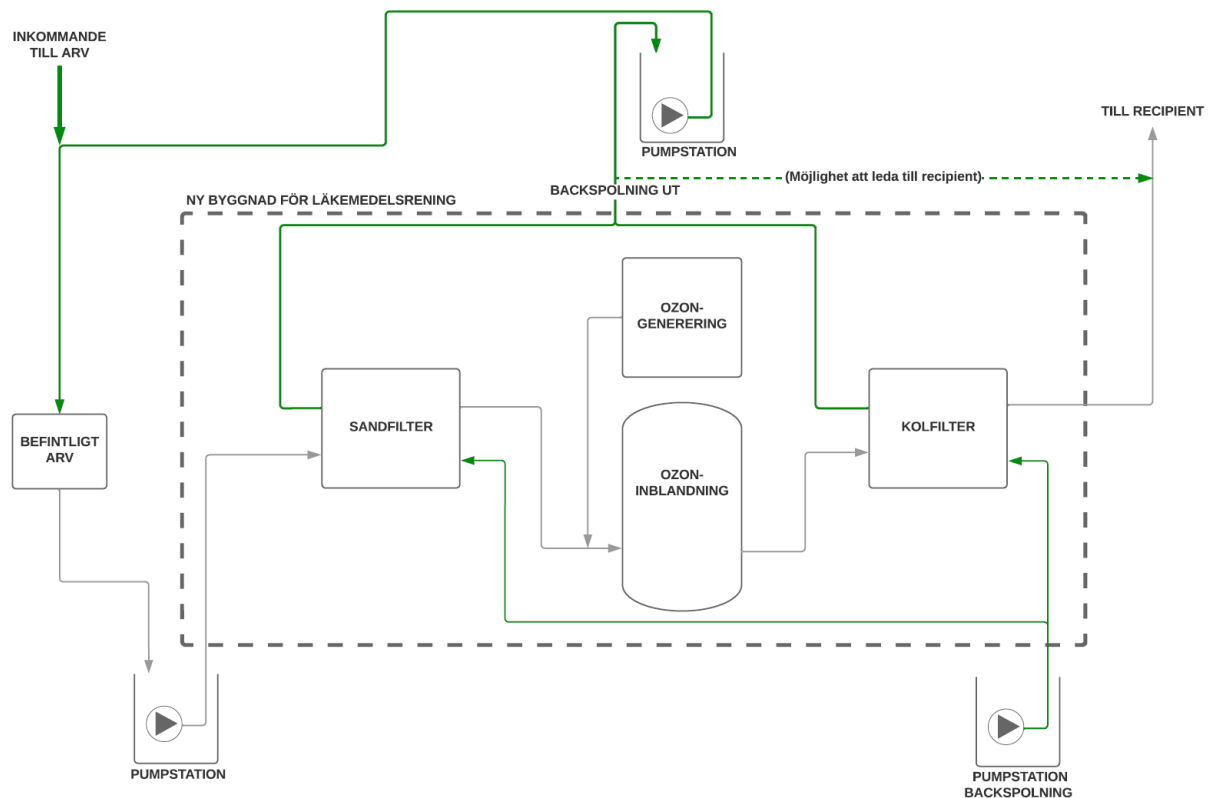
4.1.1. Reningsprocess

Eftersom ozonering är en effektiv metod för att bryta ned läkemedelsrester och oönskade hormoner i avloppsvatten valdes ett ozonbaserat LRS (Baresel, Ek, & Ejhed, 2017). Ozoneringen utgör därmed det reningssteg i LRS där den största delen av läkemedelsreduktionen sker. För att tillföra ytterligare reningseffekt för den del av läkemedelssubstanser som kvarstår efter ozonering valdes filtrering med aktivt kolfilter som ett sista filtersteg eller "poleringssteg". Det är en teknikkombination som testats framgångsrikt tidigare med hög reningseffekt med avseende på läkemedelsinnehåll i vatten. Efter kolfiltreringen släpps vattnet till recipient.

För att avlasta ozon- och aktivt kol-stegen från inkommande partikelinnehåll valdes även sandfiltrering som ett första reningssteg. Detta minskar risken för störningar av ozon- och kolreningsstegen. Sandfiltret bidrar även till att öka livslängden på det aktiva kolet då det minskar den totala organiska belastningen i kolfiltersteget.

De tre implementerade reningsstegen samverkar för att åstadkomma en så effektiv reningsprocess som möjligt. Både med avseende på reningseffekt såväl som med avseende på investeringskostnad och driftsekonomi. Reningsprocessen kan i sin helhet ses som ett generellt tertiärt behandlingssteg med ytterligare partikelavskiljning, desinfektion, och reduktion av organiskt innehåll.

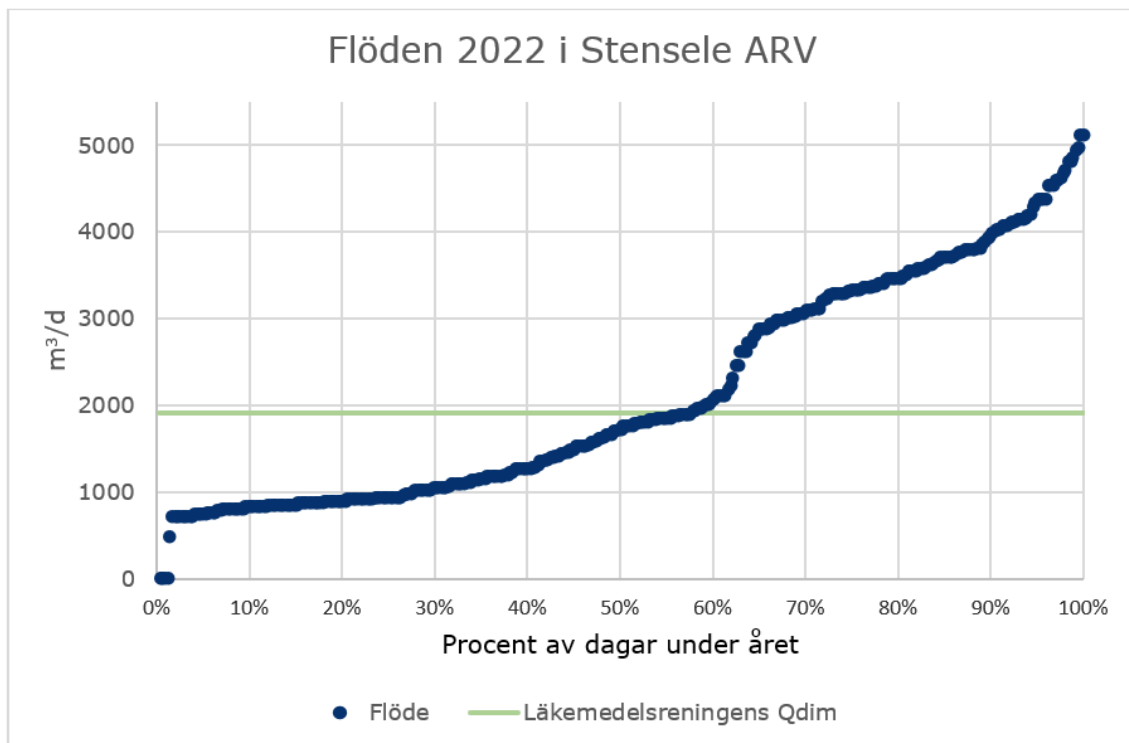
Då filtersystemen som implementeras är beroende av regelbunden backspolning projekterades även specifikt tekniska lösningar för att förse LRS med trycksatt backspolningsvattenkälla såväl som hantering av smutsigt backspolningsvatten. En processöversikt presenteras enligt processschema i figuren nedan. I schemat tydliggörs även vilka steg som placeras i den nya byggnaden och vilka som installeras separat utanför den nya byggnaden.



Figur 11, Processöversikt för LRS vid Stensele

4.1.1.1. Dimensionering

Som ett första steg efter teknikval genomfördes dimensionering av inkluderad processutrustning för läkemedelsreningssystemet. Dimensioneringen genomfördes i huvudsak med avseende på reningsgrad och avloppsvattenflöde. Målsättningen var att uppnå 80 % reningsgrad med avseende på läkemedelssubstansinnehåll. Detta visade sig sedan ligga i linje med EU-kommissionens förslag på det reviderade avloppsvattendirektivet. Maximalt flöde som läkemedelsreningen kommer kunna hantera är 80 m³/h (motsvarar 1920 m³/d, eller 700 800 m³/år). Befintligt verk har 75 m³/h som dimensionerande flöde, vilket innebär att hela det dimensionerade flödet kan renas i den kompletterande läkemedelsreningen. Det förekommer dock flöden över 1920 m³/d i verket, främst under vår/sommar. Detta redovisas för 2022 års flöden i diagram nedan. Utifrån detta skulle cirka 70 % av totala årsflödet kunna renas i läkemedelsreningen 2022. Det arbetas dock fortlöpande med att minska mängden tillskottsvatten som kommer till verket, och den bräddade volymen har minskat rejält 2022 jämfört med år 2021 vilket tyder på mindre tillskottsvatten.

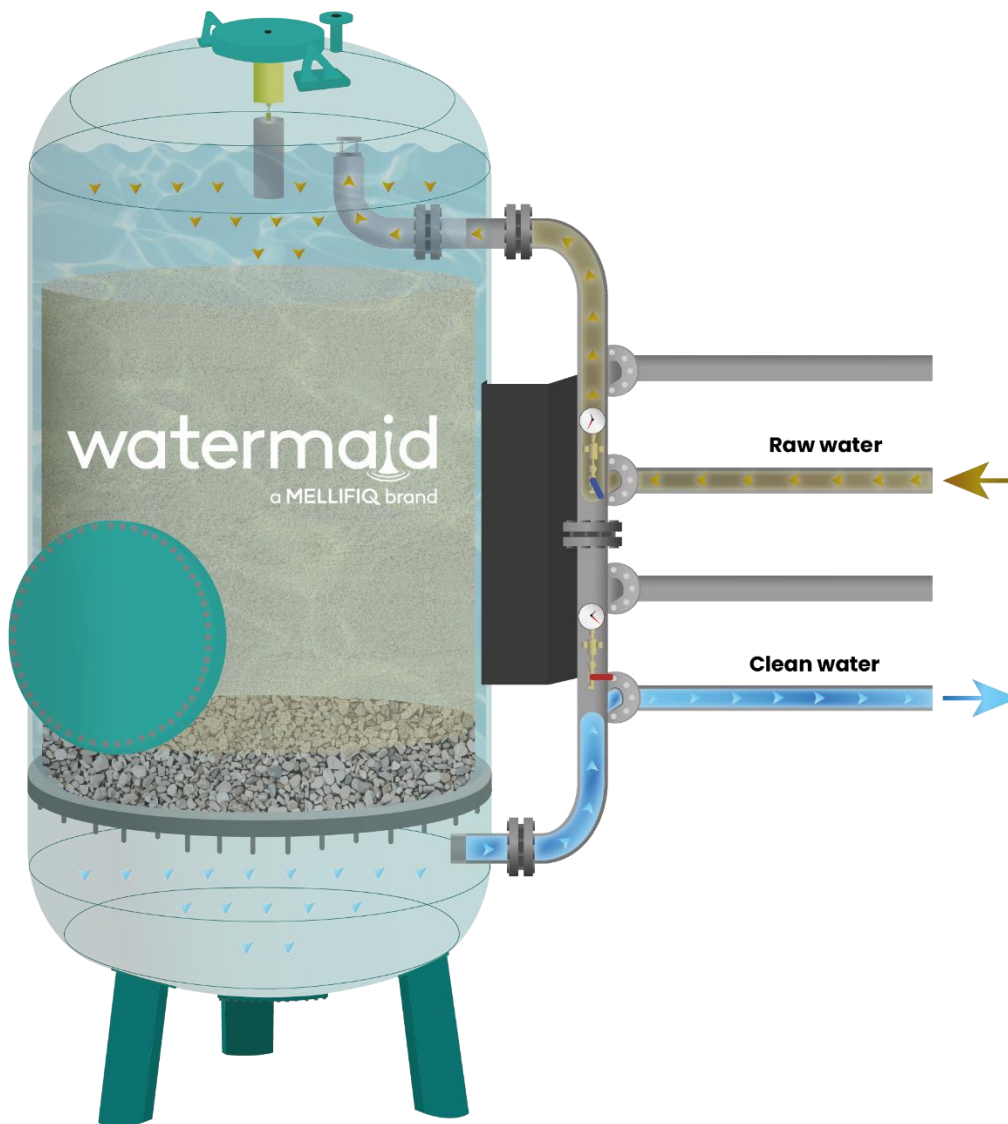


Figur 12, Dygnsflöden under 2022 i Stensele ARV, frekvensdiagram där flödena ordnats i storlek. Grön linje visar det dimensionerande flödet i läkemedelsreningen.

4.1.1.2. Sandfiltersteg

Som ett första reningssteg har tryckfilter av multimediatyp med sandmedia integrerats som ett första steg i reningsprocessen. Det möjliggör en kompakt installation och regenerering av filtreringsförmågan genom regelbunden och automatiserad backspolning.

Filtret utgörs av en stående cylindrisk tank (enligt nedan figur) innehållandes flödesfördelare i toppen, bottenplåt med integrerade dysor, två bärlager, och själva sandfiltermedialagret ovanpå bärlagret. Ett trycksatt flöde passerar filtret uppifrån och partiklar samlas över tid överst i filtermassan. Vid backspolning vänds flödesriktningen och uppsamlade partiklar sköljs ur filtret.



Figur 13, Schematisk bild över den tryckfiltertyp som använts för sandfiltrering och kolfiltrering vid Stensele LRS

Sandfiltret ansluts till automatiserade ventiler för att ställa om mellan normalt filtreringsläge och backspolningsläge. De automatiserade ventilerna kopplas till ett separat styrsystem där intervaller och tider för backspolning kan programmeras efter behov.

4.1.1.3. Ozoneringssteg

För att åstadkomma vattenbehandling med ozonering krävs en rad tekniska och praktiska lösningar. Ozonbehandling innebär i de flesta fall en in-situ baserad produktion av ozongas såväl som syrgas och/eller tryckluft. Så även i detta fall. Ozonprocessen i anläggningen är även utformad i enlighet med EN 12255-14 som standardiserar hur man skall utforma ozonsystem för tertiär rening från kommunala reningsverk.

Inom ramen för detta projekt har ett skräddarsytt ozoneringsystem med integrerad apparatur och styrning tagits fram som det huvudsakliga reningssteget vid LRS för Stensele ARV. De huvudsakliga ingående delarna i ozonsystemet innefattar följande:

1. Tryckluftsproduktion
2. Tryckluftsrening
3. Syrgasproduktion
4. Syrgasdistribution
5. Ozonproduktion
6. Integrerat köldbärarsystem
7. Automatiserat gas/vatten-inblandningssystem
8. Oxidationssystem med integrerad avluftning
9. Avluftningssystem med ozondestruktion

Ozoneringsystemet har baserats kring ozongeneratormoduler av varumärket Ozonotech (se figur nedan). Det är en modulärt uppbyggd enhet med möjlighet till direktstyrning av ozontillförsel och har även fördelen att den möjliggör uppskalning såväl som nedskalning av ozonkapacitet efter behov.



Figur 14, Ozongeneratormodul som använts för LRS vid Stensele ARV

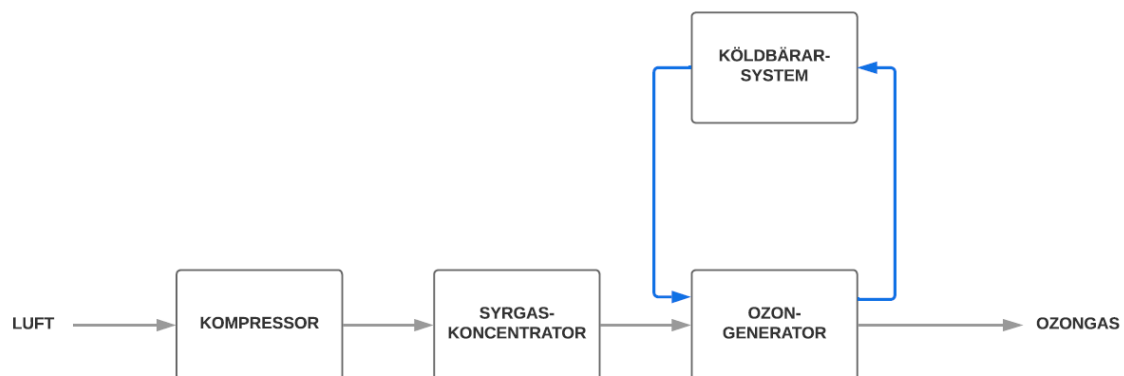
För att skapa redundans vid service- och underhållstillfällen har flera modulära enheter kopplats ihop både mekaniskt & styrtekniskt för att köras parallellt. Ozonprocessen med dessa enheter kan delas upp i följande tre processdelar:

1. Gasupparbetning
2. Inlösningssystem
3. Kylsystem för ozongeneratorer
4. Avluftning med destruktion

En kompressor utgör den första delen av gasupparbetningen. Den matas med omgivande inomhusluft och levererar tryckluft för vidare upparbetning. Då kompressorn avger en relativt stor mängd värme anpassades ventilationssystemet för att kunna nyttja spillvärmern från kompressorn. Detta blir särskilt fördelaktigt då Stensele har en årsmedeltemperatur på ca 2 °C (att jämföra med ca 8 °C i Stockholm).

Tryckluften torkas och genomgår ytterligare rening med avseende på bl.a. partiklar, oljeinnehåll, och ev. kvarstående vatten. Därefter koncentreras den trycksatta luften med avseende på syrgas i en så kallad syrgaskoncentrator. Syrgas med en koncentration på över 90 % matas sedan till ozongeneratormodulerna där omvandling från syrgas till ozon sker. Ozonproduktionen genererar värme, därför har ett köldbärarsystem som nyttjar processvattenkylan integrerats med gasupparbetningsdelen av LRS. Trycksatt koncentrerad ozongas leds sedan vidare för inlösning i processvätskan.

I nedan Figur 15 presenteras en schematisk representation av gasupparbetningsdelen.



Figur 15, Schematisk representation av gasupparbetningsdelen av LRS

För inblandning mellan ozongas och processvatten och oxidationsreaktion har en skräddarsydd lösning med en så kallad injektor och en kontakttank tagits fram. Ozongasen blandas med vattenflödet i injektorn och gas-/vattenblandningen tillförs sedan till en unikt konstruerad kontakttank. Inblandnings- och oxidationsystemet är fullt automatiserat med tryckstyrd cirkulationspump vilket möjliggör en hög grad av

kontroll över ozoneringsprocessen. Systemets styrparametrar kan även anpassas för att utnyttja så stor del av det tillförda ozonet som möjligt och på så sätt öka effektiviteten.

Kontakttanken (se figur nedan) anpassas även för avluftning av överskottsgas som inte löses in i vattenflödet. Då överskottsgasen innehåller ozongas integreras även ett katalytiskt ozondestruktorsteg i avluftningssystemet. Detta säkerställer att resterande ozongas tillbakabildas till syrgas. Då ozongas är ett effektivt oxidationsmedel måste samtliga delar anpassas för korrosionsbeständighet och ozonbeständighet. För att garantera säkerheten i omgivande miljö med avseende på ozonläckage kopplas styrsystemet för ozonprocessen till ozondetektorer som automatiskt larmar vid en ozonhalt över 0,1 PPM. Detta värde motsvarar gränsvärdet för 8 timmars exponering enligt arbetsmiljöverket.



Figur 16, Kontakttank för ozoneringsprocessen

4.1.1.4. Kolfiltersteg

Tryckfilter med aktivt kol har tagits fram för att utgöra det sista reningssteget. Detta filtersteg är här med andra ord motsvarande mekaniska uppbyggnad som sandfiltersteget (som beskrevs ovan enligt avsnitt 4.1.1.2.). Den avgörande skillnaden ligger i att aktivt kol används som filtermedia. Då detta steg är projekterat att användas som poleringssteg och pga. det lägre tryckfallet i förhållande till sandfiltersteget är den totala erforderliga volymen betydligt mindre än för sandfiltersteget.

Då filtermassan för kolfiltret mättas och måste bytas med jämna mellanrum har särskild hänsyn tagits till detta i projekteringen av den nya byggnaden. För att underlätta fyllning och tömning av filtertankarna har en särskilt plattform utformats ovanför tankarna med luckor för fyllning och tömning. Dessutom har en telferbalk med lyftanordning byggts in ovanför tankarna och plattformen för att på enklaste sätt kunna lyfta storsäckar med ny filtermassa.

Förbrukad filtermassa kan hanteras på olika sätt beroende på tillgängliga faciliteter och leverantörer. Det kan regenereras för återanvändning eller energiåtervinnas genom förbränning. Aktivt kol kan regenereras till >95% upp till fem gånger, medan PAC endast kan användas en gång. I dagsläget är det vanligaste hanterings sättet förbränning redan efter det första användningstillfället, men forskning pågår för att utföra reaktivering på plats hos reningsverken. (FORMAS, 2022) Ett tredje alternativ är deponering av filtermassan men om möjligt bör regenerering eller energiåtervinning väljas i första hand.

4.1.2. Uppdaterat miljötilstånd

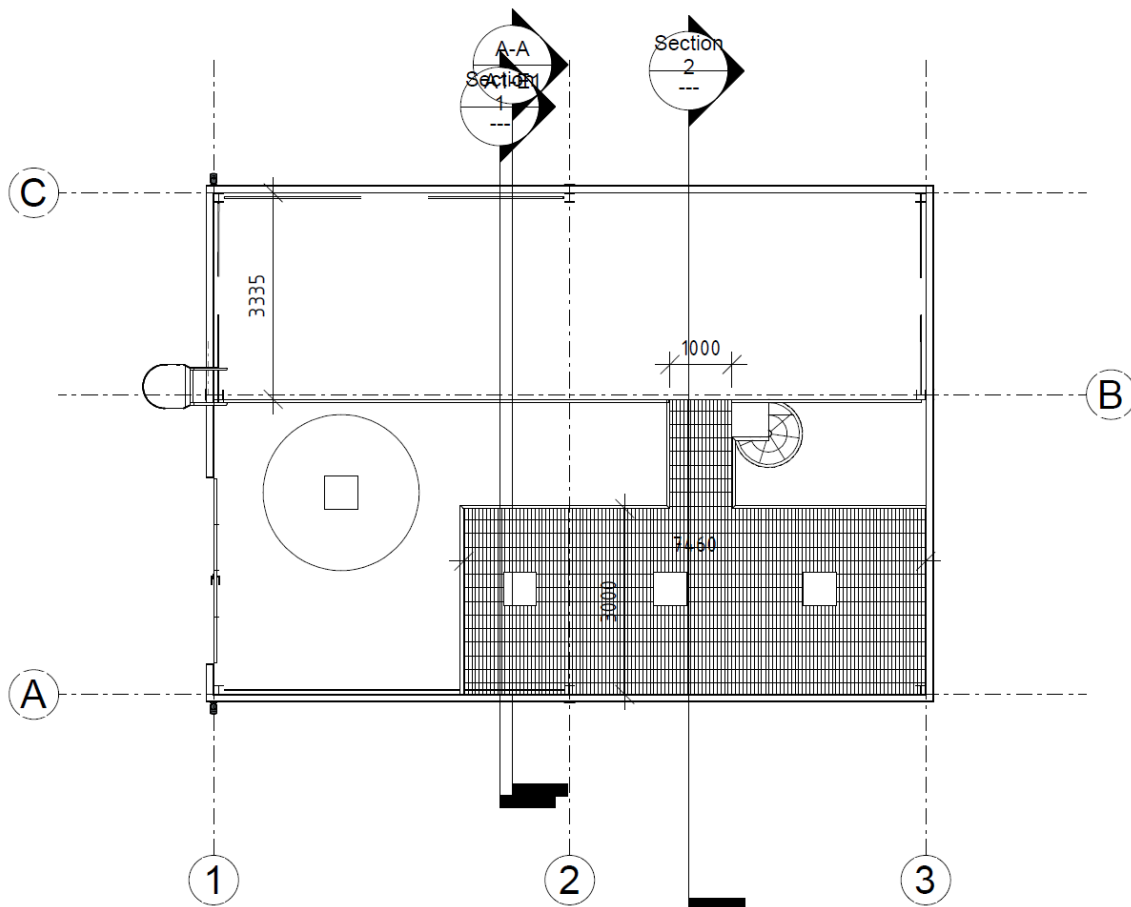
Stensele ARV är klassat som miljöfarlig verksamhet enligt 28 kap. i miljöprövningsförordningen (2013:251). Gällande tillstånd att rena avloppsvatten finns enligt beslut från Länsstyrelsen Västerbotten 2005-04-13, ärendebeteckning 551-7032-2004. I samband med implementeringen av ytterligare läkemedelsreningssteg uppdaterades även miljötilståndet för Stensele ARV. Då ändringarna vid Stensele innebär en positiv påverkan på miljön erhöles uppdaterat miljötilstånd under våren 2023.

4.1.3. Nybyggnation

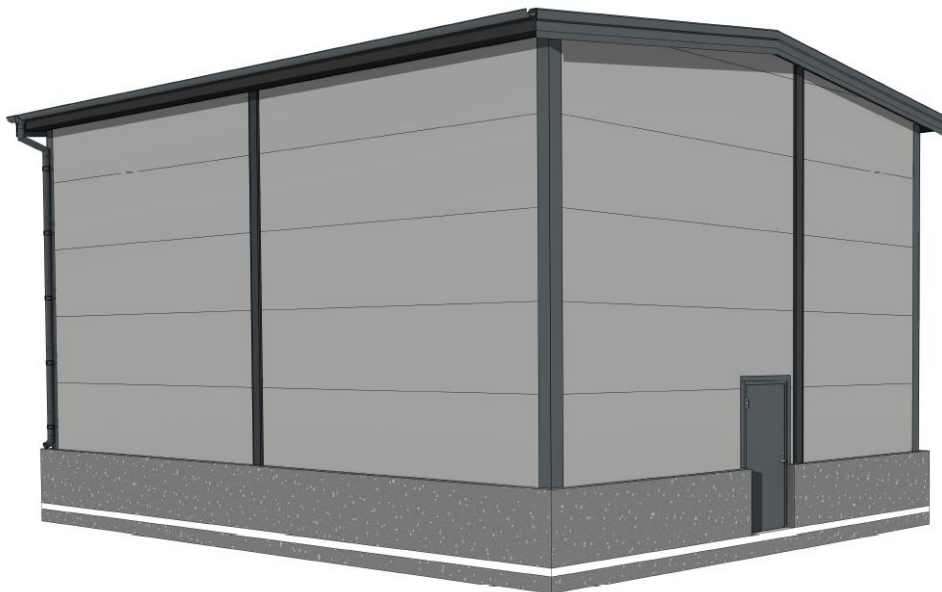
Tidigt i projektet beslöts att en ny byggnad skulle uppföras i anslutning till Stensele ARV för att hysa processutrustningen till det nya läkemedelsreningssystemet. Under våren påbörjades projektering av den nya byggnaden parallellt med projektering av processutrustningen. På detta sätt kunde utformningen av anläggningen och dess ytor anpassas till processutrustningen och driften av densamma. Målsättningen var att skapa en byggnad med funktionella ytor och kompakt utförande för en kostnadseffektiv installation och drift, hög användarvänlighet, samt låg miljöpåverkan.

Planeringen av byggnaden utformades i första hand med avseende på de olika reningsstegen, handhavandet av utrustningen, samt hur de påverkar den närmaste omgivningen. Till exempel reningssystemets största del, kontakttanken för ozoninblandning, är en stående ståltank med en höjd på över 5 meter vilket ställer krav på byggnadens inre takhöjd. Ett alternativ hade varit en liggande tank. Från ett processtekniskt perspektiv hade det dock lett till utmaningar till exempel när det gäller de hydrodynamiska förhållandena i tanken för att uppnå en god inblandning samt utmaningar med avluftningen av tanken. Den högre takhöjden kunde även nyttjas för att skapa ett ytterligare plan ovanför filtertankarna vilket betydligt underlättar byten av filtermedia.

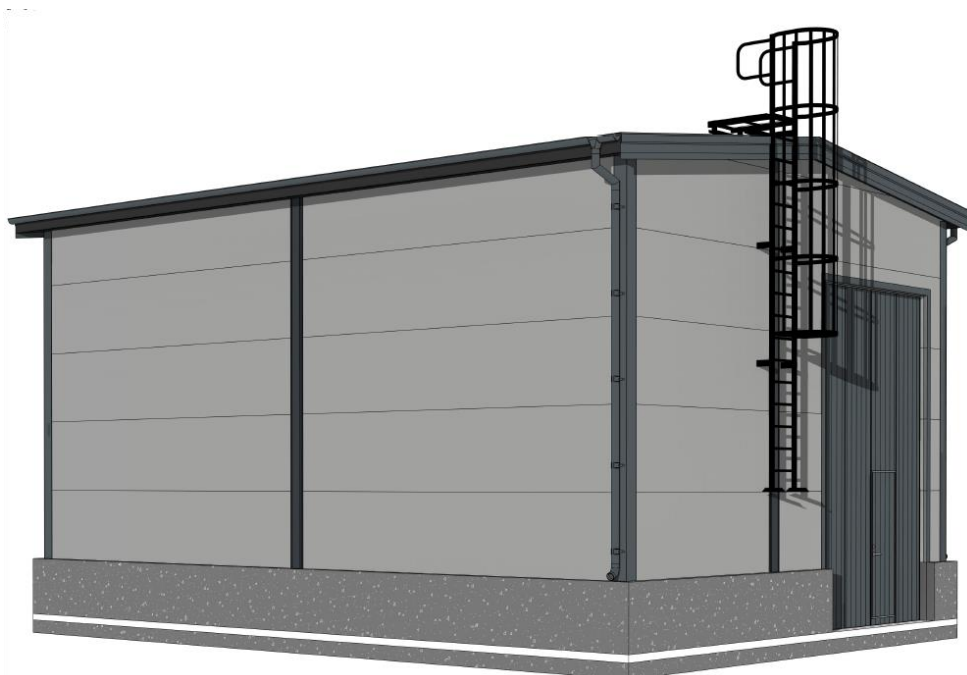
Markplanets ytor delades upp i fyra olika utrymmen; "processhall", "kompressorrum", "ozonrum", och ett ytterligare rum (se planritning enligt figur nedan). Processhallen utformades att utgöra den största delen av byggnaden med takhöjd upp till yttertak och med plats för kontakttank, filtertankar, samt processvattenledning. Åtkomst till byggnaden gavs med ingångar på båda husgavlarna, dels genom en större port och dels genom en gångdörr. Kompressorrummet utformades att ge erforderligt utrymme för kompressor, syrgaskoncentrator, samt ventilationskanalisation. Då kompressorn avger en relativt stor mängd värme samt kräver ett kontinuerligt tilluftsflöde utformades ventilationssystemet specifikt för att hantera detta och för att nyttja överskottsvärmen. Ozonrummet är avsett att innehålla merparten av ozonsystemets delar med syrgasdistribution, ozongeneratorer, och styrcentral (inkl. lokal skärm med styr- och övervakningsfunktion). Ett tredje mindre rum ritades med möjlighet till exempelvis ytterligare förvaringsyta, arbetsrum, och/eller visning/presentation av anläggningen. Från detta rum finns åtkomst till övre planet med spiraltrappa.



Husets väggar konstruerades av så kallade sandwichelement med en 900 mm hög betongsockel i grunden.



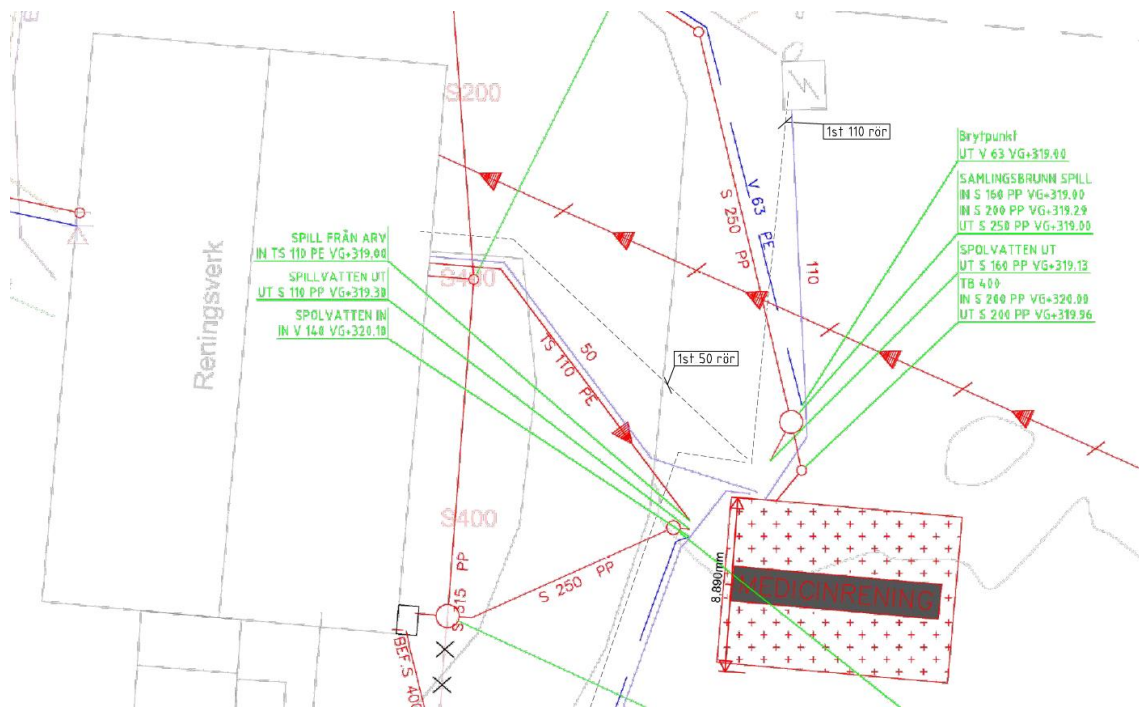
Figur 18, Projekteringsunderlag 3D-vy på byggnaden från nord-västlig riktning.



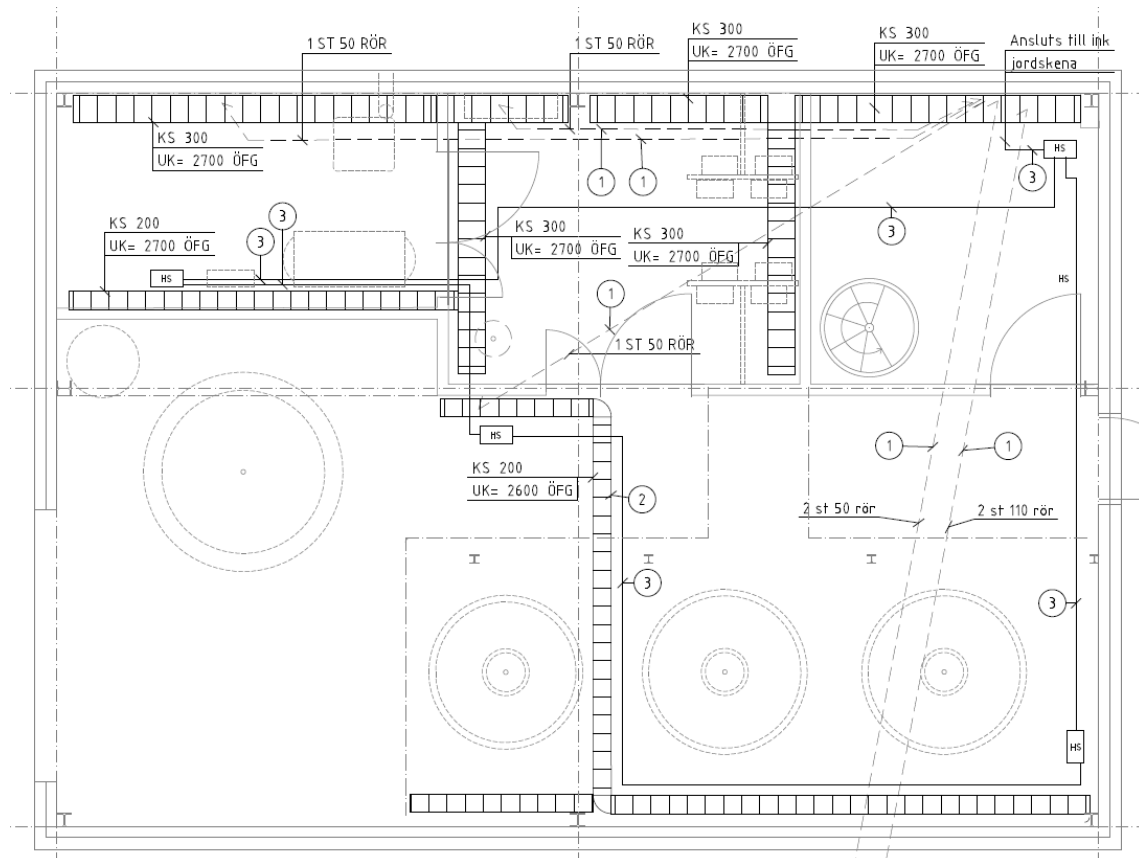
Figur 19, Projekteringsunderlag 3D-vy på byggnaden från syd-östlig riktning.

I ena gavelsidan ritades en större vikbar port med måtten 3000 x 5000 mm (H x B) för att underlätta godstransport in och ut samt för att möjliggöra in- och uttransport av tankarna. I samma gavelsida lades även en stege för åtkomst till tak. På motsatt gavelsida (närmast Stensele ARV) placerades en gångdörr. Taket utformades som ett plåttak i 7 graders lutning och 400 mm utsprång, komplett med hängrännor, stuprännor, och utkastare.

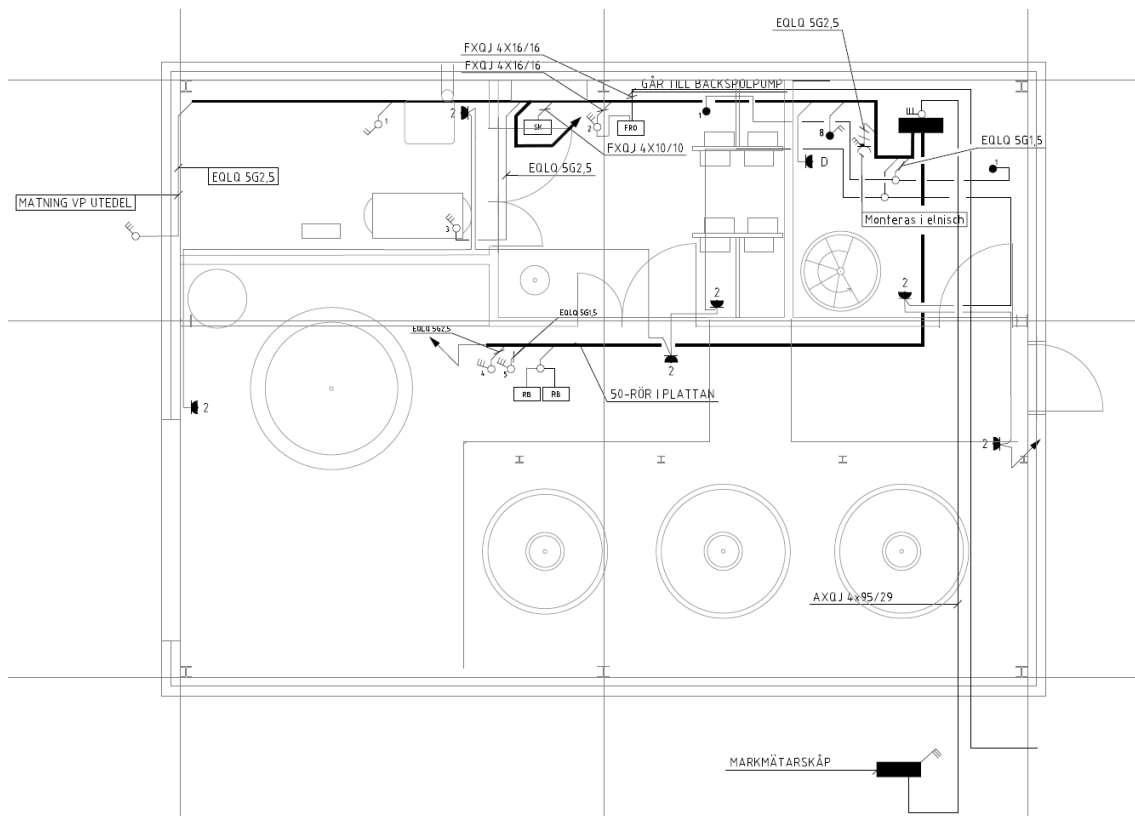
Elprojekteringshandlingar togs fram för elförsörjning av byggnadens alla installationer och processutrustningen. Märkström till elcentralens huvudbrytare dimensionerades med avsäkring till 160 A. Den huvudsakliga strömförbrukningen är dimensionerad att gå till byggnadens värme- och ventilationssystem samt till processutrustning. En betydande del av elsystemets kapacitet (51 A avsäkring) dimensionerades även för att täcka matningsbehovet till en tryckstegringspump att försörja LRS med erforderligt trycksatt backspolningsflöde. En utökad elservis beställdes från Vattenfall för att täcka det ytterligare matningsbehovet. för anläggningen. Nedan presenteras några urklipp från projekteringshandlingarna för elinstallationen.



Figur 20, Situationsplan med inritad kanalisation för strömmatning från elcentralen norr om LRS (kallad medicinrening i figuren)



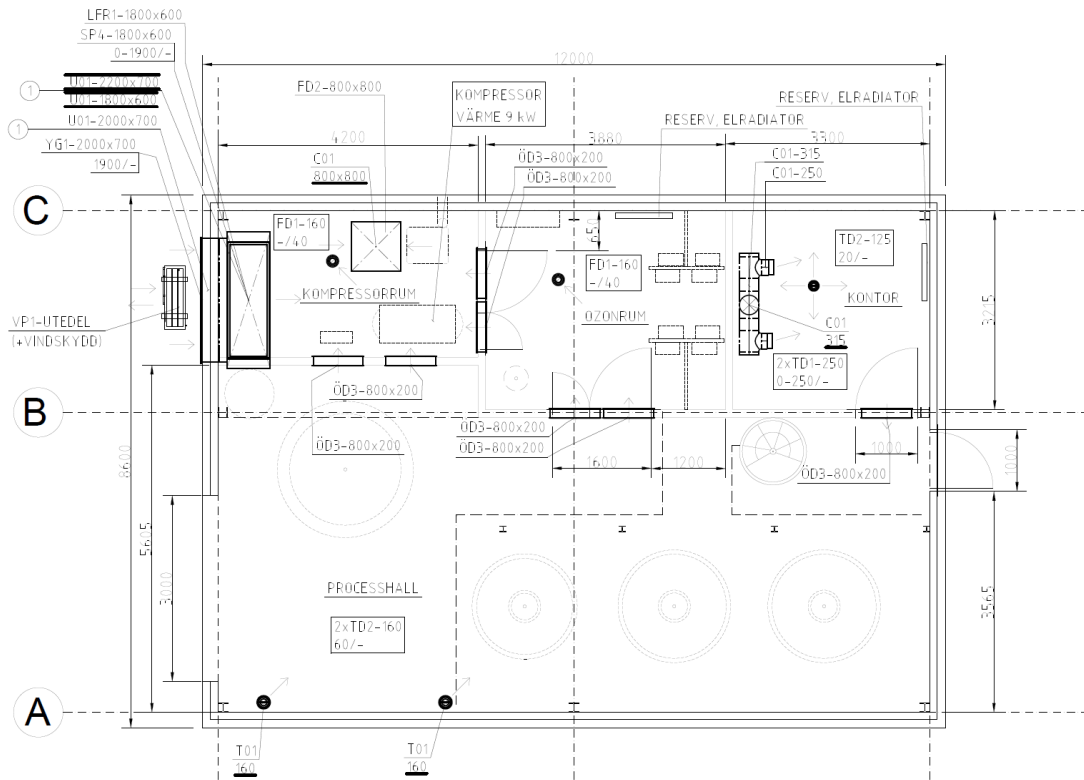
Figur 21, Intern kanalisation och planering av kabelstegar i byggnaden för LRS (markplan)



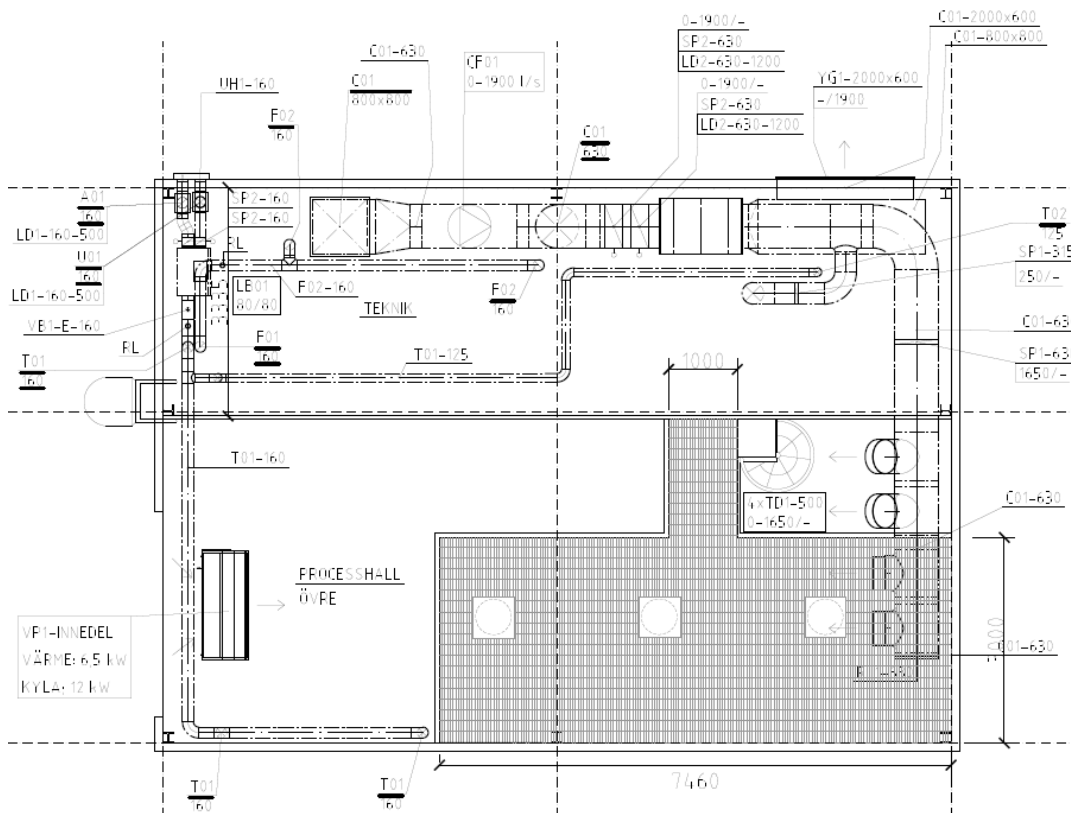
Figur 22, Kraftplanering i byggnaden (markplan)

Ventilationshandlingar (se figurer nedan) togs fram i samverkan med projektering av processen. Som tidigare nämnts har särskilt gasupparbetningsdelen av ozonprocessen en påverkan på omgivande klimat. Detta pga att ett kontinuerligt tillflöde krävs till kompressorn samt att kompressorn avger en kontinuerlig värmemängd under drift. Utöver detta har även kyleffekten från tankar och processvattenledningar tagits med i beräkningen av värme- och ventilationssystemet för byggnaden.

Uppvärmningssystemets utformning för byggnaden baserades på uppvärmning med egen luftvärmepump samt möjlighet att återvinna värme från kompressorn.



Figur 23, Ventilationsritning markplan



Figur 24, Ventilationsritning övre plan

4.1.4. Geoteknisk & markteknisk undersökning

Inför grundläggningskonstruktionen utfördes en geoteknisk undersökning. Information enligt nedan punkter framkom bland annat vid undersökningen.

Geotekniska förhållanden:	Marken utgörs av ett tunt lager organisk jord (delvis på fyllning) på friktionsjord på berg. Jorden ska antas innehålla block. Bergdjup är okänt. Sonderingar har stannat på djup ca 4,4m. Skruvprov visar på grusig sand till djup 1,8m. I punkt 2 hittas en svagt skikt på djup 1m.
Hydrogeologiska förhållanden:	Grundvattenytan kan antas variera med nivån i närliggande injsö. Grundvattenmätning har ej erhållits.
Stabilitet:	Inga stabilitetsproblem bedöms föreligga.
Sättning:	Marken utgörs i huvudsak av icke sättningskänsligt material.
Rekommendationer:	<p>a. Grundläggning av byggnad: Grundläggningssätt påverkas av vilken belastning projekterade byggnader orsakar på marken. Ny byggnad bedöms kunna grundläggas med platta på mark. Ny byggnad som grundläggas på större djup än 1 m kan grundläggas på befintligt material. Ytligare grundläggning bör förläggas utskiftat material (skiftas till djup 1 m om inte syn på plats föranleder större djup). Ny fyllning ska utgöras av packat krossmaterial eller grovkornig jord. Ej uppvärmda konstruktioner ska grundläggas frostskyddat. Organisk jord får ej förekomma under nya konstruktioner. Organisk jord bedöms kunna förekomma ovan djup 0,5m.</p> <p>b. Grundläggning av gårdsmark och vägar: Kan grundläggas utan förstärkning. Organiskt material ersätts med fyllning av grovkornig jord eller krossmaterial.</p> <p>c. Schakt: Schaktbotten som ska bära last ska synas av geotekniskt sakkunnig samt skyddas mot frysning, omrörning och uppåltning. Tillfälliga slänter bör inte utföras brantare än 1:1,5. Schakt under grundvattennivån bör inte utföras.</p> <p>d. Länshållning: Schakt under grundvattennivån bör utföras inom vattentät spont. Detta för att upprätthålla omgivande grundvattennivå. Länsvattnen kan behöva renas. En utredning av omgivningspåverkan kan visa att tillfällig grundvattenpåverkan orsakad av länshållning inom schakt kan tillåtas.</p> <p>e. Fyllning och packning: Utförs enligt relevanta koder i AMA Anläggning 20. Fyllning med frysta massor ska ej utföras. Lutningar för eventuella permanenta slänter bör begränsas till 1:2 för att minska risk för ras och erosion.</p> <p>f. Vibrationer: Innan vibrationsalstrande arbeten utförs ska en bedömning av risker för skada på omgivningen utredas genom tex en "Riskanalys med avseende på vibrationer".</p>

Resultaten i sin helhet redovisas i den marktekniska undersökningsrapporten. Byggnadens grundläggning konstruerades baserat på geoundersökning och projekteringsunderlag.

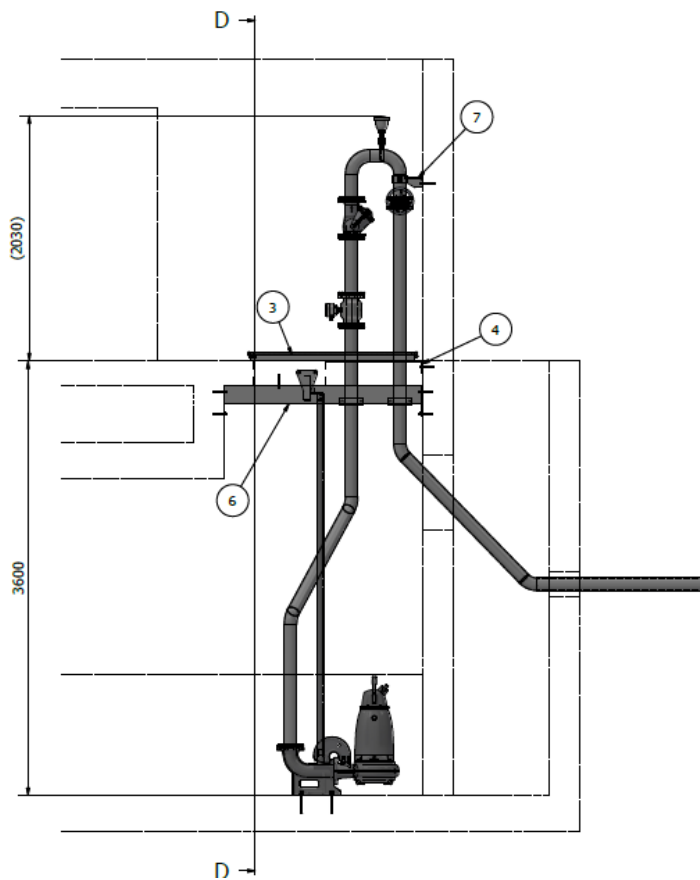
4.1.5. VA-integration & markkanalisation

Som beskrivits ovan i avsnitt 4.1.1. medförde implementeringen av ett LRS till Stensele ett behov av att integrera de nya reningsstegen med det befintliga reningsverket. Den nya byggnaden har anslutningar med olika media till och från byggnaden enligt nedan lista:

1. Inkommande tappvatten
2. Spill-/avloppsvatten
3. Dagvatten från tak
4. Inkommande avloppsvatten från Stensele ARV
5. Utgående behandlat vatten från LRS
6. Inkommande rent backspolningsvatten
7. Utgående smutsigt backspolningsvatten
8. Inkommande kraft
9. Utgående kraft till backspolningspump
10. Kanalisation för kommunikation och styr mellan LRS och Stensele ARV

Alla dessa anslutningar skapade ett stort behov av samordning i projekteringen av byggnaden, LRS-process, utvändig VA, samt modifieringen av Stensele ARV.

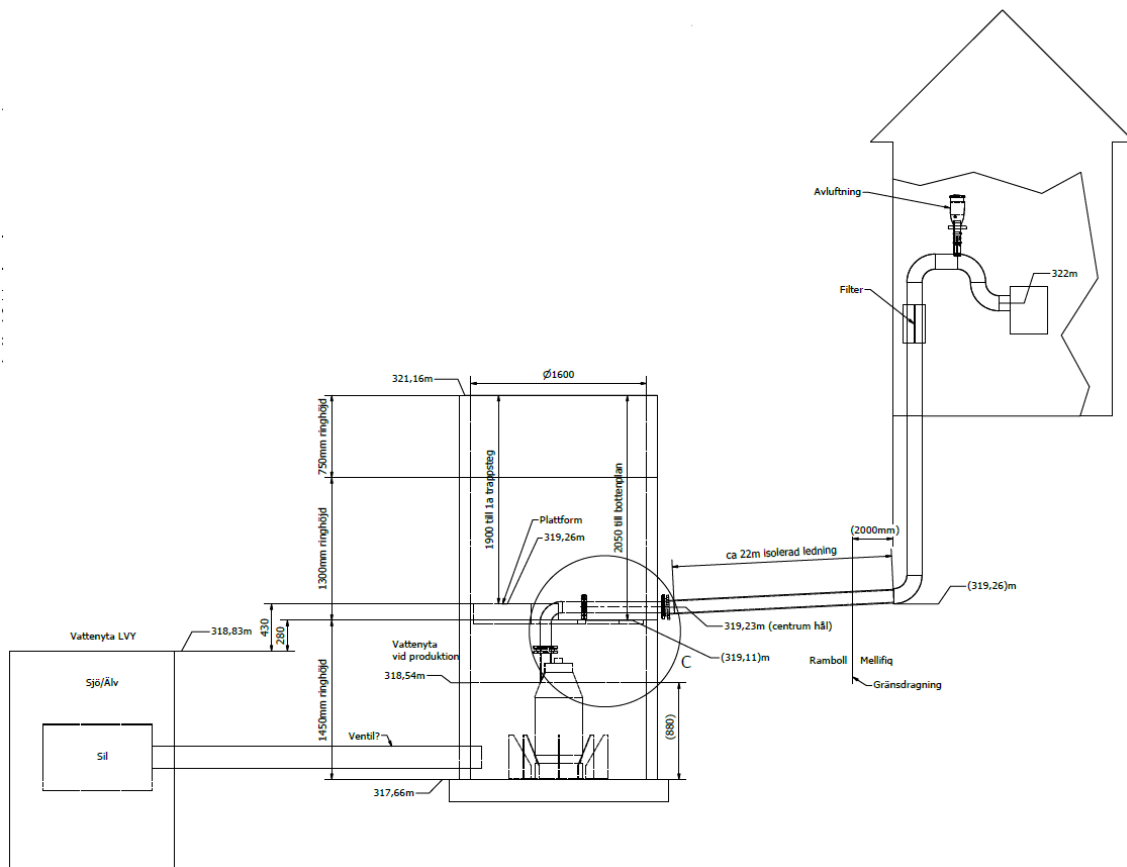
För att kunna rena vattnet i LRS behöver vattnet pumpas till den nya byggnaden. Detta innebär att ett nytt pumpsteg behövde installeras i befintligt reningsverk. En separat utredning genomfördes för hur detta ska genomföras. I korthet innebär det att pump placeras i nuvarande externslamlager (som för närvarande inte används) vilket innebär att flöden större än vad läkemedelsreningen klarar av kommer ledas ut likt nuvarande utformning. I nedan figur visas en sektion från konstruktionsunderlaget för ombyggnationen och installationen av Stensele ARV.



Figur 25, Sektion från konstruktionsunderlaget för ombyggnationen och installationen av Stensele ARV

Spolvatten från sandfilter och kolfilter i läkemedelsreningen leds tillbaka till inkommande avloppsflöde via en pumpbrunn innan reningsverket. Backspolningen av filtren görs med vatten från älven, varför en pumpbrunn och intagsledning för ändamålet installeras. För nödfall kommer möjlighet till omkoppling av spolvatten för avledning direkt ut i recipienten finnas. Detta då spolvattnet från filtren är renare än dagens utgående avloppsvatten och det kan uppstå situationer där spolvattnet skulle kunna riskera bräddning av orenat avloppsvatten utan den möjligheten.

I nedan figur visas översiktsritning på försörjning av backspolningsvatten till LRS från älven Stenselet.



Figur 26, Översiktsritning på försörjning av backspolningsvatten till LRS från älven Stenselet

Spolning kommer att motsvara det totala genomströmningsflödet (på 80 m³/h) och varje backspolningstillfälle pågår under ca 8 minuter, vilket innebär att ca 10 m³ per backspolning. Det går inte att förutsäga exakt hur ofta backspolning av filtren kommer att ske då det beror helt på inkommande vattenkvalitet, men uppskattningsvis kommer backspolning utföras dagligen för sandfilter och någon till några gånger per vecka för kolfiltren. Backspolning kommer att ske med automatik enligt ett förinställt schema, vilket fastställs efter en inkörningsperiod (med möjlighet för justering för att optimera driften framöver också). Det kommer därmed finnas möjlighet att förlägga backspolningen till perioder med lägre flöde, exempelvis nattetid.

I nedan figur visas planritning med samtliga VA-ledningar och övrig kanalisation mellan Stensele ARV och LRS.

4.2. Utförande fullskalig anläggning

Utförandedelen av byggentreprenaden påbörjades under våren 2023. Bygglovets beviljades den 1 februari och startbesked för mark och grundarbeten erhöles den 29 mars.

4.2.1. Nybyggnation

Efter erhållet startbesked för mark och grundarbeten påbörjades markarbeten för grundläggning av byggnaden under april månad trots ihållande tjäle. Som en första del av arbetet genomfördes averkning och markavtäckning (se figur nedan).



Figur 28, Avsedd byggnadsyta efter averkning och markavtäckning

Därefter genomfördes schakt för bottenplatta samt inre och yttre VA med kanalisation för el och data samt singelbädd för ny bottenplatta, även 4 rör för processvatten monterades i schakten.

Vissa utmaningar uppkom även till följd av förekomst av större stenblock i marken enligt figuren nedan.



Figur 29, Markarbeten inför grundläggning



Figur 30, Formsättning och isolering inför grundläggning

Första officiella byggmötet hölls den 4 maj i samband med pågående arbete för gjutning av bottenplatta för byggnaden (se figur ovan).

Under juni och juli monterades hallbyggnaden med tak, väggar, och utvändiga installationer (se figurer nedan).



Figur 31, Montage av hallbyggnad



Figur 32, Avslutat hallmontage

Efter att stålstommen och byggnaden blivit färdigställd påbörjades en enklare finplanering för att göra byggnaden tillgänglig, marken runt byggnaden hårdgjordes och dagvattenledningar till infiltration anslöts på respektive stuprör.

Under augusti påbörjades Invändiga installationer med bl.a. elinstallationer, Innerväggar, massagolv-läggning, svetsarbeten för processrör och tankar, samt installation av processutrustning. I nedan figurer presenteras genomförda och pågående arbeten för olika delmoment.



Figur 33, Installationsarbeten av processvattenrör & tankar



Figur 34, Installationsarbeten för ozonsystemet

4.2.2. VA-integration

Då arbetet med VA-projektering fortlöpte med justeringar under sommaren 2023 påbörjades installationsarbeten för dessa efter sommaren.

Ett flertal olika installationsmoment har krävts för att ansluta LRS med befintligt reningsverk. De huvudsakliga momenten presenteras enligt följande lista:

1. Installation av ny utloppsbrunn från Stensele ARV dit utloppet från LRS kopplas
2. Rörläggning och anslutning av utgående avloppsvatten från ARV till LRS
3. Rörläggning och anslutning av utgående behandlat vatten från LRS till recipient
4. Installation och anslutning av pumpstation för försörjning av backspolningsvatten från älven till LRS
5. Installation och anslutning av spillvattenbrunn för spillvatten från LRS
6. Installation och anslutning av pumpstation för återförsel av spillvatten från LRS till inkommande ledning på Stensele ARV

I nedan figur presenteras foto från installationen av rör och brunn för försörjning av backspolningsvatten från älven.



Figur 35, Grävarbeten för installation av brunn för spolvattenförsörjning

4.3. Kvarstående arbeten, idrifttagning, och utvärdering

Vid tiden för inlämningen av denna rapport pågår fortfarande installationsarbeten. Inuti den nya byggnaden är det främst arbeten med ventilation och värme, elinstallation, samt installation av LRS.

Utvändigt kvarstår främst VA-installationer med anslutning av processvatten- och backspolningsflöden till och från LRS samt spillvattenbrunn och anslutning av rör från spillvattenbrunn till inkommande flöde på Stensele ARV.

I nuläget planeras invändiga installationer att avslutas innan årsskiftet. Utvändiga ledningsdragningar för att ansluta spillvatten från LRS till inkommande ledningar för Stensele ARV bedöms i nuläget kunna avslutas till årsskiftet 2023/2024.

Därefter kan hela läkemedelsreningssystemet funktionstestas i sin helhet och tas i drift samt utvärderas. Utvärderingen utformas efter en injusteringsperiod för att spegla de driftsförhållanden som kommer att råda för läkemedelsreningssystemet. Reningseffekt, energiförbrukning, driftsekonomi, och driftsäkerhet är däremot viktiga parametrar att inkludera i utvärderingen.

5. Diskussion

Projektet med att implementera läkemedelsrening till Stensele ARV är fortfarande i utförandeskedet. Denna slutrapport kan på grund av detta inte omfatta någon utvärdering av själva reningsprocessen och dess inverkan på utgående läkemedelshalter till recipient efter avslutad installation. Vad som kan diskuteras är däremot utförandet av projektet samt den förväntade nyttan av ett implementerat LRS.

Tidsfaktorn för projektets genomförande är en central fråga att diskutera. Efter genomförd kartläggning påbörjades projektering av reningsprocessen. Som tidigare beskrivits skedde detta parallellt med en förprojektering av en ny byggnad för LRS. En första målsättning var att grundläggning skulle avslutats till hösten/vintern 2022. Detta för att kunna genomföra husbyggnation och invändiga installationer till våren 2023 och sedan påbörja en utvärderingsperiod från sommaren till hösten 2023.

Ett av de första tidsmässigt avgörande skedena i projektet utgjordes av valet av entreprenadform. Tidigt i projektet var avsikten att upphandla byggnationen av processhallen som en utförandeentreprenad. Mot slutet av projekteringsfasen togs beslutet att ändra entreprenadformen till en totalentreprenad. På grund av ett pressat marknadsläge med bl.a. långa leveranstider och kostnadsökningar till följd av covid-19 pandemin tog det längre tid än förväntat för totalentreprenören att påbörja uppdraget. Detta i sin tur gjorde att markarbeten för grundläggning inte kunde påbörjas förrän våren 2023 bland annat pga. tjäle. När entreprenaden påbörjats

tillkom även tid för att (i samverkan med totalentreprenören) göra ändringar i projekteringsunderlaget för byggnaden. Detta gjordes huvudsakligen för att anpassa byggnadens konstruktion och utformning så att både kostnader och leveranstid kan minskas.

Under våren 2023, efter påbörjat utförande av byggnationen, tillkom sedan även projekteringsarbete för vatten- och avloppsledningarna att anslutas mellan LRS och Stensele ARV. Detta ledde även till att markarbetet för VA-installationer inte kunde påbörjas förrän efter sommaren 2023 vilket blev för sent för att hinna avsluta VA-installationerna i sin helhet innan tjälperioden för året. I slutändan kommer projektet med andra ord att ha försenats med ungefär ett halvt år.

Sammantaget har byggarbetet för implementeringen av läkemedelsreningen tagit betydligt mer tid i anspråk än vad som förväntades. Å andra sidan har målsättningen fortsatt varit att implementera en anläggning för läkemedelsrening med god arbetsmiljö, driftförhållanden och reningseffekt. Anpassningar har därför gjorts löpande under projektets gång för att uppnå detta.

Målsättningen med den projekterade anläggningen är fortsatt en 80 % reduktion av totala mängden läkemedel som släpps till recipient från Stensele ARV. Med projekterad reningsanläggning beräknas ett energibehov på ca 240 000 kWh per år i full drift. Det motsvarar en energiförbrukning på ca 0,34 kWh/m³ behandlat vatten genom LRS. Utöver detta tillkommer drift- och underhållsarbeten med en uppskattad total tidsåtgång på ca 1 h per vecka. Detta inkluderar bl.a. kontroller, mindre underhållsåtgärder, samt byten av filtermedia. En hög grad av automation för driften syftar till att minska mängden erforderligt arbete med drift- och underhåll så mycket som möjligt.

Det är även värt att notera att den typ av läkemedelsreningsprocess som projekterats för Stensele ARV kan liknas vid en tertiär reningsprocess med de fördelar som detta innebär med avseende på bl.a. partikelavskiljning, desinfektion, samt minskning av organiskt innehåll.

6. Referenser

- Baresel, C., Ek, M., & Ejhed, H. (2017). *Handbok för rening av mikroföroreningar vid avloppsreningsverk*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet.
- Cornel, P., Knopp, G., Prasse, C., & Ternes, T. A. (2016). Elimination of micropollutants and transformation products from a wastewater treatment plant effluent through pilot scale ozonation followed by various activated carbon and biological filters. *Water Research*, 580-592.
- Council Directive 91/271/EEC. (den 30 Maj 1991). Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. *EUROPEISKA GEMENSKAPERNAS OFFICIELLA TIDNING*, ss. 93-105. Hämtat från <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31991L0271>
- Directorate-General for Environment. (den 26 October 2022). *Annexes to the proposal for a revised Urban Wastewater Treatment Directive*. Hämtat från European Commission: https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive_en
- Ejhed, H., Hansson, K., Lind, E., Rosenblom, T., & Tengdelius Brunell, J. (2018). *SMED Rapport Nr 7 2018, Beräkning av utsläpp av läkemedelsrester från kommunala avloppsreningsverk och potentiell koncentration i recipientvatten*. Norrköping: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.
- FORMAS. (2022). *Svenskt kommunalt avloppsvarsatt och dess påverkan på vattenlevande organismer, en systematisk översikt*. Stockholm.
- Goralski, A. (2019). *Removal of Pharmaceutical Residues from Wastewater*. Stockholm: KTH.
- Harker, J., Backhurst, J., & Richardson, J. (2002). *Chemical Engineering Vol. 2 5th ed.* . Wales: Butterworth-Heinemann.
- Khadre, M., Yousef, A., & Kim, J.-G. (2001). Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food; A Review. *JFS: Concise Reviews in Food Science*, 1242-1252.
- Naturvårdsverket. (2017). *Avancerad rening av avloppsvatten för avskiljning av läkemedelsrester och andra oönskade ämnen - Behov, teknik och konsekvenser*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Newman, S. E. (2004). *Disinfection Irrigation Water for Disease Management*. California: Colorado State University.
- Pontén, J., Rönholm, G., & Skiöld, P. (2017). *PPRI Pharma Profile Sweden*. Stockholm: Dental and Pharmaceutical Benefits Agency.

Tierps Energi & Miljö AB. (2020). *Implementering av fullskalig läkemedelsrening vid Tierps reningsverk*. Tierp: Tierps Energi & Miljö AB.

Umeå Kommun. (2012). *Fördjupning för älvlandskapet*. Umeå: Kommunstyrelsen Umeå.

7. Bilagor

7.1. Bilaga 1 – Analysresultat från förstudie

Läkemedel	LOQ [ng/L]	Läkemedel	LOQ [ng/L]	Läkemedel	LOQ [ng/L]
Alfuzosin	4	Dihydroergotamine	20	Norfloxacin	30
Alprazolam	20	Diltiazem	2	Ofloxacin	3
Amiodarone	40	Diphenhydramine	4	Orphenadrine	3
Amitriptyline	15	Donepezil	10	Oxazepam	10
Atenolol	15	Duloxetine	3	Oxytetracycline	15
Atorvastatin	15	Eprosartan	15	Paracetamol	30
Atracurium	4	Fenofibrate	20	Paroxetine	15
Azelastine	3	Fexofenadine	10	Pizotifen	3
Biperiden	4	Finasteride	20	Promethazine	20
Bisoprolol	4	Flecainide	2	Ranitidine	20
Bromocriptine	15	Fluconazole	7,5	Repaglinide	3
Budesonide	20	Flunitrazepam	10	Risperidone	4
Buprenorphine	20	Fluoxetine	7,5	Rosuvastatin	20
Bupropion	4	Flupentixol	15	Roxithromycin	15
Carbamazepine	7,5	Fluphenazine	10	Sertraline	15
Chlorpromazine	15	Glibenclamide	20	Sotalol	20
Chlorprothixene	15	Glimepiride	20	Sulfamethoxazole	15
Cilazapril	2	Haloperidol	3	Tamoxifen	7,5
Ciprofloxacin	15	Hydroxyzine	4	Telmisartan	10
Citalopram	20	Irbesartan	3	Terbutaline	2
Clarithromycin	3	Ketoconazole	45	Tetracycline	30
Clemastine	3	Loperamide	3	Tramadol	20
Clindamycin	3	Maprotiline	15	Trihexyphenidyl	4
Clomipramine	3	Meclozine	20	Trimethoprim	4
Clonazepam	10	Memantine	4	Venlafaxine	20
Clotrimazole	15	Metoprolol	15	Verapamil	15
Codeine	20	Mianserin	4	Zolpidem	4
Cyproheptadine	7,5	Miconazole	15	Erythromycin	20
Desloratadine	15	Mirtazapine	20	Propranolol	30
Diclofenac	15	Naloxone	4	Cetirizine	15
Dicycloverine	15	Nefazodone	3	Caffeine	30