
RAPPORT

LIDKÖPINGS KOMMUN

Ängens avloppsreningsverk Lidköping

UPPDRAGSNUMMER 13003636

TEKNISK BESKRIVNING TILL NYTT AVLOPPSRENINGSVERK I LIDKÖPING



RAPPORT

2019-05-31

JÖNKÖPING VA-SYSTEM

CARL DAHLBERG

Sweco Environment AB

Sammanfattning

Lidköpings kommun har beslutat att bygga ett nytt avloppsreningsverk på en helt ny plats och ny utsläppspunkt. Under våren 2016 genomfördes en lokaliseringsstudie, denna har utmynnat i en plats som är lämpad för ett konventionellt avloppsreningsverk.

Alternativet att bygga om det befintliga avloppsreningsverket på ett så pass inneslutet sätt att bebyggelse kan tillåtas i direkt anslutning innebär både investeringskostnader och driftkostnader. Dessutom är det i praktiken en kortsiktig lösning med framtida risker. En viktig aspekt är att kostnaderna för att klara framtida belastning och krav riskerar att bli hög när det ska ske på ett begränsat inneslutet utrymme. Dagens anläggning är hydrauliskt begränsad och klarar inte vare sig dagens eller framtidens flöden. Det gäller både det biologiska reningssteget och förbehandlingen. Befintlig anläggning har ingen slamstabilisering (t ex rötning), vilket nästan alla moderna svenska avloppsreningsverk i jämförbar storlek har. Förutom en kraftig utbyggnad av vattenreningen innebär det med stor sannolikhet att man i framtiden får en anläggning uppdelad på två geografiska platser och sammanbunden med ledningar vilket är kostsamt. Om- eller utbyggnad på grund av krav på rening av ämnen som det idag inte finns krav på, exempelvis läkemedelsrester eller mikroplaster, är ett annat tänkbart framtida problem. Så som det nya avloppsreningsverket är tänkt att vara utformat ska läkemedelsrester och mikroplaster hanteras redan vid driftstart. Ytterligare en aspekt, kanske den viktigaste, är att man i en framtida tillståndsprovning riskerar att få flytta på anläggningen trots alla tidigare åtgärder. Om avloppsreningsverket förläggs på en annan plats blir dessutom attraktiv mark tillgänglig för bostäder eller annan verksamhet/aktivitet.

Det framtida reningsverket ska klara en årsmedelbelastning på 45 000 pe (personekvivalenter) och ett flöde på ca 14 900 m³/dygn. Notera att en personekvivalent inte motsvarar en fysisk person utan är en enhet som motsvarar 70 g BOD₇/dygn.

Under sommarhalvåret 2016 genomfördes konceptstudie och tre olika koncept för ett nytt avloppsreningsverk togs fram. I konceptutformningen har aspekter som näringsåtervinning, energineutralitet, innovation och ytterligare reningskrav lyfts fram som viktiga.

På i stort sett alla avloppsreningsverk i Sverige finns det idag krav på utgående vatten på minst två parametrar. Dels är det ett krav på biologiskt syreförbrukande material vilket normalt anges med förkortningen BOD₇ (**B**iological **O**xxygen **D**emand, 7 dygn) och dels på totalfosfor (P-tot) som är ett närsalt. På avloppsreningsverk söder om Dalälven som är belastade med över 10 000 personekvivalenter (pe) finns det vanligen också ett krav på totalkväve (N-tot). I vissa fall finns även ett krav på ammoniumkväve (NH₄-N). Kväve är ett närsalt men kräver också syre när det omvandlas från ammonium, via nitrat till kvävgas. Samtliga tre koncept utformades med krav enligt nedanstående tabell:

| Parameter | Enhet | Förväntade krav | Produktionsmål |
|--------------------|-------|-----------------|----------------|
| BOD ₇ | mg/l | < 10 | << 10 |
| N-tot | mg/l | < 10 | 6 |
| NH ₄ -N | mg/l | < 3 | < 2 |
| P-tot | mg/l | < 0,2 | 0,1 |

Nivån på utsläppskraven har av Sweco och Lidköpings kommun bedömts vara rimliga att antas komma i miljötillståndet utifrån att det blir en ny utsläppspunkt uppe i Lidan. Notera att samtliga krav är beräknade som årsmedelvärden. Om kraven istället blir hårdare måste anläggningen drivas mot ännu lägre produktionsmål för att säkerhetsställa att kravet uppfylls som årsmedel.

Samtliga tre koncept byggde på aktivslamteknik för den biologiska reningen samt rötning för slamstabilisering.

Koncept 1 innebär försedimentering av inkommande partiklar och ett aktivslam-steg med efterföljande sedimentering där slammet behålls inne i reningsanläggningen. Anläggningen förbereds för att på ett enkelt sätt implementera reduktion av läkemedel och mikroförureningar mellan sedimentering och filtersteget. Reningssteget planeras att bli ett ozoneringssteg samt ett litet bärarmaterialsteg för att reducera nedbrytningsprodukter samt ge möjlighet till att tillsätta extern kolkälla för efterdenitrifikation. För att minimera kemikaliebehovet förses verket med biologisk fosforrening vilket också möjliggör framtida utvinning av 30 - 60 % av fosfor till granuler på anläggningen.

Koncept 2 innebär försedimentering av inkommande partiklar och ett aktivslam-steg med efterföljande membranfiltrering där slammet behålls inne i reningsanläggningen. Därefter förbereds för ett aktivt kol-filter för reduktion av läkemedel och mikroförureningar. Detta alternativ medger inte möjlighet till att komplettera med fosforutvinning på plats.

Koncept 3 innebär förfilter för inkommande partiklar och ett aktivslam-steg med efterföljande sedimentering där slammet behålls inne i reningsanläggningen. Anläggningen förbereds för att på ett enkelt sätt implementera reduktion av läkemedel och mikroförureningar mellan sedimentering och filtersteget. Reningssteget planeras att bli ett ozoneringssteg samt ett litet bärarmaterialsteg för att reducera nedbrytningsprodukter samt ge möjlighet till att tillsätta extern kolkälla för efterdenitrifikation. För att minimera kemikaliebehovet förses verket med biologisk fosforrening vilket också möjliggör framtida utvinning av 30 - 60 % av fosfor till granuler på anläggningen. Det biologiska reningssteget är försett med Anammox för att minska energibehovet något.

Lidköpings kommun och Sweco föreslår att Lidköpings nya avloppsreningsverk byggs enligt koncept 1.

För att minimera belastningen på den kommunala anläggningen ska Lantmännen Reppe AB förbehandla vattnet innan det släpps till det kommunala ledningsnätet. Reppes andel av den totala belastningen är idag mycket stor (10-tals %) men kommer i framtiden att vara betydligt mindre.

För att inte påverka biogasproduktionen föreslås inte primärslamshydrolys utan en sidostromshydrolys som komplement till den anaeroba zonen. Fosforåtervinningen bör man bereda plats för men är inte nödvändig att installera initialt. Däremot skall man vara medveten om att man behöver binda fosfor på något sätt, t ex med liten dos fällningskemikalie om inte fosforåtervinningen installeras. Oavsett vilket kommer kemikaliebehovet vara lägre än en konventionell anläggning.

Rötningen hade i alla förslag redundans så att en röt-kammare går att stänga av och ändå få acceptabel drift. Erfarenheterna visar att det är lika viktigt att ha redundans och kapacitet i slamhanteringen som i biosteget.

Med långtgående biologisk rening blir svängningarna i slamhanteringen större än i biosteget. Anledningen är att den största slammängden kommer ifrån försedimenteringen som reagerar momentant på större inkommande belastning.

Lidköpings kommun har kompletterat tillståndsansökan med översiktliga kalkyler på vad hårdare utsläppskrav skulle innebära kostnadsmässigt.

När kraven kommer under 8 mg N-tot/l blir det känsligt för perioder utan full nitrifikation, dessutom kommer denitrifikationshastigheten att vara låg när all lättillgänglig intern kolkälla är förbrukad. Ett rimligt antagande är att tillkommande reduktion kräver ca 25 m³/kg reducerat kväve och dygn.

Ett kvävekrav på 8 mg/l innebär i praktiken ca 6 mg/l på utgående biologiskt behandlat vatten vid normal drift för att skapa tillräcklig marginal för förbilet vatten och dagar med sämre funktion på anläggningen. Ett strikt utsläppskrav på 6 mg/l innebär i praktiken ca 4 mg/l vid normal drift eller 2–3 mg/l under den varmaste perioden på sommaren. Ett kvävekrav på 8 mg/l bedöms då kosta 4–6 mkr i investeringskostnad i aktivslamsteget. Ett strikt krav på 6 mg/l innebär att man behöver dosera extern kolkälla för att vara säker på att utgående halter ligger tillräckligt lågt. Det innebär en ytterligare investeringskostnad på 2–3 mkr och en ökad driftkostnad på ca 120 000 kr/år.

Kostnaden för ett hårdare fosforkrav (0,15 mg/l) är svår att kvantifiera, eftersom det är betydligt fler parametrar att ta hänsyn till. Det finns dessutom en risk att något driftproblem dyker upp som gör att det är matematiskt svårt att hämta hem dåliga dagar. Kostnaden för att minska risk är högre ju lägre ju mer man vill minska risken.

Ett rimligt sätt är att räkna med en extra dosering på ca 10 ml/l, vilket innebär ca 100 000 kr årligen med dagens flöde. Den kostnaden är antagligen något högt räknat. Förutom ökade kostnader för fällningskemikalier kommer det till ökade kostnader för underhåll och tillsyn av mätare, omrörare och doseringsutrustning eftersom anläggningen måste gå optimalt hela tiden. Detta gäller både vattenbehandlingen i huvudströmmen och det vatten som förbileds biosteget. De tillkommande kostnaderna för detta är troligen betydligt högre än kemikaliekostnaderna. Kostnaden bedöms till minst 200 000 kr/år. Den totala kostnaden för att gå från 0,24 mg/l (motsvarar ett krav på 0,2 mg/l) till 0,15 mg/l, d v s 0,09 mg P-tot/l blir då minst 300 000 kr/år eller minst 800 kr/kg reducerat fosfor. Ett krav på 0,20 mg/l istället för 0,2 mg/l innebär att fosforhalten ska minska från 0,24 till 0,20, d v s 0,04 mg P-tot/l. Kostnader för ökad kemikalieförbrukning och för ytterligare givare samt underhåll och personalkostnad bedöms bli ca 50 000 kr/år vardera. Den totala kostnaden blir då ca 100 000 kr/år eller minst 600 kr/kg. Marginalkostnaden för att gå från 0,20 till 0,15 mg/l blir alltså 200 000 kr eller 900 kr/kg reducerad fosfor.

Kostnaderna har sammanställts i tabellen nedan. Det som är svårare att kvantifiera är den minskade mängd fosfor som kommer att vara tillgänglig för eventuell återvinning när man börjar cirkulera mer aluminium (som binder fosfor) i anläggningen. Kostnaden för detta är dels ökade kemikaliekostnader, dels att utnyttjandegraden för fosforåtervinningen minskar och att kapitalkostnaden för varje kg återvunnen fosfor minskar och dels den samhällsekonomiska kostnaden att en ändlig resurs inte återvinns.

| Kostnader vid skärpta utsläppskrav | Utsläppskrav (mg/l) | Produktionsmål (mg/l) | Investeringskostnader (Mkr) | Driftkostnader (kr/år) |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| BOD ₇ | 6* | 4* | - | - |
| Totalkväve | 8 | 6 | 4-6 | - |
| | 6 | 4* | 6-9 | 120 000 |
| Ammoniumkväve | 3 | 2 | - | 30 000 |
| | 2 | 1 | - | 60 000 |
| | 1 | 0,5 | - | 150 000 |
| Totalfosfor | 0,3/ 0,30 | | - | - |
| | 0,20 | 0,10* | - | 100 000 |
| | 0,15 | 0,07* | - | 300 000 |

* Med så pass hårda krav kommer eventuellt förbilet vatten, som inte behandlats fullständigt, att påverka medelvärdet väsentligt.

Avskiljningen av ytterligare fosfor kräver mer resurser ju närmare man kommer den praktiska baslinjen som ligger på ca 0,05 mg/l. Att gå från 0,24 mg/l till 0,20 mg/l innebär att arbetsområdet ska minska från 0,19 mg/l till 0,15 mg/l (21 %). Att gå från 0,24 mg/l till 0,15 mg/l innebär i praktiken 0,19 mg/l till 0,10 mg/l (47 %). Eftersom även förbilet vatten ska räknas är baslinjen i praktiken något högre när anläggningen är fullt belastad. Om det antas att baslinjen (inklusive förbilet vatten) i praktiken ligger på 0,10 mg/l innebär en justering av kravet från 0,24 mg/l till 0,15 mg/l en skärpning med 64 % av praktiskt tillgänglig fosfor.

Ett fosforkrav på 0,3 eller 0,30 mg/l innebär att det vatten som förbileds biologin inte behöver behandlas med nuvarande dimensionering. Lidköpings kommun har i huvudalternativet valt en högflödesrening direkt vilket gör att merkostnaden för detta inte har beräknats. Att bygga om anläggningen för detta senare bedöms som väsentligt dyrare än att göra det direkt.

Tillkommande anläggningskostnad för läkemedelsrening samt fosforåtervinning kan utläsas i nedanstående tabell (kalkylerad i konceptstudien). Den slutliga kostnaden för att installera läkemedelsrening och fosforåtervinning har också ett betydligt större kostnadsintervall än den totala entreprenaden. Dels beror det på att det är en delsumma av delar av entreprenaden (som i detta skede är svåra att bryta ut kostnadsmissigt) och dels eftersom erfarenheterna är begränsade då det saknas färdiga fullskaleinstallationer i Sverige. De senaste kostnadskalkylerna pekar på att slutkostnaden för att implementera läkemedelsrening och fosforåtervinning i fullskala är dyrare än som beräknades i konceptstudien.

| | Koncept 1 | |
|-------------------|-----------|-----------|
| Kalkylpost | Mkr | Intervall |
| Läkemedelsrening | 18 | 30% |
| Fosforåtervinning | 16 | 30% |

Innehållsförteckning

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inledning | 1 |
| 1.1 | Bakgrund | 1 |
| 1.2 | Metod och genomförandebeskrivning..... | 2 |
| 1.3 | Avgränsningar..... | 2 |
| 2 | Förutsättningar..... | 3 |
| 2.1 | Tidshorisont | 3 |
| 2.2 | Belastning | 3 |
| 2.3 | Framtida utsläppskrav | 5 |
| 2.4 | Temperatur | 7 |
| 2.5 | Kolkälla | 9 |
| 2.6 | Målbild koncept..... | 9 |
| 2.7 | Konceptutformning..... | 10 |
| 2.7.1 | Grundläggande Vattenreningsdel | 11 |
| 2.7.2 | Förbehandling industriavloppsvatten | 12 |
| 2.7.3 | Läkemedelsrening..... | 13 |
| 2.7.4 | Fosforåtervinning..... | 14 |
| 2.7.5 | Grundläggande slambehandling | 15 |
| 2.8 | Lokalisering..... | 18 |
| 3 | Beskrivning av valt koncept..... | 19 |
| 3.1 | Processutformning..... | 19 |
| 3.2 | Beräkningar av nödvändiga volymer | 21 |
| 3.3 | Beräkningar av tillkommande volymer vid hårdare krav | 22 |
| 3.4 | Val av filtersteg | 23 |
| 4 | Tillkommande kostnader | 25 |
| 4.1 | Förutsättningar..... | 25 |
| 4.2 | Tillkommande kostnader läkemedelsrening och fosforåtervinning | 29 |
| 4.3 | Tillkommande investeringskostnader vid val av annat filtersteg..... | 29 |
| 4.4 | Tillkommande kostnader vid hårdare reningskrav..... | 29 |
| 5 | Diskussion och utveckling av konceptet..... | 32 |

Bilagor

Bilaga 1 – Layout för koncept 1

1 Inledning

Teknisk Service, Vatten och Avlopp i Lidköpings kommun har givit Sweco i uppdrag att ta fram en konceptstudie för tre olika tänkbara koncept för ett framtida avloppsreningsverk i Lidköping. Konceptstudien innefattar översiktliga belastningsberäkningar, processdimensionering, flödesscheman och layoutförslag samt översiktliga kostnadskalkyler för jämförelse av tre alternativa avloppsreningsverk. Konceptstudien har slutat i att Lidköpings kommun och Sweco enats om ett koncept att gå vidare med.

1.1 Bakgrund

Lidköpings kommun har beslutat att bygga ett nytt avloppsreningsverk på en helt ny plats. Alternativet att bygga om befintligt reningsverk och helt innesluta det har inte bedömts vara kostnadseffektivt.

Alternativet att bygga om det befintliga avloppsreningsverket på ett så pass inneslutet sätt att bebyggelse kan tillåtas i direkt anslutning innebär både investeringskostnader och driftkostnader. Dessutom är det i praktiken en kortsiktig lösning med framtida risker. En viktig aspekt är att kostnaderna för att klara framtida belastning och krav riskerar att bli hög när det ska ske på ett begränsat inneslutet utrymme. Dagens anläggning är hydrauliskt begränsad och klarar inte vare sig dagens eller framtidens flöden. För att klara framtida flöden behöver den hydrauliska kapaciteten bli ungefär dubbelt så stor för att uppfylla Q_{\max} biosteg respektive Q_{\max} , förbehandling. Befintlig anläggning har ingen slamstabilisering (t ex rötning), vilket nästan alla moderna svenska avloppsreningsverk i jämförbar storlek har. En slamstabilisering kan inte anläggas på samma plats som befintligt avloppsreningsverk. Det innebär med stor sannolikhet att man i framtiden får en anläggning uppdelad på två geografiska platser och sammanbunden med ledningar vilket är kostsamt. Om- eller utbyggnad på grund av krav på rening av ämnen som det idag inte finns krav på, exempelvis läkemedelsrester eller mikroplaster, är ett annat tänkbart framtida problem. Ytterligare en aspekt, kanske den viktigaste, är att man i en framtida tillståndsprövning riskerar att få flytta på anläggningen trots alla tidigare åtgärder.

Om avloppsreningsverket förläggs på en annan plats blir dessutom attraktiv mark tillgänglig för bostäder eller annan verksamhet/aktivitet.

Under våren 2016 har Sweco, i ett annat projekt, genomfört en lokaliseringsstudie för placering av ett nytt avloppsreningsverk, se Bilaga C till ansökan. Lokaliseringen har utmynnat i en plats som är mer lämpad för ett konventionellt avloppsreningsverk. Platsen ligger på tillräckligt avstånd från bebyggelse och har tillräcklig yta för framtida expansion. Ur teknikvalssynpunkt kan man därför välja de mest ekonomiska, energieffektiva och resursnåla lösningarna för att nå en hög reningsgrad istället för att utgå från målsättningen om en så kompakt anläggning som möjligt. Anläggningen kan också planeras på ett sådant sätt att framtida utbyggnad för att möta ökad belastning eller nya krav blir enkel att genomföra.

1.2 Metod och genomförandebeskrivning

Uppdraget inleddes 2016 med en workshop där Lidköpings kommun medverkade med ett 20-tal personer från VA, Miljö & Hälsa, Planavdelningen samt Hållbar Samhällsutveckling. På workshopen diskuterades de önskemål som fanns på koncepten som skulle tas fram.

Inför arbetet har VA-avdelningen sammanställt uppgifter om dagens och förväntade, framtida belastningar på det nya avloppsreningsverket.

Ytterligare en workshop har genomförts med VA-avdelningen. Under workshopen togs riktlinjer fram för fyra tänkbara koncept, antal linjer och redundansbehov. Utformningen av koncepten gjordes med utgångspunkt i att hårdare reningskrav kan komma i framtiden. Därtill diskuterades lokalbehovet för anläggningen.

Efter förslag från Sweco reducerades antalet konceptalternativ till tre. Utifrån de beslutade förutsättningarna har erforderliga volymer för de olika processtegen sedan beräknats.

1.3 Avgränsningar

Utformningen (och kostnadskalkyler) för anslutande infrastruktur i form av dricksvatten, kraftförsörjning, ev. fjärrvärme, tele, fiber, vägar etc. har inte inkluderats i denna rapport.

I den planerade anläggningen finns det externslammottagning samt slamlager för utjämning av mottaget externt avloppsslam. Hantering av något annat externt material har inte ingått i detta uppdrag. På den nya platsen kommer det att finnas plats för att anlägga ytterligare rötkammare om det behovet uppstår.

Denna studie har inte fokuserat på en framtida avsättning av biogas till fordonsgas eller produktion av biogas från andra substrat. Utifrån erfarenheter från tidigare utredningar som Sweco gjort är ersättningen vid försäljning av biogas till fordonsbränsle så pass låg att det är mest lönsamt att använda gasen internt inom anläggningen, i synnerhet på anläggningar av aktuell storlek. Om det skulle visa sig att ersättningen blir ovanligt hög vid försäljning till fordonsgas kan detta antagande behöva korrigeras i ett senare skede.

2 Förutsättningar

Samtliga förutsättningar och antaganden har gjorts i samråd med Lidköpings kommun om inte annat anges.

2.1 Tidshorisont

Reningsverket beräknades ursprungligen (2017) vara i drift årsskiftet 2020-2021 och en driftperiod utan större ombyggnader under en 20-årsperiod. Som prognosår för belastningen, och därmed antalet anslutna, har därför år 2040 ansatts. Lidköpings kommun har själva angett en tidshorisont på 50–70 år för anläggningen. Utifrån de förseningar som skett med tillståndsansökan kan det förväntas att idrifttagningen blir försenad minst 1-2 år.

2.2 Belastning

Belastningen på det nya avloppsreningsverket, Lidköping avloppsreningsverk (ARV) sammanfattas i Tabell 2.1. Eftersom det är svårt att förutse vilket år en viss belastning uppnås finns det i samtliga beräkningar en kolumn för aktuell belastning, medel för de senaste 5 åren, (kolumn 1) och en kolumn för framtida belastning, prognosåret 2040, (kolumn 2). Den framtida belastningen är en sammanställning av prognoser för befolkningsökning samt tillståndsgiven belastning från Lantmännen Reppe AB (nedan benämnt *Reppe*) som passerat förbehandlingen.

Tabell 2.1 Belastning vattendel Lidköping ARV, aktuell (2014-2018) och framtida

| Beräkningar dagens verk | Enhet | Aktuell | Framtid |
|--|------------------------|---------------|--------------------|
| Hushåll | pe | 29 460 | 39 000 |
| Industrier | pe | 3 000 | 6 000 ¹ |
| Industriavlopp, Reppe ¹ | pe | 11 510 | 0 ¹ |
| Lakvatten | pe | 80 | 0 ² |
| Belastning, Totalt | pe | 44 050 | 45 000 |
| Spillvatten, Hushåll & Övriga industrier | m ³ /d | 5 890 | 7 800 |
| Industriavlopp, Reppe | m ³ /d | 330 | 1 350 |
| Lakvatten ² | m ³ /d | 250 | 0 |
| Tillskottsvatten | m ³ /d | 4 430 | 5 750 |
| Totalt flöde | m³/d | 10 900 | 14 900 |

¹) Reppes avlopp ska i framtiden förbehandlas och särskiljs därefter inte från övrig industrianslutning

²) Efter bortkoppling från det kommunala avloppsnätet, se nedan

Industriavlopp från Reppe släpps idag direkt till det kommunala avloppsnätet. För att Reppe inte ska få en oproportionerligt stor del av anläggningen ska detta vatten förbehandlas i framtiden innan det släpps till det kommunala nätet. Förbehandlingen skall behandla vattnet så att det uppnår hushållsvattenkvalité. Detta innebär att framförallt BOD och suspenderat material måste reduceras kraftigt i förbehandlingen.

Det avskilda industrislammets i förbehandlingen ska i detta förslag inte rötas i rötkammaren på avloppsreningsverket, men eftersom anläggningen har externslammottagning och externslamlager (för att hantera slam från enskilda anläggningar och slam från Spiken ARV) finns det inget som hindrar att slam från livsmedelsindustrier eller kringliggande kommuner tas emot om det visar sig bli ekonomiskt lönsamt.

Idag släpps lakvatten från Kartåsens avfallsanläggning till det kommunala avloppsnätet. För att minska tillförseln av oönskade ämnen till avloppsreningsverket, främst tungmetaller, som sedan hamnar i avloppsslammet är detta vatten inte önskvärt i avloppsreningsverket. I framtiden ska detta vatten behandlas separat.

Dimensionerande flöde (Q_{dim}) beräknas utifrån att spillvatten fördelas över 20 h under dygnet och tillskottsvattnet under 24 h av dygnet. Detta teoretiska värde blir då 508 m³/h med dagens belastning och 691 m³/h med den förväntade framtida mängden avloppsvatten och tillskottsvatten. Den framtida anläggningen föreslås därför få följande kapacitet:

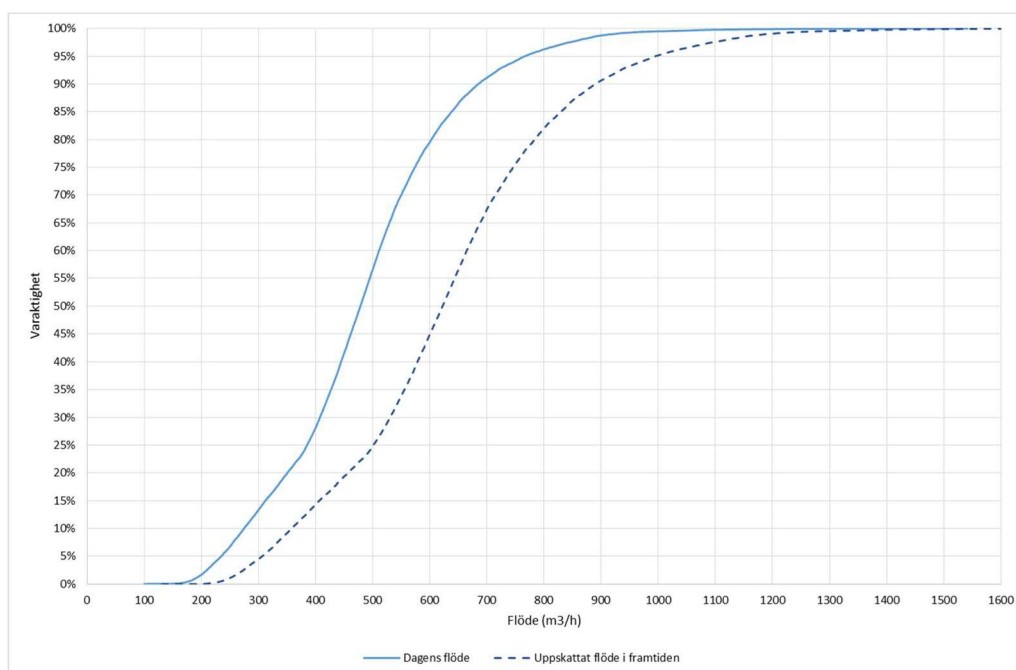
| | |
|--------------------|-------------------------|
| Q_{dim} | 700 m ³ /h |
| $Q_{max, biosteg}$ | 1 400 m ³ /h |
| Q_{max} | 2 800 m ³ /h |

Ett annat sätt att ansätta Q_{dim} är att upprätta varaktighetsdiagram och ta 60-percentilen över historiska timflödesdata avseende inkommande flöde. I figur 2.1 har uppmätta timflöden (2015) liksom förväntade, framtida timflöden (som är extrapolerade utifrån befintliga) plottats mot varaktigheten. I diagrammet kan utläsas att flödet är lika med eller lägre än beräknat Q_{dim} på 670 m³/h under 61 % av tiden. Detta får anses som tillräckligt nära för att gå vidare med beräknat Q_{dim} .

Maximalt flöde genom biosteget ($Q_{max, biosteg}$) har ansatts till att vara $2Q_{dim}$ medan ytterligare $2Q_{dim}$ kan förbildas den biologiska reningen och enbart behandlas mekaniskt och kemiskt. Detta innebär att maximala flödet (Q_{max}) genom anläggningen ansätts till $4Q_{dim}$ vilket är konventionell dimensionering av svenska avloppsreningsverk idag.

Då flödet är lika med eller lägre än $Q_{max, biosteg}$ så motsvarar det nästan 100 % av tiden under 2015. Maximala uppmätta medeltimflödet under 2015 är 1540 m³/h. Prognosticerat maximala framtida flöde utifrån 2015 års timflöde blir då 2000 m³/h och det finns då 17 beräknade timvärden över 1600 m³/h.

Denna jämförelse bör göras med betydligt fler timvärden än för bara något år om man ska vara helt säker på nuvarande Q_{dim} . och optimal dimensionering av anläggningsdelar och utrustning. Eftersom framtida Q_{dim} beror på ett relativt stort antal tillkommande anslutna, och ett antagande om vilke flöde varje tillkommande pe bidrar med, så antas detta vara en tillräcklig analys. Denna siffra kommer att avgöra dimensionering av pumpstationer, ledningar, kanaler och rör i hela systemet.



Figur 2.1 Varaktighetsdiagram över inkommande timmedelsflöde till Lidköpings nuvarande avloppsreningsverk (2015) samt prognosticerat timmedelsflöde.

2.3 Framtida utsläppskrav

Vilka utsläppskrav som kommer att gälla vid nybyggnation av ett nytt avloppsreningsverk går inte att svara på i dagsläget. Nivån på nedan angivna utsläppskrav har av Sweco och Lidköpings kommun bedömts vara rimliga att anta komma i miljötillståndet förutsatt att utsläppspunkten är i Lidan. En utsläppspunkt i Vänern innebär rimligen mildare krav, i synnerhet avseende kväve och ammonium.

Anläggningen skall byggas för att klara något hårdare kväverenkingskrav än i förväntat tillstånd och vid så hårda kvävekrav är kraven på BOD_7 normalt inga problem att uppfylla vid rening av ett kommunalt avloppsvatten.

Det kan diskuteras om det kommer att komma ett separat krav på ammonium, men för att kunna nå ett utgående krav på 10 mg N-tot/l och i synnerhet driftmålet på 6 mg N-tot/l kommer det i praktiken att vara nödvändigt med mer eller mindre fullständig nitrifikation (32)

Ett eventuellt ammoniumkrav ned till 3 mg NH₄-N/l påverkar således inte utformningen på anläggningen.

Gällande fosfor kommer det i praktiken inga nya tillstånd i södra Sverige med mildare krav än 0,3 mg P-tot/l och det är idag vanligt med 0,25 mg P-tot/l. För en framtida anläggning är det absolut nödvändigt att ha en utformning så att man kan nå ner till 0,2 mg P-tot/l eller ännu lägre.

I tabell 2.2 redovisas dels förväntade krav från tillståndsmyndighet och dels produktionsmål för anläggningen. De sistnämnda utgör beräkningsgrund för anläggningen. Samtliga värden är årsmedelvärden.

Tabell 2.2 Tillståndskrav samt produktionsmål för anläggning

| Parameter | Enhet | Förväntade krav | Produktionsmål |
|--------------------|-------|-----------------|----------------|
| BOD ₇ | mg/l | <8 | 6 |
| N-tot | mg/l | <10 | 6 |
| NH ₄ -N | mg/l | < 3 | < 2 |
| P-tot | mg/l | < 0,2 | 0,15 |

Det är tänkbart att de kommande kraven blir ännu striktare. I tabell 2.3 visas exempel på tänkbara krav och vad det i praktiken innebär att dimensionering ska klara vid drift. Eftersom avloppsvatten varierar i både sammansättning, temperatur och flöde samtidigt som avloppsreningsanläggningen varierar i funktion måste det finnas en marginal i produktionsmål för att inte riskera att överskrida villkoren. Vid de hårdaste reningskraven kan det i praktiken bli så att ett enstaka högre värde, på grund av driftstörning, förbiledning eller felanalys påverkar medelvärdet så mycket att man rent matematiskt måste ligga långt under kravet för att vara säker på att klara villkoret i tillståndet.

Tabell 2.3 Tänkbara krav och vad det innebär i produktionsmål/designkriterium

| Parameter | Enhet | Tänkbara krav | Nödvändiga produktionsmål |
|------------------|-------|---------------|---------------------------|
| BOD ₇ | mg/l | <7 | 5 ¹ |
| BOD ₇ | mg/l | <6 | 4 ¹ |
| N-tot | mg/l | <8 | 6 |
| N-tot | mg/l | <6 | 4 ¹ |
| P-tot | mg/l | < 0,15 | 0,07 ¹ |

¹ Med så pass hårda krav kommer eventuellt förbilet vatten, som inte behandlats fullständigt, att påverka medelvärdet väsentligt.

2.4 Temperatur

En mycket viktig parameter när man ska dimensionera ett biologiskt reningssteg är vattentemperaturen. Ett kallare vatten gör att de biologiska processerna går långsammare vilket kräver större volymer.

Vilken temperatur en framtida anläggning i Lidköping kommer att ha då anläggningen är belastad med 45 000 pe går inte att svara på. Det man kan göra är att utgå ifrån dagens temperatur på inkommande vatten till Lidköping ARV. I beräkningarna för den nya anläggningen har vattentemperatur från oktober 2012 till och med maj 2016 använts.

Tabell 2.4 är en sammanställning av dessa data. Månadsmedelvärden för denna period utgör underlag till kapacitetsberäkning av anläggningen. Notera att så länge anläggningen inte är fullbelastad finns det kapacitet för att hantera ett kallare vatten än de angivna temperaturerna i tabellen med bibehållet reningsresultat.

Tabell 2.4 Temperatur i inkommande avloppsvatten till Lidköpings ARV idag

| | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Medel |
|------------------|------|------|------|------|------|-------|
| Januari | | 9,9 | 11,4 | 11,3 | 11,7 | 11,1 |
| Februari | | 9,9 | 10,4 | 10,7 | 10,3 | 10,4 |
| Mars | | 9,6 | 10,9 | 11,2 | 10,2 | 10,5 |
| April | | 9,8 | 11,7 | 12,0 | 11,3 | 11,2 |
| Maj | | 12,0 | 13,3 | 12,8 | 12,9 | 12,8 |
| Juni | | 14,8 | 15,7 | 14,5 | | 15,0 |
| Juli | | 16,3 | 17,3 | 16,2 | | 16,6 |
| Augusti | | 17,9 | 18,1 | 17,5 | | 17,8 |
| September | | 18,1 | 18,1 | 17,4 | | 17,9 |
| Oktober | 14,9 | 16,9 | 16,7 | 16,8 | | 16,3 |
| November | 13,4 | 14,7 | 15,0 | 15,2 | | 14,6 |
| December | 11,5 | 12,5 | 13,0 | 12,8 | | 12,5 |
| Månadsmedel, min | | | | | | 10,0 |
| Månadsmedel, max | | | | | | 16,0 |
| Dygnsmedel, min | | | | | | 8,0 |
| Veckomedel, min | | | | | | 9,0 |
| Årsmedel | | | | | | 13,9 |

Det nya avloppsreningsverket kommer att placeras utanför Lidköpings tätort. Detta kommer att innebära att avloppsvattnet måste pumpas i långa överföringsledningar. Överföringsledningarna kommer att förläggas i ån Lidan i ca 1,5 km, vilket innebär att avloppsvattnet kyls ner. Vilken temperatur avloppsvattnet kommer att ha när det når avloppsreningsverket beror främst på dess temperatur innan det når Lidan, vilken temperatur Lidan har samt vilket flöde som går genom ledningarna. Tabell 2.5 visar beräknade siffror som bygger på en tidigare bedömning att ledningen skulle förläggas i Lidan i ca 2,3 km samt att inkommande vatten från samhället pumpas i ett 630 mm PE-PN10 rör (notera att det finns ytterlifare ett rör för redundans). Temperaturen på vattnet i Lidan är hämtat från SMHI:s vattenwebb.

Tabell 2.5 Beräknad temperatur i inkommande avloppsvatten till Lidköpings ARV efter passage i Lidan med utgångspunkt från dagens temperatur (°C).

| | Lidan | ARV ¹ | ARV ¹ | ARV ¹ |
|------------------|-------|------------------|------------------|-------------------|
| Placering verk | | Idag | Framtid | Framtid |
| Temperatur | Medel | Medel | Medel | Diff ² |
| Januari | 1,2 | 11,1 | 9,5 | -1,6 |
| Februari | 0,9 | 10,4 | 8,8 | -1,5 |
| Mars | 2,1 | 10,5 | 9,1 | -1,4 |
| April | 6,7 | 11,2 | 10,2 | -1,0 |
| Maj | 11,5 | 12,8 | 12,2 | -0,6 |
| Juni | 14,4 | 15,0 | 14,5 | -0,5 |
| Juli | 16,7 | 16,6 | 16,2 | -0,4 |
| Augusti | 15,8 | 17,8 | 17,3 | -0,6 |
| September | 12,1 | 17,9 | 16,9 | -1,0 |
| Oktober | 7,4 | 16,3 | 15,0 | -1,4 |
| November | 4,3 | 14,6 | 13,0 | -1,6 |
| December | 2,2 | 12,5 | 10,9 | -1,6 |
| Månadsmedel, min | 0,9 | 10,4 | 8,8 | -1,5 |
| Månadsmedel, max | 16,7 | 17,9 | 17,3 | -0,6 |
| Årsmedel | 7,9 | 13,9 | 12,8 | -1,1 |

¹ Flöde under 2012–2016, 11 000 m³/d varav ca 250 m³/d från Reppe

² Differens mellan dagens temperatur vid dagens flöde och förväntad framtida temperatur vid dagens flöde

Notera att någon beräkning av temperatur för framtida maximal belastning inte är utförd eftersom den är kraftigt beroende av hur mycket och hur varmt vatten som Reppe släpper till det kommunala nätet. Beroende på hur Reppes framtida förbehandling ser ut är det oklart vilken temperatur detta vatten kommer att ha i framtiden.

2.5 Kolkälla

Samtliga koncept i studien bygger på att processerna i största möjliga utsträckning använder intern kolkälla (fördenitrifikation) eftersom det anses ge bäst driftsekonomi samt inte minst eftersom det över anläggningens livslängd kommer att ge minst miljöpåverkan. Det finns möjlighet att dosera extern kolkälla i form av efterdenitrifikation för att nå kvävehalter under 6 mg N-to/l. Detta är annars normalt svårt på konventionella reningsverk med försedimentering. Möjligheten att kunna dosera extern kolkälla gör också att det är lättare att ställa av en biologisk linje eller hantera driftstörningar i aktivslamlinjerna med mindre effekt på utgående reningsresultat.

2.6 Målbild koncept

Processer för avloppsvattenrening har kontinuerligt utvecklats de senaste decennierna. Eftersom den allra största delen av de byggnationer som sker idag är renovering eller uppgradering av gamla, befintliga anläggningar har behovet av att kunna utnyttja befintlig plats och volym på ett maximalt sätt präglat teknikutvecklingen.

Vid nybyggnation (utanför storstäderna i Sverige) finns det inget egenvärde att fokusera på yteffektivitet utan det finns andra parametrar som är viktigare. Under en workshop i Lidköping utformades kraven på den framtida anläggningen för att samtliga skulle få en gemensam målbild (se avsnitt 1.2 Metod och Genomförandebeskrivning)

Målbilden av hur anläggningen ska utformas kan sammanfattas i nedanstående punkter:

- Flexibel för utbyggnad
- Flexibel vattenreningsdel och slamhanteringsdel
- Anläggningen skall vara pedagogisk och ha linjer som är så separata som möjligt. Dels för att få en praktisk drift, men också för att ge försöksmöjligheter
- Anläggningen skall ge driftresultat som klarar reningskrav som är hårdare än idag
- Anläggningen skall vara innovativ och vara något att visa upp
- Anläggningen skall vara energineutral, gäller samtliga insatsvaror som förbrukas eller produceras
- Anläggningen skall ge förutsättningar till återföring av näringsämnen

Ett väsentligt krav är naturligtvis att anläggningen skall vara ekonomiskt hållbar, vilket påverkas av en rad parametrar som förbrukningsvaror, tillsynsbehov, reinvesteringsbehov och inte minst investeringsbehov. Miljöpåverkan från byggnationen kommer att vara mindre än driften under anläggningens livslängd. Det är alltså viktigare att ha liten miljöpåverkan från driften än att bygga resurssnålt.

De tre första målen går att uppfylla oavsett val av konceptuell inriktning, men sätter tydliga krav på hur anläggningen ska byggas upp. De fyra sista målen kan sammanfattas och utvecklas i fyra önskemål:

1. Önskemål 1 – Näringsåtervinning
Idag finns det inga anläggningar i Sverige som utformats för att tillgodose Naturvårdsverkets mål om Hållbar återföring av fosfor. Fokusera på hög återanvändning av fosfor utan risk för spridningar av andra föroreningar.
2. Önskemål 2 – Energinutralitet
Fokusera på att få en så energisnål anläggning som möjligt. Utnyttja och kombinera dagens tekniker med tekniker som inte används i Sverige idag till en vattenreningsanläggning som klarar kravspecifikationen med god marginal med stort fokus på energi.
3. Önskemål 3 – Innovation
Antalet avloppsreningsverk > 40 000 pe som byggs på jungfrulig mark i Sverige är ytterst få idag. Det innebär att det finns möjligheter att ligga i teknisk framkant när man bygger anläggningen, något som Lidköpings kommun uttryckt önskemål om.
4. Önskemål 4 – Ytterligare vattenreningskrav
Det finns idag ett stort fokus på de läkemedelsrester och mikroplaster som passerar avloppsreningsverket. Eftersom anläggningen dessutom kommer att vara i drift tidigast om 4-5 år finns det anledning att se till att anläggningen är utformad så att den ligger i framkant vid driftstart. Däremot behöver nödvändigtvis inte alla delar byggas redan från början.

2.7 Konceptutformning

Under en gemensam workshop med Sweco utformades tre konceptuella inriktningar utifrån kapitel 2.6 Målbild koncept.

Ett nytt avloppsreningsverk av den här storleken bör naturligtvis dimensioneras noggrant. Samtidigt är det lätt att förbise att den föroreningsbelastning, flödesbelastning och vattentemperatur som kommer att vara aktuell om 30–40 år är de absolut största osäkerhetsfaktorerna vid en sådan här dimensionering. Hur noggrant dessa än utreds kommer indata för framtiden fortfarande att vara en betydligt större felkälla än om enstaka parametrar, som hastigheter eller kapaciteter, avviker något från de verkliga.

De volymer som beräknas bygger på att anläggningen skall klara av sina produktionsmål över tid och med rimlig arbetsinsats från personal. Det är ett välkänt fenomen att större avloppsreningsverk med mer personal som fokuserar på processen kan optimera driften bättre än ett mindre verk med tillsyn några gånger i veckan. Jämför man med befintliga anläggningar måste man jämföra med befintliga belastningar och driftresultat, samt ta hänsyn till eventuella behov av kolkälla och övriga kemikalier. Dessutom bör man jämföra med anläggningar i liknande storlek.

2.7.1 Grundläggande Vattenreningsdel

- Tre linjer med rens-galler
- Två linjer för tvättning av rens-gods
- En kombinerad externslammottagning med sand/grusavskiljning samt galler
- Två linjer sandfång
- Fyra linjer med försedimentering eller förfiltrering. Vid flöden upp till $4Q_{dim}$ behandlas allt vatten i försedimenteringen. Vid flöden över biostegets maximala belastning ($2Q_{dim}$) stängs/öppnas luckor så att försedimenterat vatten kan behandlas kemiskt och förbiledas biosteget.
- Tre linjer biologisk rening med anaerob, fördenitrifikation och en sidoströmshydrolys (där rejektvatten från primärslam och eller annat externt slam kan ledas in).
- Rejektvattenbehandling med returamluftning och slamanox.
- Möjlighet till att kunna dosera extern kolkälla.
- Fällning och filtrering av utgående vatten ($2Q_{dim}$).
- Rening av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar som option.
- Utvinning av fosfor i form av struvit (granuler/pulver) som option.

Med ett antagande om kvävehalter på 6–10 mg N-tot/l (65-80 % reduktion) på biologiskt renat vatten kommer det i praktiken att vara nödvändigt med full nitrifikation de allra flesta månaderna. Det innebär att utgående kväve till allra största del kommer att föreligga som ej nedbrytbart eller nitrat. Ett krav på ammonium (<3 mg NH_4-N/l) påverkar alltså inte dimensioneringen när det finns ett krav på långtgående kväverening. Det är en skillnad gentemot en anläggning som har måttliga kvävekrav, 15 mg N-tot/l, där det går att laborera med utgående ammoniumhalter kontra utgående halter av totalkväve. Swecos koncept har utgått från att klara full nitrifikation vid samtliga månadsmedeltemperaturer (Tabell 2.4) och fullt belastad anläggning.

Om utgående kväve sedan hamnar på 10 eller 5 mg/l innan eventuell efterdenitrifikation, avgörs av tillgänglig bassängvolym med anoxa zoner (säsongsb beroende) eftersom denitrifikationshastigheten sjunker varefter lättnedbrytbarheten avtar hos BOD. På en modern anläggning där den luftade zonens storlek kan regleras är energiförbrukningen normalt inget problem vid överkapacitet (på sommaren) eftersom denitrifikation (omrörning) är relativt billigt.

Med reduktionsgrader >80–85 % kan det vara nödvändigt med efterdenitrifikation och extern kolkälla för att nå tillräcklig reduktionsgrad på en rimlig volym och med rimlig recirkulation. Det har antagits att det skall finnas efterdenitrifikationsvolym, vilket lämpligen byggs tillsammans med läkemedelsreningen. Vid de förväntade kraven bedöms extern kolkälla inte vara nödvändig. Samtliga alternativ är försedda med en separat volym där ammoniumrikt rejekt hanteras innan det leds till början av det biologiska reningssteget. Detta gör att kväve i rejektet i praktiken kan reduceras till över 90 % då det inte behöver

recirkuleras från det aeroba steget. Vid praktisk drift går det ofta att få en viss reduktion av kväve (denitrifikation) i eftersedimenteringarna, någon sådan effekt har inte påräknats i kalkylerna.

Med ett produktionsmål på 0,15 mg P-tot/l kommer processlösningen i praktiken att innebära någon form av partikelavskiljning efter biosteget. Eftersom fällning med efterföljande eftersedimentering är en utrymmeskrävande och jämförelsevis dyr teknik som sällan byggs idag, innebär det att alternativen är filtrering (sandfilter/skivfilter) eller MBR (membran). Sweco föreslår efterfällning på skivfilter vilket kommer att kunna uppfylla ett produktionsmål på 0,15 mg P-tot/l.

Med så hårda krav blir det viktigt att ha hög fosforreduktion på en mycket stor andel av flödet. På större anläggningar innebär det en orimlig flödeskapacitet för att hantera de högsta timflödena. Idag är det därför mycket vanligt att ha någon form av högflödesrening för det flödestopparna. I detta fall har Sweco antagit att $2Q_{dim}$ behandlas fullständigt (mekaniskt, biologiskt och kemiskt) medan överstigande flöde upp till ytterligare $2Q_{dim}$ behandlas i högflödesrening, där främst fosfor och partikulär BOD avskiljs. Totalt kan därmed $4Q_{dim}$ hanteras antingen fullständigt eller med högflödesrening. Utgångspunkten är att vattnet som förbeleds biologin behandlas kemiskt (fällningskemikalie och polymer) innan det släpps till recipient.

Lidköpings kommun har uttryckt önskemål om att en framtida anläggning ska förses med en försökslinje så att processoptimering och processutveckling kan testas i delar av anläggningen. Valt koncept är försedd med 2–4 parallella linjer (beroende på processteg) vilket är tillräckligt för att en separat linje ska kunna användas för försök.

Anläggningen är försedd med en försökshall på 110–120 m² centralt i anläggningen där försökstoppställningar kan testas med det vatten som skall pumpas till provtagningsrummet. Detta bedöms som ett kostnadseffektivt sätt att erbjuda möjlighet till pilotkörningar av ny utrustning eller reningsteknik i framtiden.

2.7.2 Förbehandling industriavloppsvatten

Lidköpings avloppsreningsverk har idag en stor andel av sin belastning, ca 1/3 av den organiska belastningen från Reppe som producerar en rad olika produkter från vete, bland annat etanol. Deras industriavloppsvatten är mycket rikt på BOD vilket medför att andelen organiskt material är högre i jämförelse med ett hushållsbelastat kommunalt reningsverk. Utifrån Reppes framtida planering skall utsläppen öka väsentligt och skulle inte Reppes avloppsvatten förbehandlas skulle detta i framtiden motsvara mer än hälften av den organiska belastningen till Lidköpings avloppsreningsverk. Av flera skäl är det inte rimligt att bygga ett nytt avloppsreningsverk med så stor andel industribelastning från en enda industri. En mycket viktig aspekt är att anläggningen blir osymmetrisk, med alldeles för liten hydraulisk kapacitet relativt den organiska. Detta eftersom Reppes vatten är i storleksordningen 10 ggr mer koncentrerat avseende BOD. Det finns flera exempel på anläggningar i Sverige där en eller flera industrier lagt ner och man har en osymmetrisk anläggning som är svår att utnyttja till konventionell avloppsrening.

De finns tre alternativ för att behandla det industriella vattnet. Det ena alternativet är att Reppe förbehandlar sitt vatten mekaniskt (avskiljer partiklar) och låter Lidköpings kommun behandla vattnet biologiskt så att det går att släppa till recipient. Det andra alternativet är att Reppe behandlar sitt vatten så pass långt att det motsvarar ett hushållspillvatten och låter Lidköpings kommun behandla vattnet så pass långt att det går att släppa till recipient. Det tredje alternativet är naturligtvis att Reppe har sin egen vattenrening. Reppe har valt att utforma sin anläggning så att de förbehandlar vattnet så pass långt att det är likvärdigt eller renare än hushållspillvatten innan det släpps till det kommunala nätet.

En driftstörning på Reppes förbehandling kommer att påverka den kommunala anläggningen betydligt mer om den förväntade reduktionen i förbehandlingen är hög än om Lidköpings avloppsreningsverk varit designat för en hög industriell belastning. Därför kommer det att finnas en noggrann onlineövervakning och provtagningsmöjligheter vid anslutningspunkten. Dessutom kommer det att finnas möjlighet att automatiskt stänga anslutningen till det kommunala nätet om driftstörningen är så pass kraftig att den riskerar att slå ut den kommunala avloppsreningen. Bräddningar från Reppe kommer alltså att behöva hanteras i Reppes eget tillstånd.

2.7.3 Läkemedelsrening

Diskussioner om läkemedelsrening har pågått i branschen under flera år och det är inte osannolikt att det på sikt kommer ett krav på att rena läkemedelsrester i avloppsvatten. Detta är dock mycket komplext då läkemedel i avloppsvatten avspeglar den konsumtion som sker i samhället och består av många hundra olika substanser med olika koncentration, egenskaper och toxicitet. Om ett krav skulle komma är det därför osäkert både vilka substanser som skulle inkluderas och vilka reduktionsgrader som skulle krävas. Det finns en rad andra svårnedbrytbara ämnen som även diskuteras i samband med läkemedelsrester, bl.a. pesticider, biocider och flamskyddsmedel. Därför benämns denna heterogena grupp av ämnen ofta som mikroföroreningar ("micropollutants").

Många läkemedel är relativt lättnedbrytbara och reduktionsgrader i befintliga verk kan för en del substanser uppgå till 50–60%, utan särskild läkemedelsrening men detta varierar kraftigt. Den vanligaste anledningen till reduktion är genom assimilering i aktivslamprocessen.

För att nå högre reduktionsgrad krävs ytterligare reningsteknik. Det finns flera olika reningstekniker men de vanligaste i fullskala är ozonering med ett efterföljande biologiskt reningsteg (vanligen sandfilter eller biofilm), dosering av pulveriserat aktivt kol (PAK) eller filtrering genom granulärt aktivt kol (GAK). I Tyskland finns ett 20-tal anläggningar och det planeras för 15 anläggningar till. I Schweiz, som är enda land i världen att lagstifta om rening av mikroföroreningar (i dagsläget), planeras det för att de största avloppsreningsverken skall byggas om till läkemedelsrening. Det finns idag endast ett par stycken men det planeras fram till 2040 att utökas på ett 100-tal av deras ca 750 st reningsverk i landet. I stor skala produceras ozon normalt på plats och metoden är mycket energiintensiv. Detta reningsteg dimensioneras efter ett lägre flöde än vad som maximalt kan gå igenom aktivslamanläggningen. Schweiziska riktlinjer dimensionerar liknande reningsteg att kunna rena ungefär ca 90 % av det totala årsflödet. I Lidköpings fall skulle detta i framtid (32)

den ungefär bli ca 900 m³/h. Anläggningen kommer att ha ett reningssteg som med dagens dimensioneringsnormer skulle kunna behandla 80% av $Q_{\max, \text{biosteg}}$ eller 1120 m³/h, vilket kommer att motsvara 95–99% av årsflödet. Denna siffra bygger på att den förväntade slamflykten vid ett högre flöde blir så pass hög att energiåtgången för ozonproduktionen blir orimlig.

Sweco har antagit att ett vatten som är helt partikelfritt är lämpligt att filtrera genom aktivt kol, medan ett vatten som innehåller en mindre mängd partiklar går att behandla med ozon med ett efterföljande biologiskt reningssteg med MBBR. Det sistnämnda alternativet är det som Linköping tog i drift under 2018. Eftersom teknikerna är mycket nya på den svenska marknaden och kunskapen ännu är begränsad är det fullt möjligt att utformningen av denna del kommer revideras innan det finns några verkliga tillståndskrav. En erfarenhet som Linköping redan dragit är att det blir kraftig skumbildning vid höga halter suspenderat material in till ozoneringen.

2.7.4 Fosforåtervinning

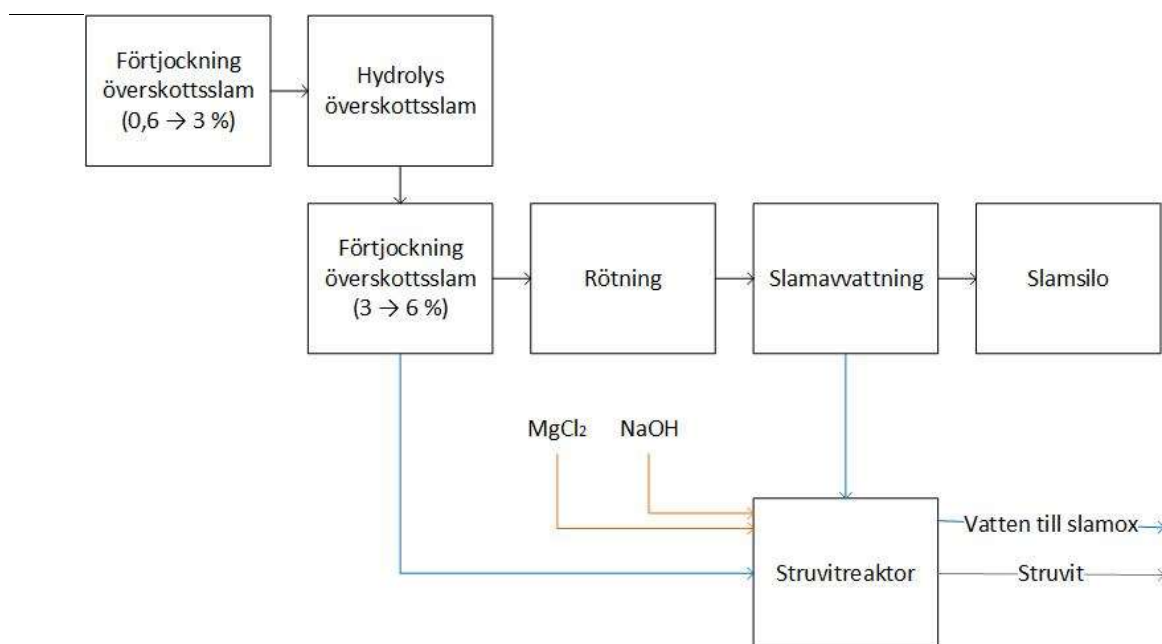
Fosfor är en ändlig resurs och det pågår idag en utredning (på uppdrag av regeringen) för att få till ett regelverk kring slamhantering och återvinning av fosfor.

Ängens ARV kommer att vara utrustad med fosforåtervinnig redan från driftstart. I ett fosforåtervinnningssystem tas fosfor i rejektvattnet till vara genom utfällning av fosfat som struvit ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Struviten kan användas som gödselmedel, särskilt till de odlare som behöver magnesium. Innehållet av tungmetaller och kadmium har visats vara mycket lågt i struvitprodukter som utvunnits ur avloppsvatten.

Rejektvatten från förtjockning av överskottsslam är rikt på fosfatfosfor eftersom bio-P-bakterierna tar upp fosfat som en del av den biologiska fosforeringen. Under syrefria förhållanden, t.ex. i slamlagren, sker hydrolys av slammet och bakterierna kommer att släppa fosfatfosfor igen. Vid förtjockning av slammet hamnar fosfatfosfor sedan i rejektvattnet. På ett bio-P-reningsverk utan fosforåtervinning kommer denna fosfor att återgå till huvudströmmen och öka belastningen på reningsprocessen. Därför låter man inte returslammet stå syrefritt innan man avvattar det.

I Ängens reningsverk genomgår överskottsslammet en första förtjockning innan hydrolys sker i överskottsslamlagret, se Figur 2-1.. På så vis kommer koncentrationen fosfatfosfor i rejektvattnet ökas. Rejektvattnet från den första förtjockningen kommer att gå till sandfång eftersom fosforinnehållet kommer att vara lågt.

Rejektvattnet ifrån slamavvattningen är rikt på ammonium (NH_4), men innehåller även en del fosfat, detta vatten tillsätts också reaktorn. För att få struvit att falla ut behövs också magnesium, detta tillsätts som magnesiumklorid. För att få ett optimalt pH kan det även behövas tillsats av natriumhydroxid (lut).



Figur 2-1. Flödesschema över fosforåtervinningsprocessen med utfällning av struvit från rejecktatten.

Med denna metod kan upp till 60 % av inkommande fosfor avskiljas, men det beror på vilken BOD₇/P-kvot inkommande avloppsvatten har och vilken assimilering som fås i slammet. En rimlig målsättning är 30-50 %, vilket kan översättas till 19–32 kg rent fosfor per dag med framtida belastning. Behovet av fällningskemikalie reduceras då fosforbelastningen minskar. Det innebär även att mängden kemsлам minskar. Det gör att kapaciteten på biosteg och rötkammare ökar. Med fosfor från enbart rejecktatten från avvattningen kan det förväntas en återvinningsgrad på 15 - 30 %. Variationen i återvinning beror på att tekniken i grunden bygger på hur effektivt den biologiska fosforeringen fungerar. Naturvårdsverket har rekommenderat ett etappmål på 40 % men det är oklart om tekniken med struvitutfällning är tillräcklig för att upprätthålla framtida krav.

2.7.5 Grundläggande slambehandling

I denna utredning antas slamhanteringen ha som funktion att stabilisera slammet och producera biogas för bruk inom anläggningen. Mesofil rötning väljs.

Rötkammarvolymerna är tillräckliga för att drivas med full belastning och mesofil rötning med enbart en rötkammare, detta gör att det finns en mycket hög överkapacitet vid normal drift och att man i princip har redundans så att en rötkammare eller efterrötkammare kan stängas av för underhåll. Redundansen gäller hela slambehandlingen.

Eftersom det idag är mycket oklart hur slammet ska hanteras på sikt så finns det ingen särskild utrustning med för att hygienisera det. Däremot skall plats finnas för att komplettera med en pastörisering.

Slamhanteringen består i samtliga fall av:

- Två linjer för oförtjockat slam
- Två-tre linjer med mekaniska förtjockare

-
- Två linjer för förtjockat slam
 - Två linjer för externt slam
 - Två rötkammarlinjer
 - En efterrötkammare
 - Två avvattningslinjer
 - En slamsilo där lös container utgör redundans

De föreslagna rötkammarvolymerna förutsätter väl fungerande mekanisk förtjockning av slammet. Detta anses inte vara något problem då detta fungerar tillfredsställande på många svenska avloppsreningsverk redan idag. Det enda kravet är att slamförtjockningen är placerad direkt i anslutning till recirkulationsströmmen, men detta är inget problem att ordna på en ny anläggning.

Idag pågår försök med "Thermal Anaerobic Gasification" (TAG) i Lidköping av en privat aktör. Om denna teknik skulle visa sig falla väl ut kan slamhanteringsdelen eventuellt kunna komma att revideras.

Överhuvudtaget bör slamhanteringsens utformning, men även placering, vara sådan att det går att komplettera eller bygga till ytterligare processenheter. Jämfört med vattenreningsdelen är det idag mycket större oklarheter rörande slamhanteringsdelen. Det finns ingen som idag med säkerhet kan säga hur hantering och avyttring avloppsslam från svenska avloppsreningsverk är om 10–20 år.

2.7.6 Mottagande av externslam

Till externslammottagningen sker mottagning av förtjockat slam från Spikens reningsverk, slam från enskilda anläggningar, slutna tankar eller motsvarande. Vid ledig kapacitet i rötkamrarna kan slam ifrån livsmedelsindustri och fettavskiljare tas emot för att utnyttja den lediga kapaciteten. Idag tas ungefär 600 m³/år emot från Spiken och ungefär 6 000 m³/år från enskilda avlopp. Mängden mottaget slam förväntas inte öka något i framtiden jämfört med hur mycket som tas emot idag på befintligt reningsverk, se Tabell 2.6. Det troliga är snarare att mängden externslam från enskilda avlopp kommer att minska på sikt efterhand som allt fler ansluter sig till det kommunal avloppsledningsnätet.

Tabell 2.6. Ungefärliga mängder mottaget slam idag och i framtiden.

| Genomsnittliga värden | Enhet | Aktuell belastning | Framtida belastning (2040) |
|--|----------------------|--------------------|----------------------------|
| Externslam från enskilda avlopp etc. (avfallskod 20 03 04) | m ³ /dygn | 16 | 16 |
| | % TS-halt | 2,5 | 2,5 |
| | kg TS/dygn | 400 | 400 |
| Externslam från Spikens reningsverk (avfallskod 19 08 05) | m ³ /dygn | 1,6 | 3,5 |
| | %TS-halt | 6,0 | 6,0 |
| | kg TS/dygn | 100 | 200 |
| Externslam från Industri (maximalt) (avfallskoder 02 03 01, 02 06 03, 02 07 05) Slam från fettavskiljare (avfallskod 20 01 08) | kg TS/dygn | - | 2 000 |

Externslammottagningen på det nya reningsverket består av sandbehandlingsutrustning med sandtvätt, rengaller och renshanteringsutrustning.

Om slammet förväntas innehålla sand, grus, betongbitar eller liknande leds det till externslammottagningen för sand- och rensavskiljning innan det släpps i externslamlager för utjämning. Om det är ett väldigt tunnt slam, t ex från enskilda avlopp, kan det efter rengallret istället ledas till sandfången i huvudströmmen. Om det är ett förtjockat slam kan det släppas direkt till externslamlagren.

Från externslamlagren kan slammet pumpas vidare till blandslamlager innan förtjockare, direkt till förtjockare, eller direkt till röt-kammare.

2.7.7 Gashantering

Anläggningen förses med gasturbin som kommer att klara av att hantera hela den förväntade produktionen när anläggningen tas i drift. En gaspanna med minst lika stor kapacitet installeras också. Som redundans ifall både dessa skulle falla ifrån finns en fackla.

2.7.8 Luktreduktion

Reningsverket är försett med ett slutet system där eventuell lukt hanteras i den interna luktreduktionen och med forcerad ventilationen. Vid svalltornet, rengallret och externslamhanteringen finns luftsug som leder luften via ett kolfilter innan luften släpps i en punkt 20 m över mark. Slamutlastning förses med forceringsfläkt som aktiveras när lastning sker. Denna luft leds till samma utsläppspunkt som luft från externslamhanteringen. Den luft som leds ut har en hög hastighet och riktas uppåt.

2.7.9 Personalbyggnader, garage, förrådsbehov och reservkraft

Lidköpings kommun har bedömt personalbehovet vid ett nytt avloppsreningsverk till totalt 5–6 st heltidstjänster (varav 3 drifttekniker) samt ytterligare 2–3 personer som skall sköta

17(32)

pumpstationer etc i kommunen Personalbyggnaden har därför utformats utifrån att 7–9 personer skall utgå ifrån det nya avloppsreningsverket.

Personalbyggnaden skall rymma 6–8 kontorsplatser, ett kontrollrum, ett laboratorie för driftanalyser, separata omklädningsrum, ett vilrum, ett matrum och minst ett mötes/konferensrum.

Lidköpings kommun har också angivit att anläggningen ska inkludera varmgarage, parkeringsplatser, varmförråd, kallförråd och serverrum. Anläggningen skall vara försedd med en grovverkstad och en finverkstad.

Anläggningen skall vara försedd med spolhall där utrustning från avloppsreningsverket och pumpstationerna såsom pumpar, omrörare etc kan rengöras. Spolhallen anslutstill det interna spillvattennätet via en oljeavskiljare.

Anläggningen matas med ström från två olika håll. Om båda dessa skulle slås ut är anläggningen försedd med ett reservkraftverk. Reservkraftverket har så pass hög kapacitet att hela anläggningens kraftbehov täcks vid normal belastning. Vi höga flöden i kombination med mycket kall väderlek kommer kraftbehovet att vara högt för både utrustningen i vattenreningen och VVS. Om strömförsörjningen till anläggningen slås ut vid ett sådant driftfall kommer en eventuell läkemedelsrening och mottagning av externslam att stängas ned först. Sedan finns flera andra funktioner som kan prioriteras ned om det skulle behövas. Avseende BOD₇, kväve och fosfor finns ingen anledning att förvänta sig att ett längre strömbortfall kommer att påverka reningsgraden överhuvudtaget.

2.8 Lokalisering

Eftersom ett avloppsreningsverk är en väldigt speciell verksamhet finns det inte särskilt många tänkbara placeringar i och omkring Lidköping. Inledande markundersökning av den lokalisering som har valts kommer att kräva pålning och dessutom borttransport av massor (kvicklera). Att pålning är nödvändig är normalt på de flesta platser i och omkring Lidköping.

Innan definitiv utformning av layout av anläggningen görs bör man se över hur man optimalt bygger upp anläggningen utifrån de markförhållanden som finns på den aktuella platsen.

3 Beskrivning av valt koncept

Se Bilaga 1, 1:1 – 1:6 för detaljerad beskrivning av anläggningsutformning i form av flödesschema samt Bilaga 2 för layouter.

3.1 Processutformning

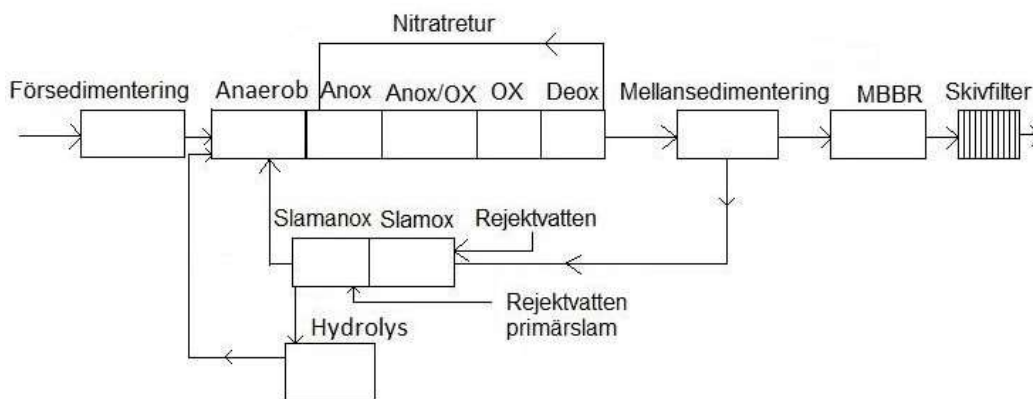
Anläggningen förses med rensgaller, sandfång och försedimentering.

Biosteget föreslås bestå av 3 separata avställningsbara aktivslamlinjer med partikelavskiljning i sedimentering.

Vardera linjen utgörs av en genomflödesanläggning med en oluftad/omrörd zon (anaerob), oluftad/omrörd zon (anox), tre zoner med möjlighet till både omrörning och luftning (anox/ox), en zon med luftning (ox), följt av en omrörd zon (deox) innan sedimentering. Nitratrecirkulationen går från deox till anox.

Returslammet från sedimenteringen får passera en returslamluftning där rejektvatten tillsätts och slamnox innan slammet leds till anox-zonen. För att kunna hantera den höga överkapacitet som anläggningen byggs med förses returslamshanteringen med en flexibel zon som både kan vara omrörd och luftad. Se figur 3.1, för en illustration av biosteget.

Anläggningsförslaget är försett med sidoströmshydrolys och en anaerob zon, en för varje linje. Detta ger en biologisk fosforreduktion och dessutom ger det en stabilare kväveringsprocess eftersom man får en viss intern produktion av kolkälla. För att vara fullt säkra på att nå fullständig biologisk fosforering behöver man komplettera med en primärslamshydrolys – detta är förslaget inte försett med.



Figur 3.1. Illustration av delar av koncept. I framtiden är det möjligt att tillsätt ozon efter aktivslamsteget om det skulle bli ett krav

För läkemedelsrening kommer ozon att tillsättas i en reaktionstank som är placerad efter aktivslamsteget. Efter det finns ett biologiskt steg med rörligt bärrmaterial (MBBR), vilket ska bryta ner restprodukter från ozoneringen men som också kan utnyttjas för efterdenitrifikation när aktiv slamsteget inte fungerar optimalt eller när anläggningen närmar sig sin maximala kapacitet. Efterdenitrifikation används för att nå extremt långt ner i utgående kvävehalter, men kommer att kräva tillsats av extern kolkälla.

Som sista partikelavskiljande steg ligger skivfilter, med föregående fällning och flockning för att säkerställa låga utgående fosforhalter.

Slamhanteringsdelen består av separat förtjockning av primärslam och överskottsslam. Slam från skivfilter förtjockas separat i en lamelledimentering innan det blandas med primärslammet i slamlagret. Syftet är att inte återföra metallsalt i huvudströmmen vilket kan störa den biologiska fosforavskiljningen, men framförallt gör den biologiska fosforeringen svår att styra och övervaka. Överskottsslammet tas ut i sidoströmshydrolysen och förtjockas därefter separat, efter förtjockning släpps slammet till samma utjämningslager som övrigt slam. Rejektvattnet från förtjockningen är rikt på fosfatfosfor tack vare den biologiska fosforavskiljningen och pumpas till fosforåtervinningsanläggningen. Om inte någon fosforåtervinning är i drift är det nödvändigt att lufta överskottsslammet innan förtjockning, eller förtjocka det direkt efter slamuttag.

En externslammottagning kommer att finnas där slam från enskilda brunnar eller annat externt material kan tas emot. Detta material kan sedan hanteras på flera olika sätt, beroende på vad det består av.

Producerat slam förtjockas mekaniskt innan det leds till rötning.

Avvattnat slam trycks upp i en slamsilo medan rejecktvalet leds till en utjämnning. Det ammoniumrika rejecktvalet kan antingen pumpas till slamox direkt eller via fosforåtervinningsreaktor där det blandas med fosfatrikt rejecktvalet från överskottsslammet. Genom att tillsätta magnesiumklorid, och ibland natriumhydroxid för att nå pH-optimum, får man struvit att falla ut. På detta sätt kan man avskilja upp till 60 % av inkommande fosfor, men det beror på vilken BOD/P-kvot man har och därmed vilken assimilering man får i slammet. En rimlig målsättning är 30–50%. Resterande mängd binds i röt-slammet, antingen i biomassan eller i andra svårösliga fosforföreningar. När fosforåtervinnningen inte är i drift bör man kunna dosera metallsalt direkt till rötkammarcirkulationen för att inte få spontan utfällning av struvit i slamhanteringen.

Producerad biogas förbränns normalt i en eller två gasturbin(er) där ca 30% av energin omvandlas till el medan ca 60 % kan tillgodogöras i form av värme. Värmen används till att värma upp rötkamrarna men räcker under de allra flesta av årets dagar även till att värma upp byggnaderna samt producera varmvatten. Under de kallaste dagarna eller under driftproblem används gasen i en gaspanna som omvandlar gasen till värmeenergi.

3.2 Beräkningar av nödvändiga volymer

Beräknade volymer går att utläsa ur Tabell 3.1.

Tabell 3.1. Sammanställning av antal linjer och volymer för vattenreningsdelar för föreslaget koncept. Volymer och ytor är vattenvolymer och bassängkanter m.m. är ej medräknat (tillkommer med ca 10–15 %).

| Anläggningsdel | Antal enheter | Total yta | Total volym/kapacitet |
|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| Rensgaller | 3 st | | 2 800 m ³ /h |
| Sandfång | 2 st | 30 m ² | 150 m ³ |
| Försedimentering | 4 st | 320 m ² | 1 600 m ³ |
| Returslamluftning/Slamanox | 3 st | 110 m ² | 600 m ³ |
| Slamanox | 3 st | 110 m ² | 600 m ³ |
| Hydrolysis | 3 st | 220 m ² | 1 200 m ³ |
| Anaerob | 3 st | 127 m ² | 700 m ³ |
| Anox | 3 st | 110 m ² | 600 m ³ |
| Anox / Aerob | 3 st | 818 m ² | 4 500 m ³ |
| Aerob | 3 st | 73 m ² | 400 m ³ |
| Deox | 3 st | 82 m ² | 450 m ³ |
| Eftersedimentering | 3 st | 1 500 m ² | 6 750 m ³ |
| Efterdenitrifikation (MBBR) | 2 st | 82 m ² | 410 m ³ |
| Fällning | 2 st (till skivfilter) | 10 m ² | 45 m ³ |
| Flockning/Koagulering | 4 st (till skivfilter) | 26 m ² | 120 m ³ |
| Skivfilter | 4 st | | 2 800 m ³ /h |
| Lamellsedimentering | 2 st | | 50 m ² |

Behov av sedimenteringsyta beror även på antal linjer med separata slamsystem samt behovet av redundans. Här är det valt att ha 3 separata slamsystem för att kunna köra linjerna helt separat. Vid underhåll ska 1 av 3 biolinjer kunna stängas och ändå ha tillräcklig hydraulisk kapacitet. Det gör att 2 Q_{dim} ska kunna hanteras av 2 linjer under sommaren då den biologiska reningen kräver mindre volymer.

Volymsbehovet för efterdenitrifikation är satt med marginal eftersom det behövs ett biologiskt aktivt steg när man tillsätter ozon. Steget skall bryta ner oxidations- och transformationsprodukter som bildas vid ozoneringen..

Rötkammarbehovet är satt utifrån att minsta uppehållstiden är 15 dagar och att rötningen ska kunna upprätthållas även om en rötkammare är ur drift (minsta uppehållstid ca 15 dagar) dvs en dubblerad kapacitet förutsatt att en inkommande TS-halt på minst 6 % kan upprätthållas.

Tabell 3.2. Sammanställning av antal linjer och volymer för slamhanteringsdelar i koncept 1

| Anläggningsdel | Antal enheter/ linjer | Total yta/volym/ kapacitet |
|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Blandslamlager + överskottsslam | 2 st | 350 m ³ |
| Slamförtjockare | 2–3 st | 80–120 m ³ /h |
| Slamlager förtjockat slam | 1 st | 180 m ³ |
| Rötkammare | 2 st | 1 900 m ³ |
| Efterrötkammare | 1 st | 300 m ³ |
| Avvattnings | 2 st | 40 m ³ /h |
| Rejektvattenlager | 4 st | 350 m ³ |
| Slamsilo | 1 st | 100 m ³ |

3.3 Beräkningar av tillkommande volymer vid hårdare krav

Om tillståndsmyndigheten föreskriver hårdare krav på anläggningen kommer det att påverka utformningen och/eller driften av anläggningen.

Ett hårdare krav avseende BOD₇ bedöms inte påverka vare sig anläggningsutformning eller drift eftersom föreslagen anläggning kommer att ha mycket låga utgående BOD-halter. Däremot finns det en ökad analysosäkerhet med låga BOD-halter vilket kan bli problematiskt vid strängare krav.

Ett hårdare krav avseende kväve ned till 8 mg/l kräver att ytterligare 2 mg/l med säkerhet kan denitrifieras. Det hanteras genom utbyggnad med större volymer för Anox/Aerob så att den anoxa zonen är tillräcklig även under den kallaste årstiden. Den tillkommande volymen som beräknas behövas vid fullt belastad anläggning är ca 400 m³.

Tillkommande volymer för att med säkerhet uppnå 8 mg totalkväve/l anges i tabell 3.3.

Tabell 3.3. Sammanställning av tillkommande volymer för att klara av 8 mg/l totalkväve. Volymer och ytor avser vattenvolymer. Bassängkanter m.m. är ej medräknat (tillkommer med ca 10–15 %).

| Anläggningsdel | Antal enheter | Total yta | Total volym/kapacitet |
|----------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| Anox / Aerob | 3 st | 73 m ² | 400 m ³ |

Ett hårdare krav avseende kväve ned till 6 mg/l kräver att ytterligare 4 mg/l med säkerhet kan denitrifieras. Eftersom recirkulationen vid så låga halter blir mycket hög är det svårt att dimensionera aktivslamsteget för detta vid fullt belastad anläggning och dimensionerande flöden. Istället ökas storleken på efterdenitrifikationen med ca 100 m³.

Tillkommande volymer för att med säkerhet uppnå 6 mg kväve/l anges i tabell 3.4.

Tabell 3.4. Sammanställning av tillkommande volymer för att klara av 6 mg/l totalkväve. Volymer och ytor avser vattenvolymer. Bassängkanter m.m. är ej medräknat (tillkommer med ca 10–15 %).

| Anläggningsdel | Antal enheter | Total yta | Total volym/kapacitet |
|-----------------------------|---------------|-------------------|-----------------------|
| Anox / Aerob | 3 st | 73 m ² | 400 m ³ |
| Efterdenitrifikation (MBBR) | 2 st | 18 m ² | 100 m ³ |

3.4 Val av filtersteg

Vid byggnation av ett avloppsreningsverk med fosfor krav <0,2 mg P-tot/l är det nödvändigt med god partikelavskiljning. För att nå dessa krav med rimlig tillsats av kemikalier är det nödvändigt med någon form av filtersteg. Sweco har i konceptutformningen föreslagit skivfilter men det kan också vara någon form av sandfilter. Filtervalet påverkar byggandens storlek och utformning där skivfilter är betydligt kompaktare och ryms på mindre anläggningsyta. Kontinuerliga sandfilter däremot (vilket är den vanligaste typen av sandfilter i dessa sammanhang) kräver inga ytterligare volymer för flockning och koagulering.

Efter önskemål från länsstyrelsen redovisas både ett alternativ med skivfilter och ett alternativ med kontinuerliga sandfilter. I tabell 3.1 ovan redovisas hela anläggningen med utgångspunkt i skivfilter som avslutande filtersteg. I tabell 3.5 nedan redovisas vilket skillnader ett alternativ med kontinuerliga sandfilter skulle innebära. Kostnadsskillnaden mellan de två alternativen redovisas i avsnitt 4.3.

Tabell 3.5. Tillkommande respektive avgående anläggningsdelar vid byte från skivfilter till sandfilter. Volymen och ytor avser vattenvolymer. Bassängkanter m.m. är ej medräknat (tillkommer med ca 10–15 %).

| Anläggningsdel | Antal enheter | Total yta | Total volym/kapacitet |
|-------------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Avgående delar | | | |
| • Fällning | 2 st | 10 m ² | 45 m ³ |
| • Flockning/Koagulering | 2 st | 20 m ² | 110 m ³ |
| • Skivfilter | 4 st | | 1 400 m ³ /h |
| Tillkommande delar | | | |
| • Dynasandfilter | 28 st | | 1 400 m ³ /h |

4 Tillkommande kostnader

Föreslagen huvudprocess är den idag helt dominerande i Sverige. I detta kapitel redovisas kostnadskalkyler för de vägval som Sweco och Lidköpings kommun beslutat om, men även där Länsstyrelsen krävt en kostnadsjämförelse.

Kostnadsberäkningar har utförts för:

- Läkemedelsrening
- Fosforåtervinning
- Skivfilter eller sandfilter som polersteg
- Hårdare kvävereningskrav
- Hårdare fosforreningskrav

4.1 Förutsättningar

Investeringskalkylerna omfattar kostnader för mark och grundläggning-, bygg-, ventilation-, värme-, sanitets-, maskin-, el- och automationsarbeten.

Kostnadskalkylerna för anslutande infrastruktur i form av inkommande avloppsvatten, utgående avloppsvatten, dricksvatten, kraftförsörjning, ev. fjärrvärme, tele, fiber, vägar etc. är inte inkluderat.

I nedanstående kostnadskalkyl har det räknats med runda prefabricerade betongbas-sänger. Detta ger normalt billigare byggnadskostnad än platsgjutna betongbassänger. Notera att de speciella grundläggningsförhållandena som råder på platsen kan innebära att de utformningar och vattendjup (5,5) som är kostnadseffektivt på andra platser inte nödvändigtvis är optimalt i Lidköping.

Entreprenadkostnaderna för maskinell utrustning har i huvudsak beräknats för varje utrustningsdel. Kostnaden för den maskinella utrustningen är baserad på priser inhämtade från leverantörer samt från erfarenheter från kalkyler från liknande anläggningar.

Schablonkostnaderna från el & styr respektive VVS är erfarenhetsmässiga kostnader från tidigare liknande projekt. Investeringskostnaden för el & automation beräknats som en schablonkostnad motsvarande 35 % av maskinentreprenaden. Investeringskostnaden för ventilation, värme och sanitet (VVS) har beräknats som en schablonkostnad motsvarande 18 % av byggkostnaden.

Byggherrekostnader för utredning, projektering, byggledning, kontroll ingår som ett påslag med 17 % på den totala entreprenadkostnaden. Med byggherrekostnader avses såväl interna som externa kostnader för att genomföra projektet.

Kostnaderna redovisas med en kostnad samt ett intervall i procent. Intervallet är olika på olika investeringar vilket speglar osäkerheten.

Kostnadsnivån är september 2016. Moms ingår ej.

4.2 Tillkommande kostnader läkemedelsrening och fosforåtervinning

Tillkommande anläggningskostnad för eventuell läkemedelsrening samt fosforåtervinning kan utläsas i tabell 4.1. Den slutliga kostnaden för att installera läkemedelsrening och fosforåtervinning har ett betydligt större kostnadsintervall än övriga entreprenadkostnader. Detta beror på att erfarenheterna är begränsade då det saknas färdiga fullskaleinstallationer i Sverige.

Tabell 4.1 Sammanställning av tillkommande anläggningskostnad för läkemedelsrening samt fosforåtervinning för valt koncept.

| Kalkylpost | Koncept 1 | |
|-------------------|-----------|-----------|
| | Mkr | Intervall |
| Läkemedelsrening | 18 | 30% |
| Fosforåtervinning | 16 | 30% |

4.3 Tillkommande investeringskostnader vid val av annat filtersteg

Sweco har föreslagit ett skivfiltersteg med 4 st parallella skivfilter vilka kan delas i två parallella linjer. Om man ska jämföra ett anläggningsalternativ med och ett utan skivfilter ska man ta bort både flockning, koagulering och skivfilter.

I Tabell 4.2 finns det en sammanställning av beräknad investeringskostnad dem två anläggningsalternativen. I det ena alternativet finns investeringskostnaden för att kunna behandla 2 Q_{dim} biologiskt behandlat vatten med Dynasand och det andra investeringskostnaden för att kunna behandla 2 Q_{dim} med skivfilter. Nederst är den tillkommande investeringskostnaden på den totala anläggningskostnaden.

Tabell 4.2 Sammanställning av investeringskostnader i Mkr för filteralternativ samt differensen.

| Kalkylpost | Koncept 1 | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| | Mkr | Intervall |
| 2 Q_{dim} Dynasandfilter | 70 | 15% |
| 2 Q_{dim} Skivfilter | 47 | 15% |
| Tillkommande anläggningskostnad verk | 23 | 15% |

4.4 Tillkommande kostnader vid hårdare reningskrav

Att öka kapaciteten på ett avloppsreningsverk innebär att varje anläggningsdel måste justeras något, allt ifrån utrymme för maskinutrustning till mer personalutrymme. Med kapacitetsökningar i den omfattning som anges i avsnitt 3.3 är detta inte rimligt.

Kostnaden för ett BOD-krav på 6 mg/l är inte kvantifierat. Vid normal drift är det inga problem att uppfylla detta på en fördenitrifikationsanläggning och det kommer inte att innebära några förändringar i anläggningsutformning. Ett enstaka tillfälle med förbiledning²⁹⁽³²⁾

(och bräddvattenrening) kommer däremot att kunna påverka medelvärdet under lång tid. Man kan också ifrågasätta rättssäkerheten att ha ett så pass hårt krav på en så osäker analys som BOD₇.

Den tillkommande volymen som beräknas behövas vid fullt belastad anläggning och ett hårdare kvävekrav är 8 mg N-tot/l är ca 400 m³.

Ett hårdare krav avseende kväve ned till 6 mg/l kräver att ytterligare 4 mg/l med säkerhet kan denitrifieras. Eftersom recirkulationen vid så låga halter blir mycket hög är det svårt att dimensionera aktivslamsteget för detta vid fullt belastad anläggning och dimensionerande flöden. Istället ökas storleken på efterdenitrifikationen med ca 100 m³.

Ett kvävekrav på 8 mg/l bedöms kosta 4–6 Mkr i investeringskostnad i aktivslamsteget. Ett strikt krav på 6 mg/l innebär att extern kolkälla behöver doseras för att utgående halter ska ligga tillräckligt lågt. Det innebär en ytterligare investeringskostnad på 2–3 Mkr och en ökad driftkostnad på ca 120 000 kr/år. Kostnaderna har sammanställts i Tabell 4.3.

I Påverkansanalys miljö kvalitetsnormer redovisas 3 olika nivåer för utgående ammonium. 3,2 eller 1 mg NH₄-N/l. Den högsta nivån, 3 mg NH₄-N/l, antas inte medföra någon kostnad förutsatt att mätperioden är minst ett kvartal. Om kravet är på månadsbasis kan det komma att innebära att man behöver tillsätta etanol i efterdenitrifikationen för att frigöra mer kapacitet till luftning i aktiv slamsteget. Kostnaden för att denitrifiera 5 mg kväve/l är ca 30 000 kr/månaden. Om det behöver ske under den månad vattnet är som kallast blir kostnaden alltså 30 000 kr. För att upprätta 2 mg NH₄-N/l även under kallaste månaderna bedöms detta siom nödvändigt under 2 månader (60 000 kr/år) och 1 mg/l under 5 månader (150 000 kr). KOstanderna redovisas i Tabell 4.3. Detta är schablonmässiga beräkningar som till stor del bygger på en förväntan om vattentemperatur och mängd inläckage vid fullt belastad anläggning. Två uppgifter som är mycket svåra att förutsäga för 2040.

Kostnaden för ett hårdare fosforkrav (0,15 mg/l) är svår att kvantifiera, eftersom det är betydligt fler parametrar att ta hänsyn till. Det finns dessutom en risk att något driftproblem dyker upp som gör att det är matematiskt svårt att hämta hem dåliga dagar. Kostnaden för att minska risk är högre ju lägre ju mer man vill minska risken.

Ett rimligt sätt är att räkna med en extra dosering på ca 10 ml/l, vilket innebär ca 100 000 kr årligen med dagens flöde. Den kostnaden är antagligen något högt räknat. Förutom ökade kostnader för fällningskemikalier kommer det till ökade kostnader för underhåll och tillsyn av mätare, omrörare och doseringsutrustning eftersom anläggningen måste gå optimalt hela tiden. Detta gäller både vattenbehandlingen i huvudströmmen och det vatten som förbileds biosteget. De tillkommande kostnaderna för detta är troligen betydligt högre än kemikaliekostnaderna. Kostnaden bedöms till minst 200 000 kr/år. Den totala kostnaden för att gå från 0,24 mg/l (motsvarar ett krav på 0,2 mg/l) till 0,15 mg/l, d v s 0,09 mg P-tot/l blir då minst 300 000 kr/år eller minst 800 kr/kg reducerat fosfor. Ett krav på 0,20 mg/l istället för 0,2 mg/l innebär att fosforhalten ska minska från 0,24 till 0,20, d v s 0,04 mg P-tot/l. Kostnader för ökad kemikalieförbrukning och för ytterligare givare samt underhåll och personalkostnad bedöms bli ca 50 000 kr/år vardera. Den totala kostnaden blir då ca 100 000 kr/år eller minst 600 kr/kg. Marginalkostnaden för att gå från 0,20 till 0,15 mg/l blir alltså 200 000 kr eller 900 kr/kg reducerad fosfor. Kostnaderna har sammanställts i Tabell 4.3.

Kostnaderna har sammanställts i tabellen nedan. Det som är svårare att kvantifiera är den

30(32)

minskade mängd fosfor som kommer att vara tillgänglig för eventuell återvinning när man börjar cirkulera mer aluminium (som binder fosfor) i anläggningen. Kostnaden för detta är dels ökade kemikaliekostnader, dels att utnyttjandegraden för fosforåtervinningen minskar och att kapitalkostnaden för varje kg återvunnen fosfor minskar och dels den samhällsekonomiska kostnaden att en ändlig resurs inte återvinns.

Det som är svårare att kvantifiera är den minskade mängd fosfor som kommer att vara tillgänglig för eventuell återvinning när man börjar cirkulera mer aluminium (som binder fosfor) i anläggningen. Erfarenheterna från andra anläggningar som återvinner fosfor är dock att detta är en realitet, metallsalter som kommer in i anläggningen (oavsett om de doseras eller kommer via externslam) är att de låser upp tillgänglig biologisk fosfor i slamfraktionen.

Tabell 4.3 Sammanställning av tillkommande anläggningskostnad och driftkostnader vid hårdare reningskrav för valt koncept.

| Kostnader vid skärpta utsläppskrav | Utsläppskrav (mg/l) | Produktionsmål (mg/l) | Investeringskostnader (Mkr) | Driftkostnader (kr/år) |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|
| BOD ₇ | 6* | 4* | - | - |
| Totalkväve | 8 | 6 | 4-6 | - |
| | 6 | 4* | 6-9 | 120 000 |
| Ammoniumkväve | 3 | 2 | - | 30 000 |
| | 2 | 1 | - | 60 000 |
| | 1 | 0,5 | - | 150 000 |
| Totalfosfor | 0,3/ 0,30 | | - | - |
| | 0,20 | 0,10* | - | 100 000 |
| | 0,15 | 0,07* | - | 300 000 |

* Med så pass hårda krav kommer eventuellt förbilet vatten, som inte behandlats fullständigt, att påverka medelvärdet väsentligt.

Avskiljningen av ytterligare fosfor kräver mer resurser ju närmare man kommer den praktiska baslinjen som ligger på ca 0,05 mg/l. Att gå från 0,24 mg/l till 0,20 mg/l innebär att arbetsområdet ska minska från 0,19 mg/l till 0,15 mg/l (21 %). Att gå från 0,24 mg/l till 0,15 mg/l innebär i praktiken 0,19 mg/l till 0,10 mg/l (47 %). Eftersom även förbilet vatten ska räknas är baslinjen i praktiken något högre när anläggningen är fullt belastad. Om det antas att baslinjen (inklusive förbilet vatten) i praktiken ligger på 0,10 mg/l innebär en justering av kravet från 0,24 mg/l till 0,15 mg/l en skärpning med 64 % av praktiskt tillgänglig fosfor.

Ett fosforkrav på 0,3 eller 0,30 mg/l innebär att det vatten som förbileds biologin inte behöver behandlas med nuvarande dimensionering. Lidköpings kommun har i huvudalternativet valt en höglödesrening direkt vilket gör att merkostnaden för detta inte har beräknats. Att bygga om anläggningen för detta senare bedöms som väsentligt dyrare än att göra det direkt.

5 Diskussion och utveckling av konceptet

Konceptet kan utformas och justeras med annan fördelning och kapacitet på volymer beroende på hur trygg man vill vara med produktionsmålen samt hanteringen av de flöden som kommer till anläggningen.

Konceptet är utformat för att nå de krav och produktionsmål som anges i tabell 2.2 och baseras på att intern kolkälla ska kunna använda i största möjliga mån. Om tillståndskravet blir 8 mg/l avseende kväve finns det två alternativ. Det ena alternativet är att driva anläggningen med extern kolkälla i större omfattning när det finns tillgång på nitrat för att på så sätt kompensera driften under de kallare perioderna. Detta kräver ingen volymsutbyggnad men ger ökade driftkostnader och miljöpåverkan. Det andra alternativet är att göra aktivslamsteget något större vilket förbättrar både nitrifikation och denitrifikation. I denna beskrivning föreslås alternativet med ett något större aktivslamsteg. De ökade driftkostnaderna blir då omrörning i de tillkommande volymerna vilket påverkar den totala driftkostnaden marginellt. Dock är investeringskostnaden för det förordade alternativet högre vilket kan ses i avsnitt 4.3.

För att innehålla ett tillståndskrav på 6 mg/l är det nödvändigt att öka volymerna i aktivslamsteget för att säkerställa god nitrifikation året runt, men det behövs också ökad volym i denitrifikationssteget för att klara hög denitrifikation året runt. Så pass hårda krav innebär att utgående vatten måste ner i mycket låga koncentrationer under de perioder när vattnet är varmt och anläggningen kan gå optimalt. För att med säkerhet nå 6 mg/l som årsmedel på allt behandlat (fullständigt och förbilet) vatten måste man troligen nå minst ner till 3 mg/l vid optimala förhållanden på biologiskt behandlat vatten. Det innebär att utgående nitrat är 0,5–1 mg/l. Reaktionshastigheterna är mycket långsamma vid så låga koncentrationer.

Vid val av biosteg har Sweco valt en aktiv slam process med möjlighet att ställa av och på zoner utifrån behov. Att reglera hur stor andel som ska luftas är standard på moderna anläggningar, anledningarna är främst att man vill kunna anpassa den luftade volymen eller tiden för att klara tillräcklig nitrifikation utan att ha en onödigt stor zon då behovet är lågt. Behovet av luftad zon varierar dels över anläggningens livslängd, men framförallt beroende på temperatur och över dygnet. Dels sparar man total volym på detta och dels sparar man energi, eftersom luftning är mycket dyrare än omrörning. Dessutom blir sedimenteringsegenskaperna normalt sämre om man har en onödigt lång aerob slamålder. För att utnyttja kolkälla som kommer med det inkommande vattnet maximalt stängs luftningen av från inloppet och framåt, där första zonen alltid är omrörd. För att minimera mängden ammonium som går ut är sista zonen alltid luftad. Detta innebär också att man minimerar energin som går åt till luftning och maximerar kvävereduktionen. Processlösningar med fastbärare passar inte lika bra när man vill byta funktion på en anläggningsdel flera gånger om dagen.

När det gäller flödeskapacitet i inloppsledningar och utloppsledningar bör man göra noggrannare analyser av timflöden under en längre provserie. Särskilt långa inloppsledningar kan bli problematiska att hantera om de är feldimensionerade (gäller både om det är för snålt tilltagna och om de är för stora).

Man bör ha en diskussion internt och med tillsynsmyndigheten om den maximala hydrauliska kapaciteten i anläggningen när man har detaljstuderat historiska flöden. Att det finns två inloppsledningar med vardera $2 Q_{dim}$ kan ses som redundans men ska hela avloppsreningsverket (i synnerhet rännor som ska svälja hela flödet) ha en så hög kapacitet som $4 Q_{dim}$? Det finns risker att det blir problem rent driftmässigt att ha så låga belastningar stora delar av tiden i vissa sektioner.

Försedimenteringarna i konceptet skulle kunna ersättas av förfilter. Detta har utvärderats i konceptstudien och Lidköpings kommun har valt att inte gå vidare med denna processlösning.

Någon beräkning av hur mycket som kan högflödesrenas för att man ändå skall kunna uppfylla ett villkor på t ex 0,25 mg P-tot/l har inte gjorts. Anledningen är att vi idag inte vet vilket villkor som kommer att gälla 20 år framåt i tiden. Antagandet har därför varit att högflödesreningen endast är ett driftfall som ska förekomma enstaka gånger per år.

Det kväverika rejektvattnet (ca 15 % av belastningen på biosteget) utjämnas och doseras in i en rejektvattenbehandling. Förslaget är att rejektvattenbehandlingen är en volym med returslam. Eftersom returslammet tas ut i slutet av biosteget och vattnet är färdigbehandlat är mängden BOD mycket låg. Tillsats av kväverikt rejektvatten gör att kväve/BOD-kvoten blir mycket högre än i inkommande vatten. Detta gynnar de bakterier som oxiderar ammonium till nitrat men även de som reducerar nitrat till kvävgas. Fördelen med detta är att man får högre hastigheter på kvävereningen i hela avloppsreningsverket. Normalt finns det tillräckligt med löst organiskt material i det förbehandlade vattnet för att det ska finnas tillräckligt med kolkälla om man inte tillför kväve via rejekt från externa substrat. Återstår gör energivinsten i form av luft till nitrifikation. Sweco ser inte att fördelarna med en separat biologisk process uppväger nackdelarna i form av ökade driftkostnader i form av personal, analyser, reinvesteringar etc. Investeringsmässigt går det inte att motivera eftersom ytterliggare en process kräver mekaniska installationer samt styr och reglerutrustning. Om man i framtiden vill ändra om i konceptet så att det går att driva med anammox så går det att göra den förändringen då.

Biologisk fosforering har installerats i form av en liten anaerob zon samt en slamhydrolys. Syftet är dels att minska kemikaliebehovet, men också att ge möjligheter till att kunna återvinna fosfor på anläggningen. En hydrolys gör normalt också att denitrifikationen går snabbare eftersom den gör det organiska materialet mer lättnedbrytbart. I detta fall är nackdelarna enbart den något ökade volymen.

Att placera efterdenitrifikationen med MBBR efter mellansedimenteringen har flera fördelar. Dels är det möjligt att dra nytta av den denitrifikation som sker i sedimenteringen och dels är en fastbärande process bra som enstegsprocess för att få liten volym.

Fördelen med att använda skivfilter är att de är betydligt billigare att installera, yteffektiva, samt mycket bra att kombinera med MBBR före. Erfarenheter från flera svenska anläggningar har visat att det inte är några problem att nå mycket långt ner i utgående fosforhalter genom att kombinera skivfilter med kemdosering och flockning före. Skivfilter har

också den fördelen att de lättare "repar sig själva" efter en överbelastning med suspenderat material, medan sandfilter kräver manuell hantering för att snabbt bli driftklara igen. Nackdelen med skivfilter jämfört med kontinuerliga sandfilter är att det inte blir någon biologisk aktivitet i dem som kan användas i reningssyfte samt att man måste komplettera med ett flocknings/koaguleringssteg före. Detta behov går dock att lösa med det MBBR-steg som föreslagits.

Rötningen har redundans på ett sätt som är ovanligt idag i Sverige. Erfarenheterna visar att det är lika viktigt att ha redundans och kapacitet i slamhanteringen som i biosteget. Dagens aktivslamsteg med långtgående kväverening har så lång total slamålder att svängningarna blir betydligt större i slamhanteringen än i biosteget. Anledningen är att den största slammängden kommer ifrån försedimenteringarna som reagerar momentant på större inkommande belastning. När det gäller rötkammarvolym utgår den ifrån att det bara är slam från Lidköpings egna kommunala anläggningar som hanteras, men det finns inget tekniskt problem med att ta emot slam från andra anläggningar när man har båda rötkamrarna i drift samtidigt.

Idag är det kalkylerat med en gasturbin. Kapaciteten på denna, samt om det tidvis skulle behövas två är inte i detalj utrett. Detta måste göras i systemhandlingsskedet. Detta gäller även eventuellt utnyttjande av spillvärme till hetvatten. Ett sådant vatten är effektivt för att rengöra viss utrustning med, och innebär att man sparar tvättkemikalier och i vissa fall även kan bibehålla högre kapacitet på sin utrustning. Någon värmebalans över lokalerna är inte gjord (enbart över rötningen).

Anläggningen skall som det ser ut nu drivas med mesofil rötning men har värmeväxlare som är utformad för termofil rötning (även om det blir en relativt lång uppstartsperiod). Vid en övergång till termofil rötning (som endast motiveras av ett eventuellt hygieniseringskrav) bör man se över värmebalansen och eventuellt återvinna värme från slammet. Att värma inkommande slam med utgående slam ger ofta driftproblem. Det är idag svårt att hitta väl fungerande anläggningar som drivs vid hög TS halt (> 5,5 %). Att driva anläggningen med högre TS-halt (som inte är något problem att uppnå med mekanisk förtjockning) är normalt ett mycket bättre alternativ än att försöka återvinna värmen både utifrån driftkostnader och utifrån energibalans på anläggningen.

Anläggningen är i aktuellt förslag utrustad med fosforåtervinning. Om man inte installerar fosforåtervinningen måste man binda fosfor på något sätt, t ex med en dosfällningskemikalie till rötkammaren. Oavsett vilket kommer konceptet att kräva väsentligt mycket mindre kemikalier än en konventionell anläggning. Anläggningen är utformad för att kunna dosera järn till rötkammaren.

Notera att konceptet har kompletteras med läkemedelsrening med ozon efter mellansedimenteringen. Sweco har antagit att det kommer att krävas ett litet biosteg efter tillsats av ozon och till det passar det lilla MBBR-steget utmärkt. Läkemedelsrening genererar höga driftkostnader oavsett lösning, använder man ozon motsvarar elenergikostnaderna direkt på anläggningen och vid produktionen av syrgas hälften av energibehovet på hela det övriga avloppsreningsverket.

Mikroplattor har under det senaste året seglat upp som en stor diskussionsfråga inom VA-Sverige, utifrån om det är något som ska reduceras i reningsverken i framtiden. Med mikroplattor avses normalt plastpartiklar som är mindre än 5 mm eller 5000 µm. Membran (koncept 2) har porstorlek i storleksordningen 0,1 µm medan ett konventionellt skivfilter har en porstorlek på 10–20 µm.

Det som kommer att bli den avgörande frågan är om det är nödvändigt att avskilja de allra minsta mikroplasterna. Ett konventionellt avloppsreningsverk (i synnerhet aktivslam med fällning och filtrering som är föreslaget) avskiljer den allra största delen av den plastmängd som når anläggningen (> 99,9%). Ute i recipienterna tillförs plast från en lång rad mänskliga verksamheter, allt från nedskräpning till dagvatten från bilvägar och konstgräsplaner. Den största tillförseln av de minsta partiklarna kommer alltså från större bitar/partiklar som bryts ner till mindre av mekanisk nötning och UV-ljus, och det gäller även de partiklar som har passerat ett avloppsreningsverk. Som det går att utläsa i konceptstudien, som föregick tillståndsansökan, är det kostsamt att bygga och driva ett reningsverk med membranfiltrering samtidigt som man begränsar och fördyrar andra parametrar och gör övrig miljöpåverkan väsentligt större. Det är alltså viktigt att värdera om denna merkostnad (ekonomi och miljö) motiveras av den effekt det får på recipienten jämfört med andra verksamheters bidrag.

Idag finns ännu inte tillräckligt mycket underlag för att ta beslut om membranrening enbart av den orsaken.