

2024-01-25

UKM, PoP

Susanne Tumlin, Gustaf Ernst

Gryaab AB, Box 8984, 402 74 Göteborg, [031-64 74 00](tel:031-647400), gryaab.se

Bilaga A.07 Bästa möjliga teknik (BMT)



Sammanfattning

Gryaab avser anlägga och driva en verksamhet som baseras på en långsiktigt hållbar avloppsrening. Det innebär att teknikalternativen värderas utifrån ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet. Bästa möjliga teknik innefattar bland annat att uppfylla ett lågt elbehov, lågt kemikaliebehov, låg klimatpåverkan och låg generering av avfall. Därutöver ska tekniken vara robust och ha en låg sårbarhet.

Kravet på att bästa möjliga teknik (BMT) ska användas gäller i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla det och som Miljöprövningsdelegationen (MPD) i Västra Götaland konstaterar i gällande tillståndsbeslut för Ryaverket (som togs i anspråk 2021-01-01) beror vilka utsläppshalter som kan klaras vid ett specifikt avloppsreningsverk på flera faktorer som till exempel anläggningens tekniska utformning, vattnets temperatur och andelen tillskottsvatten. Därav varierar utsläppshalter, själva processtekniken och BMT stort bland Sveriges alla avloppsreningsverk.

Tillskottsvattnet har en betydande inverkan på den totala mängden utsläpp och är en viktig orsak till att utsläppshalterna från nuvarande Ryaverket (Rya 1) inte kan begränsas i nivå med MPDs generella bedömning av vilka begränsningsvärden som bör klaras vid ett större avloppsreningsverk.

Det är en grundförutsättning att de nya anläggningsdelarna (Rya 2) kan fungera tillsammans med Rya 1 och samspelet mellan Rya 1 och Rya 2 kommer vara avgörande för att uppfylla en hållbar avloppsvattenrening.

Gryaab har utrett flera möjliga tekniker för tillbyggnaden och hur de kan samspela med befintliga reningsprocesser. Processteknik med AGS och efterföljande tertiärrening föll bäst ut i hållbarhetsanalyserna, bland annat pga. att det är den energisnålaste och minst sårbara processen, samt uppfyller bäst kraven på BMT.

Gryaabs yrkade begränsningsvärden bedöms inte försämra eller äventyra miljö kvalitetsnormerna för ytvatten och är ekonomiskt och miljömässigt motiverade enligt miljöbalken 2 kap. 7§.

Innehållsförteckning

Bästa möjliga teknik (BMT)	1
Sammanfattning	2
Inledning och bakgrund	5
Definition och tolkningar av BMT	5
BMT i Gryaabs nuvarande tillstånd	5
BMT på Rya 1	6
BMT på Rya 2	7
Processteknik	8
Hållbarhetsanalys	9
Slutsats processteknik	12
Föreslagna begränsningsvärden	13
Alternativa begränsningsvärden för kväve	14
Ekonomiska konsekvenser	15
Recipientbehov	16
Slutsats villkor kväve	17
Alternativa begränsningsvärden för BOD ₇	17
Villkorsuppföljnad av BOD ₇	19
Ekonomiska konsekvenser	19
Recipientbehov	21
Slutsats villkor BOD ₇	21
Alternativa begränsningsvärden för fosfor	22
Ekonomiska konsekvenser	23
Recipientbehov	23
Slutsats villkor fosfor	24
Livscykelkostnader	24

Sammanfattning och slutsatser alternativa begränsningsvärden.....	25
Slutsatser BMT.....	26
Referenser.....	27

Inledning och bakgrund

Befintlig anläggning är anpassad för att klara höga flöden och stora flödesvariationer, till vilket mängden tillskottsvatten är en betydande faktor. Det är tekniskt mycket svårt och orimligt kostsamt att uppnå lägsta möjliga utsläppshalter med sådana flödesförhållanden. Processvalet är därför och har även historiskt varit en kompromiss mellan hög kapacitet, för att undvika förbiledning, och de halter som kan uppnås.

Gryaab har förståelse för att myndigheterna skulle önska utsläpp som motsvarar det som är möjligt i tätorter med mindre tillskottsvatten. Det är därför positivt att Gryaabs ägarkommuner nu planerar åtgärder mot bland annat tillskottsvatten i en omfattning som innebär att flödena till Ryaverket på lång sikt förväntas sjunka, trots ökande befolkning. Det finns dock en risk för att de planerade åtgärderna i ägarkommunerna inte genomförs i den utsträckning som prognostiserats eller har den effekt som beräknats.

Definition och tolkningar av BMT

Enligt miljöbalken 2 kap. 3 § ska bästa möjliga teknik användas med syfte att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. Ekonomiska och miljömässiga avvägningar ska sedan ske med tillämpning av skälighetsregeln i 2 kap.7 § miljöbalken. Uttrycket bästa möjliga teknik inrymmer både den teknik som används och det sätt på vilken anläggningen konstrueras, utformas, byggs, underhålls, leds och drivs samt avvecklas och tas ur bruk.¹

BMT i Gryaabs nuvarande tillstånd

Miljöprövningsdelegationen beskriver i Gryaabs nuvarande tillstånd att deras *generella* bedömning är att ett större avloppsreningsverk ska kunna klara begränsningsvärdena 5 mg/L BOD₇, 0,20 mg/L tot-P och 6 mg/L tot-N som årsmedelvärde om bästa möjliga teknik används.

Kravet på att bästa möjliga teknik ska användas gäller i den utsträckning det inte kan anses orimligt att uppfylla det (se 2 kap. 7 § miljöbalken) och som MPD konstaterar i Gryaabs gällande tillstånd beror vilka utsläppshalter som kan klaras vid ett specifikt

¹ [Bästa möjliga teknik \(2 kap. 3 §\) \(naturvardsverket.se\)](#)

avloppsreningsverk på flera faktorer som till exempel anläggningens tekniska utformning, vattnets temperatur och andelen tillskottsvatten.

Därav varierar utsläppshalter, själva processtekniken och BMT stort bland Sveriges alla avloppsreningsverk. Exempel i Västra Götaland, med liknande recipient som Ryaverket, är Getteröverket i Varberg och Smedjeholms avloppsreningsverk i Falkenberg som har villkor som årsmedelvärde på 10 mg/L kväve och BOD₇ samt 0,3 respektive 0,5 mg/L fosfor. Dessa avloppsreningsverk använder sig av aktivt slam som processteknik för att uppfylla BMT. Ett annat exempel i Västra Götaland men med en helt annan recipient är Hammargård avloppsreningsverk i Kungsbacka som under 2023 fått nytt tillstånd. Deras recipient är den känsliga Kungsbackaån, mynnades i Kungsbackafjorden som även är Natura 2000-område. De framtida begränsningsvärdena blir 6 mg/L kväve, 5 mg/L BOD₇ och 0,2 mg/L fosfor. De kommer använda sig av aktivt slam och aerobt granulärt slam (AGS) som processteknik för att uppfylla BMT.

Exempel på ostkusten med helt andra, känsligare, recipienter och behov, är Käppala på Lidingö och Henriksdal i Stockholm som fått krav som årsmedelvärde på 6 mg/L kväve och 6 respektive 5 mg/L BOD₇ samt 0,20 mg/L fosfor. Henriksdal har därutöver fått krav på 2 mg/L ammonium-kväve som ett medel för april till oktober. Käppala kommer att använda sig av aktivt slam och biofilm på rörliga bärare som processteknik och Henriksdal kommer att använda sig av membranbioreaktorer som processteknik.

Det har således gjorts olika processval även om vattnet blir i princip lika rent. I många fall är det helt andra aspekter än reningsgrad som styr teknikvalet, oftast vad som redan finns och vilka möjligheter till utbyggnad som finns på den specifika platsen.

Ovanstående exempel illustrerar de nödvändiga och rimliga skillnaderna i villkorsutformning och processteknik som behövs för att uppfylla de skilda behov som finns i olika recipienter.

BMT på Rya 1

Flödet till Ryaverket är högt och kraftigt varierande, med stor andel tillskottsvatten. Som exempel; år 2022 stod tillskottsvattnet för 56 % av de 118 miljoner m³ avloppsvatten som nådde Ryaverket.

Tillskottsvattnet har en betydande inverkan på den totala mängden utsläpp och är en viktig orsak till att utsläppshalterna från nuvarande Ryaverket (Rya 1) inte kan begränsas i nivå med MPDs generella bedömning av vilka begränsningsvärden som bör klaras.

Stora investeringar har nyligen gjorts på Ryaverket, de två senaste utbyggnaderna, motsvarande ca 1 miljard kronor, färdigställdes 2010 (skivfilter och efterdenitrifikation) och så sent som 2017/2018 (efternitrifikation och rejektvattenrening). Dessa ökade betydligt kapaciteten att rena kväve och fosfor till lägre halter.

Skivfilteranläggningen är anpassad för att effektivt rena stora flöden per yta jämfört med en konventionell sandfilteranläggning. Fördelen med sandfilter är att den har ett djup och under vattnets passage genom sandlagret fångas även mycket små partiklar upp på det organiska material som redan fastnat på och mellan sandkornen. Ett sandfilter renar alltså ner till en något lägre halt men har en betydligt lägre flödeskapacitet. Tillgänglig yta var inför utbyggnaden av en filteranläggning starkt begränsad på Ryaverket, till skillnad mot andra avloppsreningsverk. På motsvarande yta som för skivfilter skulle alltför mycket vatten ha behövt förbiledas utan filtrering för att sandfiltrering skulle kunnat betraktats som bästa möjliga teknik.

Installerad teknik på Ryaverket har fungerat väl givet de höga och varierande flöden som ska hanteras och krav på begränsningsvärden i tillstånd har alltid uppfyllts. Tekniken med biofilmsprocesser för kväverening och skivfilter för partikelavskiljning är robust, välfungerande, generellt tillämplig i branschen för avloppsvatten med stora flödesvariationer och får anses motsvara bästa möjliga teknik.

BMT på Rya 2

På tillkommande ytor ska nya anläggningsdelar uppföras för att kunna uppnå lägre utsläppshalter i det samlade utgående vattnet från Rya 1 och Rya 2. Detta kommer att ske trots den prognostiserade ökade belastningen från Gryaabs ägarkommuner. Det är en grundförutsättning att de nya anläggningsdelarna kan fungera tillsammans med Rya 1 och samspelet mellan Rya 1 och Rya 2 kommer vara avgörande för att uppfylla en hållbar avloppsvattenrening.

Gryaab har i planerna på tillbyggnaden på Rya 2 tagit i beaktande Länsstyrelsens påpekande att långsiktig hållbarhet är ett viktigt kriterium vilket inte kan uppfyllas med den nuvarande anläggningen (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2019).

Inför start av programmet Nya Rya, år 2019–2020, togs en rapport gällande förutsättningar fram. Det fastslogs att vid val av process ska det göras en värdering utifrån ekonomisk, social och ekologisk hållbarhet, dvs. en hållbarhetsanalys. Förutom god reningsförmåga med marginal till yrkade halt- och mängdvillkor, värderades bland annat följande parametrar högt för den framtida anläggningen:

- Lågt elbehov
- Lågt kemikaliebehov
- Låg klimatpåverkan
- Låg sårbarhet
- Yta som tas i anspråk
- Liten mängd avfall som genereras

Processteknik

Gryaab har utrett flera möjliga reningsprocesser för utbyggnaden och hur de kan samspela med befintliga reningsprocesser. En bred teknikscrening har genomförts där förutom Gryaabs interna experter, även flertalet externa konsulter anlitas från bland annat AFRY, Envidan, Sweco och VattenProjekt. De alternativ som identifierades och undersöktes vidare för en tillbyggnad på Rya 2 listas nedan:

- Aktivt slam (AS)
- Membranbioreaktorer (MBR)
- Aerobt granulärt slam (AGS)
- Biofilmsprocesser (Moving Bed Biofilm Reactor: MBBR)

Förbehandling av avloppsvattnet (galler, sand- och fettfång samt sedimentering), höglödesrening samt slambehandling och rötning kommer vara gemensam för Rya 1 och Rya 2.

Hållbarhetsanalys

För att analysera hur processalternativen förhåller sig till varandra hållbarhetsmässigt har multikriterieanalys (MKA) använts. MKA ger en jämförelse mellan olika alternativ där alla tre hållbarhetsdimensionerna: ekologisk, social och ekonomisk, tas i beaktan. Den specifika varianten av MKA som använts i detta projekt utvecklades inom ramarna för Gryaabs och Chalmers industridoktorandprogram. Metoden tar inspiration från Urban Waters konceptuella ramverk för MKA (Malmqvist et al., 2006).

De kriterier som utvärderats i hållbarhetsanalysen listas i Tabell 1. Kriterium 3 och 10 utgick i denna analys eftersom det inte fanns något underlag som särskilde alternativen. De olika alternativen betygsätts inom varje kriterium på en skala 1–5 och därefter viktas kriterierna för att kunna beräkna ett sammanvägt resultat.

Tabell 1. Kriterier som ingår i hållbarhetsanalysens ekologiska, sociala och ekonomiska dimensioner.

	Dimension	Kriterium	Förklaring
1	Ekologisk	Recipientpåverkan	Recipientpåverkan genom tillförsel av N, P, BOD till recipient.
2	Ekologisk	Elanvändning	Avser el som resurs. Klimatpåverkan från elproduktion är inräknad i kriteriet Klimatpåverkan.
3	Ekologisk	Värmeproduktion	Värme producerad som kan ersätta annan värmeproduktion. Ev. minskad klimatpåverkan är inräknad i kriteriet Klimatpåverkan.
4	Ekologisk	Kemikalieanvändning	Avser kemikalier som resurs. Klimatpåverkan från kemikalieanvändning är inräknad i kriteriet Klimatpåverkan.
5	Ekologisk	Avfall	Mängd avfall som genereras.
6	Ekologisk	Cirkularitet för näringsämnen och andra nyttigheter	Mängd näringsämnen och andra nyttigheter såsom mull som kan återföras till jordbruk.
7	Ekologisk	Klimatpåverkan	Växthuseffekt genom direkt och indirekt tillförsel av växthusgaser till atmosfären.
8	Ekologisk	Övrig miljöpåverkan	Miljöpåverkan som inte täcks in av övriga kriterier.
9	Social	Organisation/juridik	Organisatoriska konsekvenser och ev. juridiska frågor och arbete.
10	Social	Social påverkan	Sociala konsekvenser. Exempel kan vara oetiskt producerat, eller under dåliga arbetsförhållanden producerat, material eller kemikalier.

	Dimension	Kriterium	Förklaring
11	Social	Uppfattning i samhället	Allmänhetens tilltro och ev. farhågor. T.ex. allmänhetens åsikt om markanvändning.
12	Social	Arbetsmiljö	Påverkan på den dagliga arbetsmiljön under bygg- och driftsfas så som smutsigt, fysiskt krävande, buller och transporter (ej säkerhetsrisker).
13	Social	Säkerhet	Säkerhetsrisker som uppkommer, avseende personskador och egendom samt övergripande säkerhetsaspekter.
14	Ekonomisk	Årskostnad för Gryaab (drift, kapital, underhåll)	Årskostnad för Gryaab för drift och kapital.
15	Ekonomisk	Referenser/etablerad teknik	Bedömning av hur etablerad tekniken är.
16	Ekonomisk	Sårbarhet	Sårbarhet vid olika framtida förutsättningar.
17	Ekonomisk	Pålitlighet i drift/Teknisk funktion	Bedömning av hur pålitlig tekniken är i drift och hur tekniskt svår den är.
18	Ekonomisk	Ytanvändning	Ny yta som tas i anspråk.
19	Ekonomisk	Flexibilitet	Bedömning av hur flexibel tekniken är vid olika framtida förutsättningar.

Resultat

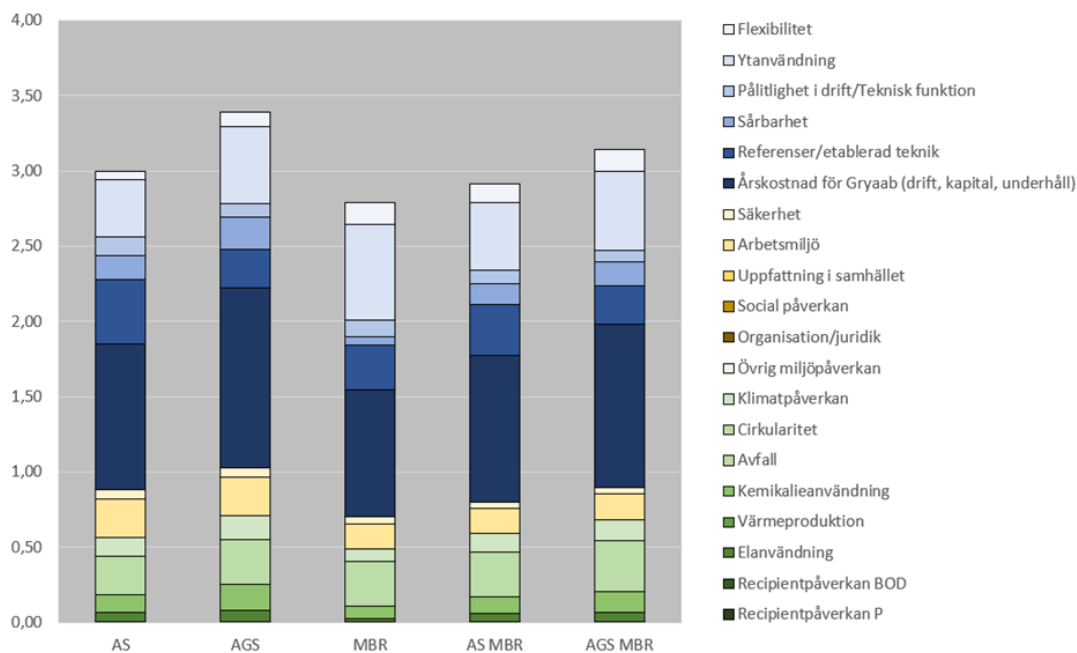
Hållbarhetsanalyser för processval har genomförts i två omgångar, den första 2021 och den andra 2022. I den första hållbarhetsanalysen framstod MBBR som en mindre hållbar helhetslösning än AS och AGS och dessutom saknar den tydliga styrkor som yteffektivitet och reningskapacitet som MBR har. Baserat på detta rekommenderades inte MBBR att utredas vidare som helhetslösning för Ryaverkets tillbyggnation.

I den andra hållbarhetsanalysen, senhösten 2022, analyserades och jämfördes de olika processteknikerna AS, AGS och MBR samt kombinationer av AS och AGS med mindre kompletterande MBR-reaktorer. MBR framstod som det minst hållbara valet då den kräver stora mängder resurser, framför allt i form av el och kemikalier, vilket leder till störst klimatpåverkan. Årskostnaden blev också den högsta. Därutöver fick MBR lågt betyg på kriteriet sårbarhet, avfall (framförallt i form av membranerna som relativt ofta behöver bytas ut) och övrig miljöpåverkan då stora osäkerheter föreligger kring hur avfallet ska hanteras samt att membranerna är gjorda av PVDF som är en typ av PFAS.

AGS föll ut som det mest hållbara teknikalternativet för den nya anläggningen, då det är den resurssnålaste tekniken med betydligt lägre behov av el och kemikalier än övriga alternativ, vilket leder till lägst klimatpåverkan. AGS framstod också som det minst sårbara alternativet då reningstekniken inte är beroende av kemikalier och el för att fungera på samma sätt som framförallt MBR, som helt behöver förbiledas eller stängas av vid uteblivna leveranser av kemikalier. AS framstod som mer hållbar än MBR men mindre hållbar än AGS. Även kombinationsalternativ där AGS eller AS kombineras med en liten MBR-anläggning framstod som relativt hållbara och mer hållbart än ett renodlat AS-alternativ, men mindre hållbart än ett renodlat AGS-alternativ.

Resultaten inklusive samspelet med Rya 1 presenteras i Figur 1. En högre stapel innebär en mer hållbar lösning sammantaget, vilket visar att AGS föll bäst ut i hållbarhetsanalysen.

Ett tiotal känslighetsanalyser har gjorts där konsekvenserna av bland annat ändrat elpris, ökad livslängd för betong, ändrat pris för membran och lägre lustgasutsläpp undersöktes. Därutöver genomfördes också känslighetsanalyser på viktningen. Känslighetsanalyserna ändrade inte resultatet att AGS föll ut som det mest hållbara alternativet med hänsyn tagen till ekologiska, ekonomiska och sociala aspekter.



Figur 1. Resultat av hållbarhetsanalys. Hög stapel innebär högre betyg och bättre behövslösning ur både ekologisk, ekonomisk och social dimension.

Referenser och driftserfarenhet

För AGS finns kring 50 fullskalanläggningar i drift med kommunalt avloppsvatten. En anläggning i Sverige (Strömstad) och utöver det anläggningar i framför allt Nederländerna men även Frankrike, Schweiz, England och Irland. Under 2023 har både Kungsbacka och Aarhus beslutat sig för att bygga AGS-anläggningar. En ofta refererad anläggning med liknande klimatförhållanden och krav, är AGS-anläggningen i Utrecht i Nederländerna. Där renas vatten från ca 350 000 pe med krav på 5 mg N/L och 0,5 mg P/L som årsmedelvärde.

En stor fördel med AGS-processen är att det vid uteblivna kemikalieleveranser går att uppnå hyggliga reningsresultat med hjälp av biologisk fosfor- och kväverening. En MBR-process där kemikalieleveranser uteblir innebär att anläggningen måste stängas av när membranerna inte längre kan hållas rena, då processen drivs med en mycket hög slamhalt som inte kan ledas till utgående tunnel. I MBR-alternativet skulle även stor del av fosfor fällas bort kemiskt, vilket ger ett ökat kemikalieberoende.

Gryaab har i drygt 1,5 år drivit en AGS-pilot vilket har varit en värdefull referens. Driften av piloten har byggt ett starkt förtroende för tekniken.

De flesta utländska referensanläggningar för MBR är mindre och/eller renar inte kommunalt avloppsvatten. Ett fåtal är på gång i Sverige (på Henriksdal och Himmerfjärdsverket), där framförallt den första linjen som tagits i drift i Henriksdal har använts som referens. Det är generellt ovanligt med MBR i Europa, särskilt med långtgående reningskrav. En anläggning det ofta refereras till är Nordkanal i Tyskland som varit i drift sedan 2004. De har dock halter i utgående vatten som är betydligt högre än nuvarande Ryaverket: 0,32 mg/L fosfor och 12 mg/L kväve. I Finland startades det upp en anläggning 2018 som efter omfattande igensättningsproblem med membranerna återgick till konventionell aktivslamprocess. Även på Irland startades en mindre MBR-anläggning upp men energiåtgången och det omfattande underhåll som krävdes ledde till att den togs ur drift igen. MBR-processer designade för olika vatten och syften har dock funnits längre än AGS.

Slutsats processteknik

Processteknik med AGS och efterföljande tertiärrening föll bäst ut i hållbarhetsanalyserna samt uppfyller bäst kraven på bästa möjliga teknik och Gryaabs kravspecifikation.

Erfarenheterna från ca 1,5 års pilotdrift med AGS, under år 2022–2023, har demonstrerat att AGS-tekniken fungerar utmärkt på det avloppsvatten från Göteborgsregionen som renas på Ryaverket.

Planerad utbyggnad och beskrivning av den valda processtekniken AGS redovisas närmare i den tekniska beskrivningen och de förväntade miljökonsekvenserna redovisas i miljökonsekvensbeskrivningen.

Föreslagna begränsningsvärden

Gryaab har tagit Länsstyrelsens meddelande om betydande miljöpåverkan från 21 juni 2023 i beaktande och undersökt flera alternativ för begränsningsvärden (Länsstyrelsen Västra Götaland, 2023). De yrkade begränsningsvärden för BOD₇, tot-N och tot-P samt ytterligare utredda halter för respektive parameter anges i Tabell 2.

Tabell 2. Föreslagna och utredda alternativ för begränsningsvärden.

Parameter	Gryaabs yrkade begränsningsvärden		Utredda alternativa begränsningsvärden
	mg/L som årsmedelvärde	ton/år som rullande treårsmedelvärde	mg/L som årsmedelvärde
BOD₇	7	1300	6, 5 och 4
Tot-N	6	1000	5 och 4
Tot-P	0,2	40	0,15 och 0,10

Alternativa begränsningsvärden för kväve

Då avloppsvattnet består av flera kvävefraktioner (ammonium, nitrat, partikulärt kväve och inert kväve) behöver alla delar som går att minska, minskas rejält, om lägre halter än 6 mg/L som årsmedelvärde ska innehållas. Det inerta kvävet kan utgöra upp till 1,5 mg/L vilket gör att det krävs långtgående nitrifikation och denitrifikation för att komma ner till riktigt låga nitrat- och ammoniumhalter, även vid flödes-, temperatur- och belastningsvariationer i inkommande avloppsvatten. Även partikelavskiljningen måste fungera väl för att säkerställa att halten av de suspenderade ämnena är mycket låg då de innehåller 5–7 % bundet kväve.

Ytterligare en begränsande faktor blir högflödesperioderna då det inte finns några tekniker för högflödesrening som kan avskilja kväve i större omfattning. Ett lägre begränsningsvärde ger också en minskad säkerhetsmarginal då den teoretiska gränsen för tekniken närmas. Det innebär att reningen måste vara mycket långtgående alla normala dagar på året för att kompensera för dagar med sämre förutsättningar eller onormal belastning.

Att dimensionera anläggningen på Rya 2 för att det samlade utsläppet ska klara 5 mg N/L innebär en större anläggning. Dessutom så behöver både Rya 1 och Rya 2 drivas med mer dosering av extern kolkälla, som ökar klimatpåverkan. Dock har AGS som teknik generellt lägre driftkostnad än dagens Ryaverket. Totalt blir kostnaden per år ändå betydligt högre även om Rya 2 behandlar en större andel av avloppsvattnet.

Att närma sig ett villkor för kväve på 4 mg/L bör vara teoretiskt möjligt med tillsats av ännu mer kolkälla och el. Dessutom kommer troligen de biologiska volymerna behöva ökas vilket medför stora kostnadsökningar. Rya 1 behöver avlastas betydligt, uppskattningsvis med en anläggning på Rya 2 för minst 6 m³/s. Det är på gränsen för vad som får plats på den yta Gryaab har att tillgå för tillbyggnationen. Utöver detta behöver kvävehalten från Rya 2 sänkas med ytterligare ca 1 mg/L med hjälp av ännu mer extern kolkälla. Dessa förändringar förväntas ge en teoretiskt beräknad utgående kvävehalt på 3,8 mg/L som årsmedelvärde. Det är mindre marginal än vad som krävs för drift av ett avloppsreningsverk, då det till skillnad från en processindustri som kan stoppa processen, behöver kunna hanteras vad som tillförs reningsverket dygnet runt, året runt. Att säkerhetsmarginalen minskar i denna utsträckning är inte önskvärt.

Ekonomiska konsekvenser

Ett *begränsningsvärde* på 5 mg/L innebär ytterligare ca 160 miljoner kr i investering och ökade årskostnader med drygt 7 miljoner kr per år. Dock har AGS som teknik generellt lägre driftkostnad än vad Ryaverket som det är idag har och vid en större byggnation av AGS på Rya 2 (som kan ta större andel av vattnet) minskar därmed de totala driftkostnaderna något.

En ytterligare skärpning av kvävekravet till 4 mg/L innebär mindre marginal än vad som krävs för drift av ett avloppsreningsverk och är därmed att betrakta som ej möjligt. Om en ansats till bedömning av ekonomisk konsekvens ändå ska göras bedöms att investeringen ökar med knappt 750 miljoner kr och årskostnaden med knappt 30 miljoner jämfört med den dimensionerade anläggningen.

Observera att investeringskostnad och kapitalkostnad enbart innehåller specifika delar för processen på Rya 2, hela investeringen i Nya Rya kommer att vara betydligt högre.

Driftkostnaden inkluderar de delar av Rya 1 och Rya 2 som kan skilja sig mellan olika alternativ och är således inte komplett, exempelvis inkluderas inte inloppspumpning eller kostnader för drift av fastigheter, men det ger en bild över hur kostnaderna kan skilja mellan alternativen. Se Tabell 3.

Tabell 3. Ekonomiska konsekvenser för att innehålla alternativen begränsningsvärden på kväve. Observera att marginalen till ett krav på 4 mg/L är mindre än vad som krävs för drift av ett avloppsreningsverk, dvs. inte gångbart, och har därav gränsmärkats.

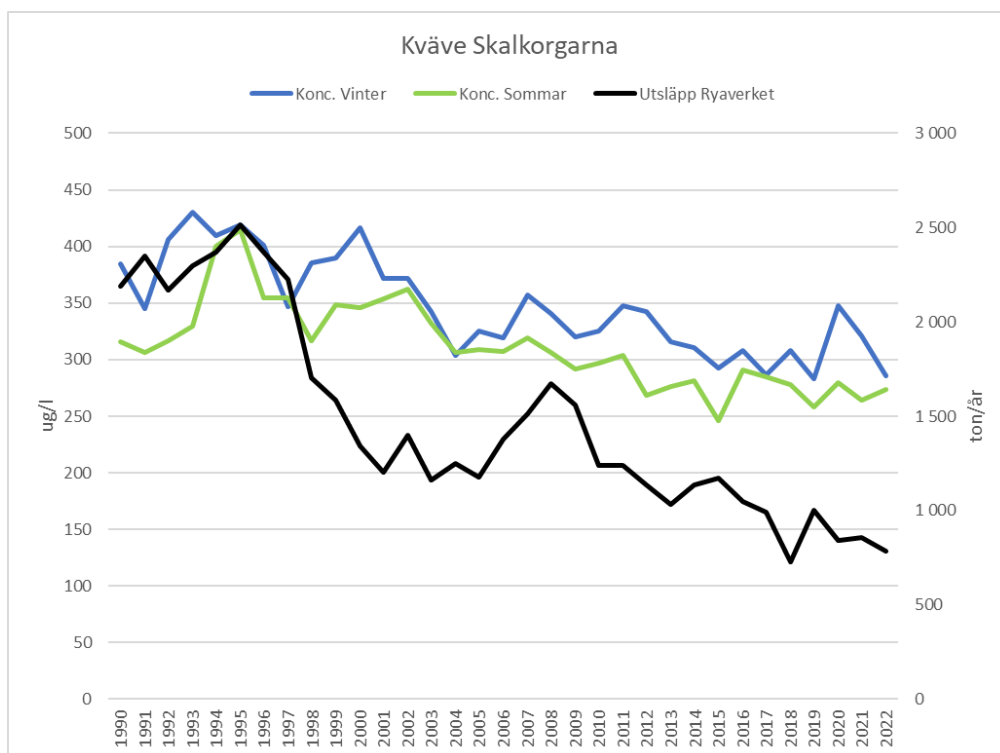
	Teknik	Villkor kväve	Flödeskapacitet	Årskostnad	Driftkostnad	Investeringskostnad
Dimensionerad anläggning	AGS	6 mg/L	4,2 m ³ /s	121 miljoner kr/år	50 miljoner kr/år	1,7 miljarder
Alternativ utformning	AGS	5 mg/L	5 m ³ /s	Ytterligare 7,3 miljoner kr/år	Ytterligare ca 640 000 kr/år	Ytterligare 157 miljoner kr

	Teknik	Villkor kväve	Flödes- kapacitet	Årskostnad	Drift- kostnad	Investerings- kostnad
Alternativ utformning	AGS	4 mg/L	6,5 m ³ /s	Ytterligare 20 miljoner kr/år	Minskar med 4,8 miljoner kr/år	Ytterligare 590 miljoner kr

Recipientbehov

Skillnaden i tillskottet av näringsämnen (både kväve och fosfor) mellan nuläge och ansökt verksamhet kommer inte medföra en förändrad klassning i recipienten. Detta då det är långt till den nedre klassgränsen och skillnaden i haltbidrag, vid övervakningsstationen Skalkorgarna, mellan nuläget och ansökt verksamhet är mycket liten. För ytterligare detaljer, se recipientutredningen.

Utsläppen av kväve från samhället via Ryaverket har minskat stadigt de senaste decennierna, medan koncentrationen i recipienten varit likartad de senaste 10 åren. Se Figur 3 där halten av totalkväve vid övervakningsstationen Skalkorgarna visas de senaste drygt 30 åren, tillsammans med utsläpp av kväve via Ryaverket.



Figur 2. Halt av kväve vid Skalkorgarna relativt utsläpp av kväve från sambället via Ryaverket.

Slutsats villkor kväve

Ytterligare skärpta krav på halter av kväve utöver det yrkade begränsningsvärdet på 6 mg/L innebär ökade osäkerheter, ökade investerings- och årskostnader, ger mindre säkerhetsmarginal och innebär en ökning av elanvändning, kemikalier och klimatpåverkan.

Det yrkade begränsningsvärdet på 6 mg tot-N/L är ett rimligt och väl avvägt villkor i linje med recipientens behov.

Alternativa begränsningsvärden för BOD₇

Vid rening av näringsämnen på Rya 2 kommer innehållet av organiska ämnen (BOD₇) automatiskt att bli lågt, då långtgående rening av kväve kräver organiska ämnen. Samtidigt säkras tertiärrening en hög avskiljning av suspenderade ämnen, och därmed också BOD₇. Det innebär att det finns möjligheter att totalt sett med Rya 1 och Rya 2 uppnå lägre halter än dagens 10 mg/L, ner till 7 mg/L som är det yrkade begränsningsvärdet. Rya 1 kommer dock att behövas för att hantera de stora flödesvariationerna, och möjligheterna

att uppnå lägre halter på Rya 1 i nuvarande utformning är mycket begränsade då Ryaverket till skillnad från till exempel anläggningarna vid Henriksdal och Käppala har mycket mindre volymer att använda till reduktion av organiskt material. Rya 2 kan heller inte kompensera för hela den volym som behandlas på Rya 1 där inte lika låga halter kan uppnås på grund av att aktiv slamläggningen har kort slamålder.

Ett hårdare BOD₇-villkor bedöms påverka anläggningens utformning på Rya 2 då större volymer behöver byggas på den begränsade markyta som finns att tillgå, vilket medför ökade kostnader. Teknikskifte behöver inte genomföras, men Gryaab kommer att behöva öka marginalerna vid dimensioneringen av anläggningen. Detta medför förutom ökade kostnader även minskad flexibilitet för utbyggnad på den begränsade yta som Gryaab förfogar över i framtiden.

AGS-teknik med efterföljande skivfilter har vid dimensionering bedömts kunna uppnå 5 mg BOD₇/L ut från Rya 2. Pilottester 2022–2023 visar på att halter ner mot 3 mg/L kan uppnås med det nuvarande avloppsvattnet, beroende på förbehandling. Både aktivt slam och MBR-teknik ska enligt Gryaabs anlitate konsulter kontinuerligt kunna uppnå lägre halter än 3 mg BOD₇/L (även om det för MBR inte har kunnat presenteras några fullskalereferenser för detta).

Ett begränsningsvärde på 5 mg/L i det samlade utsläppet bedöms riskera att annan process behövs på Rya 2. Att rena vattnet med MBR i stället för AGS på Rya 2 innebär mycket stora konsekvenser både ekonomiskt och miljömässigt. AGS bedöms vara den mest hållbara tekniken inte bara för dess låga driftkostnader utan också dess låga klimatpåverkan och låga sårbarhet. Aktivt slam på Rya 2 är uteslutet vid dessa hårda krav på grund av ytbehovet.

Eftersom BOD-halten ut från MBR är låg kan teoretiskt en anläggning för 4,0 m³/s på Rya 2 tillsammans med nuvarande Rya 1 troligen klara ett krav på 5 mg/L. Det innebär dock följande nackdelar:

- En anläggning med en MBR för 4,0 m³/s kan troligen klara ett BOD₇-villkor på 5 mg/L men inga fördelar för kväve fås. Denna anläggning kommer inte släppa ut lika låga halter av kväve som en motsvarande anläggning med AGS.

- Den lägre flödeskapaciteten för MBR innebär mer förbiledning av de biologiska stegen.
- En AGS anläggning kommer avlasta Rya 1 bättre än en MBR anläggning.
- En MBR för 4,0 m³/s kommer att ha högre kostnad för både drift och kapital än en motsvarande anläggning med AGS.

Villkorsuppföljnad av BOD₇

Analysosäkerheten för BOD₇ är stor och Gryaabs anlitade laboratorium har 3 mg/L som detektionsgräns. När halterna närmar sig detektionsgränsen får det stort genomslag när 3 mg/L rapporteras eller <3 mg/L som då rapporteras som 1,5 mg/L. Laboratoriet har vid BOD₇ analyser också en mätosäkerhet på 30 %, därav rapporteras analysresultaten i heltal. Ett ytterligare problem är att det verkar förekomma systematiska skillnader mellan olika laboratorier, dvs. att olika laboratorier rapporterar olika analysvar på samma prov. Enligt Gryaabs kartläggning våren 2021 är skillnaden på analysresultaten mellan två olika laboratorier större än mätosäkerheten. Sammanfattningsvis så innebär så låga *begränsningsvärden* för BOD₇ på 4 eller 5 mg/L en problematisk och möjligen till och med rättsosäker villkorsuppföljnad.

Ekonomiska konsekvenser

Ett skärpt krav på BOD₇ till 6 mg/L skulle innebära en ökning av marginalerna för dimensionering av Rya 2, dvs. ökad investeringskostnad för anläggningen.

Kostnadskalkylerna innefattar stora osäkerheter men enligt Gryaabs bedömning skulle investeringen behöva öka med ca 157 miljoner. Driftkostnaden sjunker något eftersom AGS är en mer resurs- och kostnadseffektiv teknik än nuvarande Ryaverket, men kapitalkostnaden för den ökade investeringen gör att årskostnaden ändå ökar med ca 3,7 miljoner kr per år.

För att innehålla ett begränsningsvärde på 5 mg BOD₇/L i det samlade utsläppet av Rya 1 och Rya 2 skulle ett teknikskifte behöva göras, motsvarande en MBR anläggning på 4,0 m³/s. I en MBR anläggning är en mycket större del av investeringen utrustning med kortare livslängd än för AGS, det medför att reinvesteringar kommer behöva göras i större utsträckning, och tidigare, än för AGS. I sin tur leder detta till att kapitalkostnaden för MBR är betydligt högre än AGS trots att den initiala investeringen skulle kunna vara lägre. Utöver detta så är driftkostnaden för en MBR anläggning betydligt högre än för en

AGS pga. den höga resursförbrukningen. Investeringskostnaden skulle kunna minska med upp till 180 miljoner medan årskostnaden ökar med ca 40 miljoner per år och driftkostnaden ökar med 22 miljoner kr per år. Därtill kommer den problematiska villkorsuppföljningen, beskriven i tidigare avsnitt.

Ett begränsningsvärde på 4 mg/L är i det närmaste omöjligt att nå med tanke på de stora osäkerheterna som föreligger kring analyserna och rapporteringen samt de stora skillnaderna mellan laboratorierna. Om en ekonomisk bedömning ändå ska göras så kvantifieras den till ca 250 miljoner högre investeringskostnad och ca 16 miljoner kr per år högre årskostnad, varav ca 1,5 miljoner kr per år driftkostnad. Detta förutsatt att kvävehalten fortsatt är 6 mg/L som krav på årsmedelvärde.

Observera att investeringskostnad och kapitalkostnad enbart innehåller specifika delar för processen på Rya 2, hela investeringen i Nya Rya kommer att vara betydligt högre. Driftkostnaden inkluderar de delar av Rya 1 och Rya 2 som kan skilja sig mellan olika alternativ och är således inte komplett, exempelvis inkluderas inte inloppspumpning eller kostnader för drift av fastigheter, men det ger en bild över hur kostnaderna kan skilja mellan alternativen. Se Tabell 4.

Tabell 4. Ekonomiska konsekvenser vid alternativ utformning jämfört med den planerade utformningen. Så låga begränsningsvärden som 5 eller 4 mg BOD₇/L innebär problematisk villkorsuppföljning och är därav grämarkerade.

	Teknik	Villkor BOD₇	Flödes- kapacitet	Årskostnad	Drift- kostnad	Investerings- kostnad
Dimensionerad anläggning	AGS	7 mg/L	4,2 m ³ /s	121 miljoner kr/år	50 miljoner kr/år	1,7 miljarder
Alternativ utformning	AGS	6 mg/L	4,6 m ³ /s	Ytterligare 3,7 miljoner kr/år	Minskar med 2,9 miljoner kr/år	Ytterligare ca 157 miljoner

	Teknik	Villkor BOD ₇	Flödes- kapacitet	Årskostnad	Drift- kostnad	Investerings- kostnad
Alternativ utformning	MBR	5 mg/L	4,0 m ³ /s	Ytterligare 40 miljoner kr/år	Ytterligare 22 miljoner kr/år	Minskar med ca 181 miljoner
Alternativ utformning	MBR	4 mg/L	4,6 m ³ /s	Ytterligare 16 miljoner kr/år	Ytterligare 1,5 miljoner kr/år	Ytterligare ca 251 miljoner

Recipientbehov

I recipientutredningen konstateras att den syrgasförbrukning som nedbrytning av BOD₇ från Ryaverket ger upphov till inte påverkar syrgaskoncentrationen i recipienten förutom i ett mycket litet område. Skillnaderna mellan nuvarande verksamhet och ansökt verksamhet konstateras vara små med hänsyn till syrgashalter.

Sammantaget bedöms ansökt verksamhet inte påverka statusen för kvalitetsfaktorn syrebalans i kustvatten och vatten i övergångszon i varken vattenförekomsten Rivö fjord nord eller angränsande vattenförekomster Rivö fjord syd och Dana fjord, och inte heller påverka möjligheterna att nå/upprätthålla vattenförekomsternas status avseende kvalitetsfaktorn.

Det är viktigt att notera att syrekoncentrationen inte bedöms vara lägre än 4 ml/L för något scenario. Det är först när syrgashalten är lägre än referensvärdet (3,5 ml/L) som en klassning genomförs. Ryaverkets utsläpp, oavsett scenario, bedöms inte påverka recipienten i den utsträckning att syrehalten understiger 3,5 ml/L.

Slutsats villkor BOD₇

Ytterligare skärpta krav på halter av BOD₇ utöver det yrkade begränsningsvärdet på 7 mg/L innebär investerings- och driftskostnader långt över vad som krävs enligt recipientutredningen. Det skulle ge mindre säkerhetsmarginal och innebär en

problematiske villkorsuppföljnad när analysosäkerheten är stor och detektionsgränsen hög för just denna parameter. Det finns heller inget som tyder på att det finns ett recipientbehov av ytterligare minskning än den yrkade, dvs. från dagens 10 mg/L till 7 mg/L.

Därmed bedöms det yrkade begränsningsvärdet på 7 mg BOD₇/L som årsmedelvärde vara ett rimligt villkor.

Alternativa begränsningsvärden för fosfor

Att uppfylla ett begränsningsvärde för tot-P på 0,15 mg/L på årsbasis är en stor utmaning för framtida Ryaverket. Det skulle kräva en betydligt större anläggning på Rya 2 och mycket hög dosering av fällningskemikalier, och även vid en hög dos av fällningskemikalier kan detta krav inte enkelt uppfyllas. Ökad fällningsdos betyder även att behovet av kemikalier för rengöring av skivfilter ökar markant. Sammantaget leder det till, förutom ett ökat kemikaliebehov och de relaterade kostnaderna det innebär, ökad klimatpåverkan och ökad sårbarhet då kemikalieberoendet ökar.

En ytterligare skärpt kravnivå ner till 0,10 mg tot-P/L är så låg att för att kompensera för de något högre halterna ut från förbiledning och direktfällning vid höga flöden skulle fosforhalten ut från de biologiska processerna behöva vara 0,08 mg tot-P/L. Det är eventuellt möjligt vid ideala förhållanden och vid normalflöden och är ofta vad som benämns som LOT (Limit of Technology). Men det finns mycket begränsad erfarenhet av reningsprocesser för avloppsvatten med så pass låga villkor för fosfor. Det är en stor risk att driva anläggningen så nära villkoret, det räcker då med mycket små förändringar för att överskrida haltvillkoret. Inte sällan ligger dessutom uppnåendet av väldigt låga fosforhalter i konflikt med kvävereningen som sker biologiskt och är beroende av tillräckliga fosforhalter, vilket kan leda till ökat behov av fosforsyradosering. I kalla klimat blir problemet än större då kvävereningen är kraftigt temperaturberoende.

Ett reningsverk behöver alltid ha rimliga säkerhetsmarginaler för att kunna hantera flödesvariationer. En marginal som kommer vara närmare obefintlig vid villkor på 0,15 eller 0,10 mg tot-P/L, det innebär att begränsningsvärden enbart kan innehållas vid optimala driftförhållanden.

Ekonomiska konsekvenser

Utöver de tekniska begränsningarna innebär rening ner till 0,15 mg/L tot-P en ökad investering om ca 900 miljoner och en ökad årskostnad om ca 30 miljoner om året.

Om fosforkrav på 0,15 mg/L ska kombineras med BOD krav på 5 mg/L krävs ett tekniskskifte till MBR, vilket ökar investeringen med ca 730 miljoner kr och årskostnaden med ca 87 miljoner kr/år jämfört med den planerade anläggningen.

Observera att investeringskostnad och kapitalkostnad enbart innehåller specifika delar för processen på Rya 2, hela investeringen i Nya Rya kommer att vara betydligt högre.

Driftkostnaden inkluderar de delar av Rya 1 och Rya 2 som kan skilja sig mellan olika alternativ och är således inte komplett, exempelvis inkluderas inte inloppspumpning eller kostnader för drift av fastigheter, men det ger en bild över hur kostnaderna kan skilja mellan alternativen. Se Tabell 5.

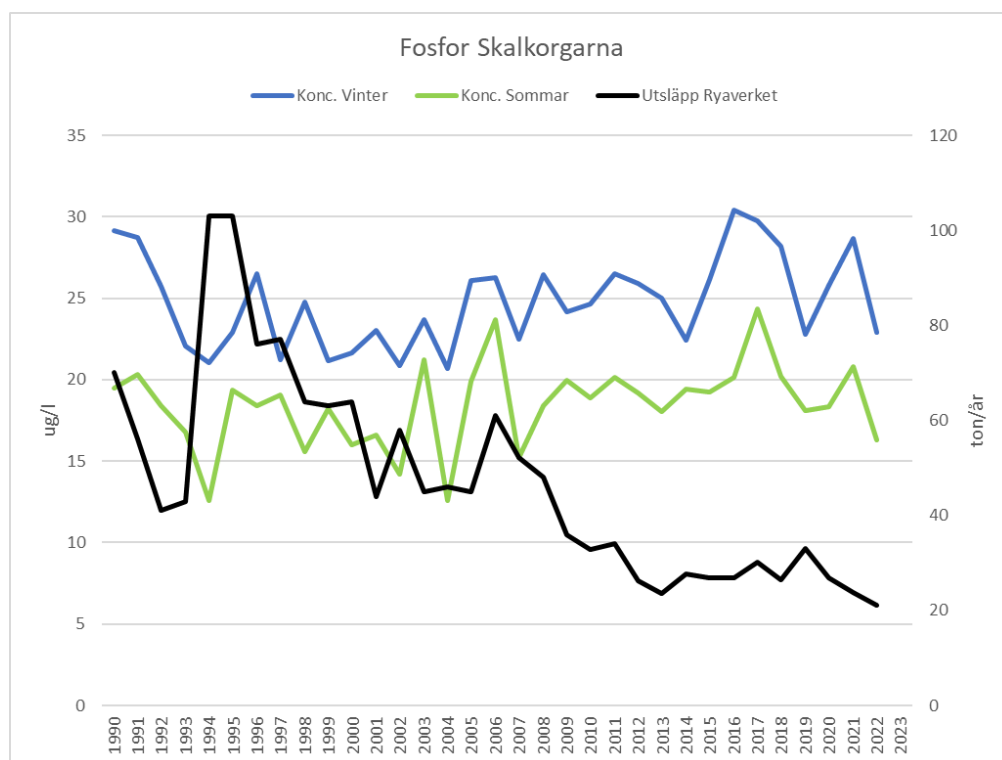
Tabell 5. Ekonomiska konsekvenser vid alternativ utformning jämfört med den planerade. Så låga begränsningsvärden som 0,15mg/L innebär tekniska svårigheter och är därav grämarkerade.

	Teknik	Villkor fosfor	Flödeskapacitet	Årskostnad	Driftkostnad	Investeringskostnad
Dimensionerad anläggning	AGS	0,2 mg/L	4,2 m ³ /s	121 miljoner kr/år	50 miljoner kr/år	1,7 miljarder
Alternativ utformning	AGS	0,15 mg/L	6,5 m ³ /s	Ytterligare 29 miljoner kr/år	Minskar med 8,7 miljoner kr/år	Ytterligare 904 miljoner kr

Recipientbehov

Precis som för kväve och BOD₇ innebär skillnaden mellan nuläge och ansökt verksamhet inte någon förändrad klassning i recipienten. Detta då det är långt till den nedre klassgränsen och skillnaden i haltbidrag mellan nuläget och ansökt verksamhet är mycket liten vid övervakningsstationen Skalkorgarna.

Det finns inget som pekar på att utsläpp av fosfor via Ryaverket korrelerar med koncentrationen i relevanta övervakningsstationer och därmed finns det inte heller något som tyder på någon mätbar miljönytta med ytterligare sänkta utsläpp av fosfor. Trots minskade utsläpp från Ryaverket sedan 1990-talet, har inte koncentrationen i recipienten minskat. Se Figur 3 där halten av fosfor i referenspunkten Skalkorgarna visas de senaste drygt 30 åren, tillsammans med utsläpp av fosfor från samhället via Ryaverket.



Figur 3. Halt av fosfor vid Skalkorgarna relativt utsläpp av fosfor från samhället via Ryaverket.

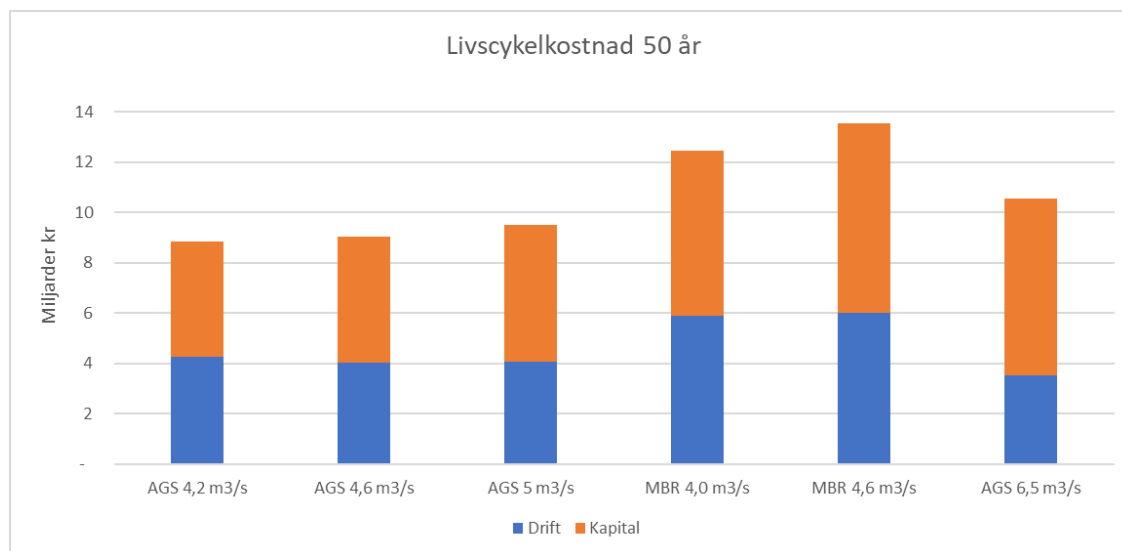
Slutsats villkor fosfor

Ytterligare skärpta krav på halter av tot-P saknar betydelse för koncentrationen i recipienten, innebär investerings- och driftkostnader långt över vad som krävs och ger mindre säkerhetsmarginal och innebär en betydande ökning av elanvändning, kemikalier och andra fossila resurser så som plast samt ger upphov till mer avfall.

Livscykelkostnader

Då det är stora skillnader i investering, reinvestering och driftkostnader mellan de alternativa anläggningarna och den dimensionerade, har den totala kostnaden över 50 år

beräknats. Räntan har antagits vara 2,5 %, inflationen 2 % och en viktad ekonomisk livslängd för de ingående kostnadsposterna har använts, inkluderande de reinvesteringar som behöver göras över denna tidshorisont. Resultatet visar att MBR-anläggningarnas livscykelkostnader är många miljarder dyrare än motsvarande AGS-alternativ. Se Figur 4.



Figur 4. Livscykelkostnad beräknat på 50 år för de alternativa anläggningarna jämfört med den dimensionerade. Observera enheten miljarder kronor på y-axeln.

Sammanfattning och slutsatser alternativa begränsningsvärden

Alternativa begränsningsvärden har utretts där en del är så strikta att de ger mindre marginal än vad som krävs för drift av ett avloppsreningsverk och kan därmed rimligtvis inte genomföras. Andra innebär betydande påverkan på dimensionering, investeringskostnad och ger en ökning av elanvändning, kemikalier, klimatpåverkan samt ökar sårbarheten för Gryaab.

I recipientbedömningen konstateras att ansökt verksamhet inte äventyrar möjligheten att uppnå fastställda kvalitetskrav (normer) för vare sig ekologisk eller kemisk status. Det kan också konstateras att ansökt verksamhet inte medför någon skillnad i klassning för någon av kvalitetsfaktorerna och att någon otillåten försämring i enlighet med 5 kap. 4 § MB inte sker.

Yrkade begränsningsvärden är de rimligaste utifrån en avvägning mellan vad som är tekniskt möjligt enligt miljöbalken 2 kap. 3§ och ekonomiskt rimligt och miljömässigt

motiverat enligt miljöbalken 2 kap. 7§ samt vad som inte leder till en otillåten påverkan på miljökvalitetsnormer för recipienten.

Slutsatser BMT

BMT på framtida Ryaverket (dvs. Rya 1 och Rya 2 tillsammans) innebär att det är möjligt att uppfylla följande begränsningsvärden som årsmedelvärde:

- 7 mg/L BOD₇
- 0,2 mg/L tot-P
- 6 mg/L tot-N

Samt följande begränsningsvärden som rullande treårsmedelvärden:

- 1300 ton BOD₇
- 40 ton tot-P
- 1000 ton tot-N

med AGS som processteknik. Dessa halter äventyrar inte miljökvalitetsnormerna i ytvatten och är ekonomiskt och miljömässigt motiverat enligt miljöbalken 2 kap. 7§.

Referenser

Malmqvist P-A., Heinicke, G., Kärrman, E., Stenström, T.A., Svensson, G.,
(2006). Strategic Planning of Sustainable Urban Water Management, IWA Publishing,
London, U.K.

Länsstyrelsen Västra Götaland. Yttrande över Gryaab:s ansökan om tillstånd till
Ryaverkets avloppsreningsverk i Göteborgs kommun. 2019-02-20.

Länsstyrelsen Västra Götaland. Meddelande om betydande miljöpåverkan 2023-06-21.