



Underlag för konsekvensbedömning av skärpta kvävereningskrav i reviderat avloppsdirektiv

Andriy Malovanyy, Linda Kanders, Mikael Olshammar

IVL Svenska Miljöinstitutet

Avtal: 242-22-008

På uppdrag av Naturvårdsverket

Avtal: 242-22-008

På uppdrag av Naturvårdsverket

Publicering: www.smed.se

Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Adress: 601 76 Norrköping

Startår: 2006

ISSN: 1653-8102

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL Svenska Miljöinstitutet, Statistikmyndigheten SCB, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete. På uppdrag av Naturvårdsverket samt Havs- och vattenmyndigheten säkerställer SMED framtagandet av underlag till Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall, farliga ämnen, buller samt åtgärder. Syftet med SMED-samarbetet är främst att utveckla och driva nationella emissionsdatabaser, samt att tillhandahålla olika tjänster relaterade till dessa för nationella, regionala och lokala myndigheter. Mer information finns på SMED:s webbplats www.smed.se.

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Naturvårdsverket. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från Naturvårdsverkets sida.

Innehåll

Innehåll.....	4
Sammanfattning	5
Bakgrund	8
Förslag till ändrat avloppsdirektiv inom EU	8
Syfte	8
Metod	9
Indelning i grupper	9
Processval, avgränsningar och antaganden	11
Investeringskostnad.....	14
Driftkostnad	16
Klimatpåverkan	17
Resultat och diskussion.....	18
Investeringskostnad.....	18
Total kostnad.....	22
Klimatpåverkan	26
Andra konsekvenser	27
Osäkerheter	34
Slutsatser	36

Sammanfattning

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI.

SMED har inom projektet utvärderat förslag på ändring av EU:s avloppsdi- rektiv avseende skärpta kväverenskav. Som indata i projektet användes underlag från Svenska Miljörapporteringsportalen (SMP) med reningsver- kens egna uppgifter sammanställda av Naturvårdsverket, inkluderande alla aktuella reningsverk, deras belastning, vattenvolym samt utsläpp under 2020.

Reningsverken delades in i fyra grupper beroende på deras förutsättningar och ombyggnadsbehov. Grupp 1 bestod av reningsverk som släpper ut vat- ten till Bottenviken och Bottenhavet och som inte har någon fungerande kväverening idag. Det antogs att dessa reningsverk byggs om från aktiv- slamprocessen till MBBR-processen i befintliga och nya volymer. Grupp 2 bestod av de reningsverk som till stor del är beroende av naturlig retention av kväve på väg till havet. Dessa reningsverk antogs ha en högre vattentem- peratur och byggas om på samma sätt som de i grupp 1, dock med mindre behov av nya bassängvolymer. Grupp 3.1 bestod av reningsverk som tar emot belastning > 100 000 pe och redan har kvävekrav, dock inte lika om- fattande som enligt förslaget. Dessa reningsverk antogs byggas om till MBR i befintliga volymer. Den sista gruppen, och den största till antal, grupp 3.2, bestod av reningsverk som redan har kvävekrav men är mindre än 100 000 pe. Dessa reningsverk antogs kompletteras med efterdenitrifikation i en MBBR samt skivfilter.

Investeringskostnad för flera typiska reningsverk tillhörande varje grupp togs fram av SMED med användning av kalkyler tillhandahållna av Mitts- verige Vatten och Avfall (MSVA) samt nya kalkyler som tagits fram av Sweco som underkonsulter inom projektet. Tillkommande driftkostnader och utsläpp av växthusgaser beräknades schablonmässigt. Kostnader och ut- släpp uttryckta per belastning i pe, kväverenkingsbehov i kg N eller hydrau- lisk kapacitet i m³/h extrapolerades från de typiska reningsverken till alla re- ningsverk i gruppen för att ta fram total kostnad och utsläpp per grupp och för hela Sverige.

Genomgång av utsläppsdata för alla svenska reningsverk visade att 161 av 179 reningsverk som tar emot vatten från tätorter större än 10 000 pe eller nära den gränsen behöver byggas om som en direkt konsekvens av före- slagna skärpta krav i nya avloppsdi- rektivet. Dessa reningsverk renar vatten från ca hälften av Sveriges befolkning. Om även pågående eller planerad ombyggnad av fem reningsverk i Stockholm och Göteborg räknas in

kommer ca 70 % av hela Sveriges reningsverkskapacitet att behöva byggas om inom loppet av 13 år. Det kommer innebära stora utmaningar med att klara den tuffa tidsplanen, men även stora kostnader för samhället.

Total investeringskostnad för alla ombyggnationer uppskattas till 20,5 miljarder kronor. Hårdare reningskrav och mer avancerad reningsprocess innebär även väsentlig ökning av elförbrukning och användning av extern kolkälla, som vanligtvis produceras av naturgas eller andra fossila råvaror. Total tillkommande årskostnad, som inkluderar kapitalkostnader, ökad förbrukning av energi och kemikalier samt förstärkt personalstyrka beräknats till 1,8 miljarder kronor per år.

Det finns stora skillnader i de tillkommande kostnaderna för olika reningsverk med olika förutsättningar. Kostnad per pe är högst för små reningsverk i Norrland ($> 1\ 000$ kr/år, pe) medan den är lägst för medelstora och stora reningsverk i södra Sverige (< 100 kr/år, pe). Även specifika kostnaden för reduktion av 1 kg N varierar kraftigt för olika reningsverk och uppgår till $> 1\ 000$ kr/kg N för de små reningsverk som renar kväve bra redan idag.

Införande av de skärpta kvävekraven förväntas öka Sveriges utsläpp av växthusgaser med 38 000 ton CO₂ekv/år, exklusive indirekta utsläpp förknippade med ombyggnation av reningsverken, så som nya betongkonstruktioner, ledningsdragningar och ny utrustning. Det är en av de största skillnaderna jämfört med EU:s konsekvensanalys där utsläppen av växthusgaser förväntas minska som ett resultat av hårdare kvävekrav.

Beräkningar i denna rapport är gjorda på schablonmässigt sätt och det finns stora osäkerheter i de presenterade siffrorna. Osäkerheten bedöms till ± 50 - 60% . Det beror på att alla reningsverk är unika och har egna förutsättningar som gör att förbättring av kväverening kan kräva större eller mindre ombyggnationer. Det är även svårt att avgränsa vilka kostnader som ska räknas in som direkt orsakade av hårdare kvävekrav och vilka som skulle uppkomma oavsett kvävekravet, exempelvis renovering av bassänger och byte av äldre utrustning, ombyggnad av processen för att öka kapaciteten, polerande filtrering som behövs för långtgående kväverening men även för att uppfylla allt hårdare fosforkrav och förbehandla vattnet inför införande av läkemedelsrening.

Trots stora osäkerheter stämmer SMED:s bedömning ganska bra överens med den bedömning som Svenskt Vatten har gjort tidigare. EU-kommissionens konsekvensbedömning till föreslagna krav presenterar dock en mycket mer positiv bedömning där kostnader är mycket lägre och att nya krav leder till minskad klimatpåverkan. Vid närmare kontroll av EU-kommissionens bedömning kan det konstateras att det finns stora brister i de

antaganden som ligger till grund för bedömningen. Som ett exempel antogs att de reningsverk som redan har fungerande kväverening och reducerar kväve till 10-15 mg/l kan uppfylla även de föreslagna kraven utan någon ombyggnad och utan dosering av extern kolkälla.

Nyckelord: avloppsreningsverk, kväverening, EU-direktiv

Bakgrund

Ett förslag till ändring av idag gällande avloppsdirektiv lades fram av EU-kommissionen under oktober 2022¹ (kallas vidare för ”förslaget till avloppsdirektiv”). SMED har fått i uppdrag av Naturvårdsverket att ta fram underlag för konsekvensanalys av direktivets införande i förslaget format vad som gäller skärpta krav avseende kväverening. Underlaget ska innehålla beräkningar av investeringskostnader för olika grupper av reningsverk, bedömningar av driftkostnader samt andra parametrar, som ökad användning av kemikalier, ökad energianvändning, förändring av direkt och indirekt klimatpåverkan från avloppsvattenrening.

Förslag till ändrat avloppsdirektiv inom EU

Förslaget till avloppsdirektivet innehåller skärpta krav med avseende på kväve. Olika former av reglering har berörts, t.ex. generella kravskärpningar, naturlig retention av kväve i vattendrag på väg till havet får inte medräknas som kvävereduktion, mildare krav för reningsverk med lägre vattentemperatur tas bort. Dessutom definieras hela Östersjön som eutrofieringskänsligt område, vilket innebär att de reningsverk norr om Norrtälje kommuns gräns som inte har kvävekrav idag kommer få det enligt direktivets förslag.

Syfte

Projektet syftar till att ta fram ett underlag till stöd för Naturvårdsverkets konsekvensbedömning av kommissionens förslag till avloppsdirektiv med avseende på krav om längre gående rening av kväve.

¹ https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-revised-urban-wastewater-treatment-directive_en

Metod

Indelning i grupper

Förslaget till avloppsdirektiv innebär skärpningar avseende kvävereduktion för i princip alla grupper av reningsverk, dock är skärpningen olika omfattande. SMED har utgått från av Naturvårdsverket tillhandahållna data för alla svenska reningsverk som tar emot avloppsvatten från tätbebyggelser > 2 000 pe från Svenska Miljörapporteringsportalen (SMP) för år 2020 (anläggningarnas miljörapport). För varje reningsverk fanns det uppgifter på belastning, årsflöde, utsläppshalter samt på vilket sätt krav på kväverening uppfylls. Alla dessa reningsverk delades in i grupper enligt kriterier nedan. Finjustering av fördelningen för specifika reningsverk gjordes i samråd med Naturvårdsverket.

Grupp 1. Norrlandsverk

I denna grupp ingår reningsverk som tar emot avloppsvatten från tätbebyggelser > 10 000 pe som släpper avloppsvatten i kustvatten eller inlandsvatten norr om Norrtälje kommuns gräns. Dessa reningsverk har inget generellt kvävekrav idag eftersom Bottenviken och Bottenhavet inte ingår i det område som Naturvårdsverket klassificerat som känsligt avseende kväveutsläpp. I förslaget till avloppsdirektiv utpekas hela Östersjön (inkl. Bottenviken och Bottenhavet) som känslig för eutrofiering. Notera att namnet på gruppen är en förenkling eftersom även flera reningsverk i Dalarna ingår i gruppen.

Gemensamt för reningsverk i denna grupp är att snösmältningsperioden är längre och vattentemperaturen under den perioden sjunker mer än för reningsverk belägna längre söderut. Dessutom är orter i den gruppen ofta mer glesbebyggda, vilket ger längre ledningsnät och större andel tillskottsvatten.

I den idag gällande versionen av avloppsdirektivet finns en möjlighet att ersätta krav på reduktion av kväve som årsmedel med ett krav på reduktion i kombination med maximal halt kväve i utgående vatten under perioden när utgående vattentemperatur är > 12°C. Lydelsen av denna norm är otydlig och den har inte tillämpats i Sverige. I Finland används den för att ställa krav på kväverening för reningsverk som släpper ut vatten i Bottenviken och Bottenhavet, dock endast under perioden när vattentemperaturen är > 12°C. Det undantaget föreslås tas bort i förslaget till avloppsdirektiv.

Det som gäller för reningsverk i denna grupp är att medelhalt av totalkväve i renat vatten som årsmedel ska vara < 6 mg/l, alternativt att kvävemängden i inkommande vatten ska reduceras med >85%. Alla 38 reningsverk i denna grupp behöver byggas om för att klara nya reningskravet.

Grupp 2. Retentionsverk

Enligt gällande avloppsdirektiv och den svenska implementeringen i nationell lagstiftning kunde naturlig avskiljning av kväve i vattendrag på väg till havet (så kallat kväveretention) medräknas vid beräkning av total avskiljningsgrad av kväve. Retention beräknas idag mha SMHI:s hydrologiska modell S-Hype. För reningsverk som släpper ut avloppsvatten i inlandsvatten med lång uppehållstid på väg till havet innebär det ofta att reningsverken inte behöver byggas om för att åstadkomma kväverening genom nitrifikation-denitrifikation. Vid avskiljning av BOD reduceras ca 30% av kväve från avloppsvatten, vilket i kombination med den höga retentionen på väg till havet, gör att total kvävereduktion blir > 70%. För reningsverk med lägre naturlig retention krävs dock en högre reduktion på reningsverket genom, exempelvis, kväverening bara under den del av året när vattentemperaturen är högre än 12°C. Dessutom ställs ofta krav på nitrifikation för större reningsverk för att begränsa utsläpp av ammonium till känsliga recipienter.

I grupp 2 inkluderar vi endast de reningsverk som inte har nära fullständig nitrifikation hela eller en del av året. Totalt är det 15 reningsverk som ingår i gruppen. De reningsverk som nitrifierar kvävet eller även delvis reducerar med denitrifikation, men ändå är delvis beroende av retention ingår i grupp 3.

Grupp 3. Övriga reningsverk

I denna grupp ingår övriga reningsverk som tar emot vatten från bebyggelser > 10 000 pe. Det är huvudsakligen reningsverk som har krav på kvävereduktion ner till 10 mg/l eller lägre (reningsverk som tar emot belastning > 100 000 pe) eller 15 mg/l eller lägre (reningsverk som tar emot belastning 10 000 pe - 100 000 pe). Här ingår dock även de reningsverk som är delvis beroende av kväveretention, exempelvis reningsverk som endast nitrifierar kvävet eller de som har en högre begränsningsvärde i utgående vatten än 10 respektive 15 mg/l.

Denna grupp är störst till antalet med totalt 122 reningsverk. Av dem klarar 12 redan idag att reducera utgående kväve till under 5,5 mg/l och bedöms därför inte behöva bygga om för att klara nya kraven. Det har inom projektet inte studerats hur dessa reningsverk är uppbyggda och vad är anledningen till den goda reningen. Några av de största reningsverken i Sverige som ingår i gruppen har redan tillstånd med begränsningsvärde avseende kväve på 6 mg/l eller planerar att utöka kapaciteten för att klara motsvarande rening:

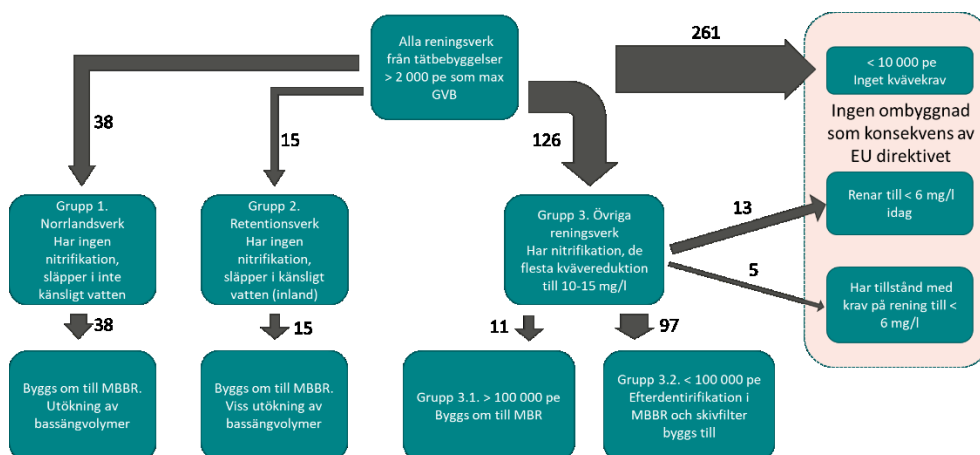
- Henriksdal ARV – har kvävekrav på 6 mg/l, bygger om till MBR-process.
- Bromma ARV – läggs ner efter utbyggnaden av Henriksdal är klar.

- Himmerfjärdsverket - har kvävekrav på 6 mg/l, bygger om till MBR-process.
- Käppala ARV – har kvävekrav på 6 mg/l, kommer bygga om till MBBR-process.
- Ryaverket – har kvävekrav på 8 mg/l, dock villkor i tillståndet att ska ha kapacitet för att rena ner till 6 mg/l från år 2036. Flera processlösningar utreds.

Ovan nämnda fem reningsverk exkluderas från konsekvensbedömningen eftersom de ändå kommer byggas om för att klara begränsningsvärde av 6 mg/l eller läggas ner. För Ryaverket skulle ombyggnaden behöva vara klar något år tidigare för att klara den föreslagna tidsplanen i förslaget till avloppsdirektiv. Det kommer i så fall innebära extra kostnader och är generellt svårt att hinna med. Dock inkluderas dessa kostnader inte i konsekvensanalysen eftersom de är svåra att kvantifiera och endast härrör till ett enskilt verk.

Processval, avgränsningar och antaganden

Det skulle vara omöjligt att inom ramen för projektet att studera förutsättningar för utökad kväverening på varje reningsverk, välja den mest lämpliga processkonfigurationen och beräkna investering- och driftkostnad för varje reningsverk. I stället valdes att anta att varje reningsverk i respektive grupp har samma processkonfiguration både innan och efter ombyggnaden. Den valda konfigurationen kommer inte vara optimal för alla reningsverk i gruppen och kanske inte heller för de flesta av reningsverken. Den valda konfigurationen ska därför inte ses som av SMED rekommenderad processlösning. Totalkostnad för ombyggnad och drift borde dock vara av samma storleksordning för olika processkonfigurationer och därför kan det antagandet användas i projektet. Fördelning av reningsverk på grupper, antal påverkade reningsverk samt antaget ombyggnadsbehov sammanställs i Figur 1 och beskrivs nedan.



Figur 1. Fördelning på grupper och antaget ombyggnadsbehov. Siffror anger antal påverkade reningsverk.

Grupp 1. Norrlandsverk

För reningsverk i denna grupp antar vi att reningen bygger på aktivslamprocess med efterföljande slutsedimentering men utan något extra polerande steg för avskiljning av suspenderade ämnen/fosfor. Det antas vidare att reningsverket byggs om till en MBBR-process med för- och efterdenitrifikation, slamavskiljning genom flotation eller sedimentering och polerande avskiljning av partiklar genom sand- eller skivfilter. Erfarenheter från utredningar av liknande ombyggnationer tyder på att volymer av aktivslambassänger vanligtvis är tillräckliga för att införa kväverening som klarar att reducera kväve motsvarande ett begränsningsvärde av 10 mg/l som årsmedel.

Om ett ännu tuffare reningskrav införs, motsvarande förslaget till avloppsdirektiv, behöver nitrifikation- och denitrifikationskapacitet förstärkas ytterligare. Vid dagens begränsningsvärde 10 mg/l som årsmedel behöver man inte ha fullständig nitrifikation året om utan kan klara kravet på årsbasis med delvis nitrifiering under kalla perioden och mer långtgående rening under varma perioden. Vid ett strängare reningskrav och begränsningsvärdet på 6 mg/l räcker det inte längre att bara ha delvis nitrifikation under kalla perioden utan nitrifieringen måste vara fullständig året om, även vid de kallaste temperaturerna. Därför antas att nitrifieringsvolymen måste utökas med ca 20%, vilket är ungefär vad som krävs för att behålla fullständig nitrifikation vid 2 °C kallare vatten än utan utökning.

Även denitrifikationskapaciteten behöver utökas för att reducera ytterligare 4 mg/l kväve på årsbasis när begränsningsvärdet sänks från 10 mg/l till 6 mg/l. De tillkommande denitrifikationsvolymerna dimensionerats för detta med användning av dimensionerande temperatur på 8 °C och säkerhetsfaktor 1,5 (för att ta hänsyn till variation av kvävehalter under dygnet och året).

Grupp 2. Retentionsverken

För reningsverk i denna grupp görs liknande antaganden som för grupp 1. Även här antas att reningen bygger på aktivslamprocess och att det går att åstadkomma bra kväverening genom att bygga om till MBBR. Till skillnad från grupp 1 bedöms dock att volymer av aktivslamtankar efter ombyggnad till MBBR som tillräckliga för fullständig nitrifikation vid de rådande vattentemperaturerna. Efterdenitrifikationskapacitet bedöms däremot behöva förstärkas med nya volymer. Volymerna dimensionerats även här för ytterligare reduktion av 4 mg/l kväve, dock vid temperatur av 10 °C, som är en vanlig lägsta vattentemperatur på reningsverk i södra Sverige.

Grupp 3. Övriga reningsverk

Denna grupp är störst och omfattar reningsverk med medelbelastning 1 300 – 400 000 pe. Att så små reningsverk med belastning < 10 000 pe ingår beror på att det är tätortens storlek i max GVB och inte belastning på reningsverket som avgör om kvävekrav ställs.

Vi har valt att dela denna grupp på två undergrupper beroende på inkommande belastning och anta olika processlösningar för reningsverk i de två grupperna.

Grupp 3.1. Reningsverk > 100 000 pe (MBR)

Reningsverk i denna grupp antas byggas om till MBR-processen. Ombyggnation till MBR-processen är kostsam och själva processen är mer avancerad. Processen lämpar sig därför mest för större reningsverk där det finns tillräcklig med kompetent personal för att driva processen. Fördelen med processen är att efter ombyggnaden kan en högre belastning renas i samma bassängvolym och till bättre utgående kvalitet. Införande av rening från mikroföroreningar (som krävs för alla reningsverk > 100 000 pe enligt förslaget till avloppsdirektiv) förenklas då renat vatten är helt partikelfritt. Dessutom skapas bättre förutsättningar för återvinning av vatten.

Grupp 3.2. Reningsverk < 100 000 pe (MBBR+skivfilter)

Reningsverk i denna grupp omfattar reningsverk med olika processlösningar, bland annat aktivslam, MBBR, biobäddar och kombination av dessa. Vissa av dessa reningsverk har ett strängt krav avseende reduktion av fosfor och polerande avskiljning av partiklar i skivfilter, sandfilter, eller fällning i kombination med sedimentering.

Det antas att oavsett dagens processlösning kompletteras reningen med efterdenitrifikation i MBBR, efterluftning i MBBR samt polerande skivfilter för att ta bort bildat bioslam. I verkligheten skulle efterdenitrifikationssteget kunna placeras mellan bioreningen och befintligt polerande slamavskiljningssteg eller att biosteget skulle kunna byggas om för att utöka efterdenitrifikationskapaciteten. Om investering i skivfilter ska ingå i den bedömda investeringskostnaden som konsekvens av hårdare kvävekrav kan därför diskuteras. Inom arbetsgruppen beslutades dock att den investeringen ska ingå för att säkra att kvävet kan avskiljas till tillräckligt låga nivåer.

Den extra denitrifikationskapaciteten beräknas utifrån medelutsläppshalt för respektive reningsverk år 2020, målvärde på utgående kvävehalt på 5,5 mg/l samt total renat årsvolym vatten år 2020. Uppgifterna om medelutsläppshalt samt årsvolymen togs från SMP-databasen tillhandahållen av Naturvårdsverket. Denitrifikation-MBBR dimensioneras för temperatur 10 °C med säkerhetsfaktor 1,5. Volymen av efterluftningssteget har valts till 1/3 av

volymer av efterdenitrifikation, vilket är lagom för reningsverk som behöver reducera ca 4 mg/l kväve (från 10 till 6 mgN/l).

Skivfilter har dimensionerats utifrån flöde för respektive reningsverk. Maxflöde som renas i skivfilter valdes som årsmedelflöde $\times 2,5$. Inget extra flockningssteg togs med. Det antogs att maximal halt av suspenderat material i inkommande vatten är 50 mg/l och består av (i huvudsak) bioslam.

Generella antaganden

För alla ombyggnationer där det krävs nya volymer antogs att det finns yta tillgänglig i direkt anslutning till biosteget och att markförutsättningarna är goda. Tillkommande bassängvolymer antogs ligga utomhus förutom för Grupp 1 där det antogs att de byggs över. Nya byggnader antogs även för skivfilter och maskinell utrustning tillhörande MBBR-steget.

Investeringskostnad

Grupp 1. Norrlandsverk

Investeringskostnaden för alla reningsverk baseras på kalkyler för ombyggnad av reningsverken Fillan ARV, Essvik ARV och Tivoli ARV från aktivslam med BOD-reduktion till MBBR med kvävereduktion. Kalkylerna togs fram av Ramboll 2020 som en del av utredningen om framtida avloppshantering i Sundsvall kommun. Kalkylerna har tillhandahållits av MittSverige Vatten och Avfall (MSVA) tillsammans med en intern analys av tillkommande byggherrekostnader och riskvärdering. Ombyggnationerna har dimensionerats av Ramboll för att klara eventuellt begränsningsvärde avseende kväve på 10 mg/l som årsmedel. Befintliga volymer av luftade bassänger bedömdes vara tillräckliga för MBBR-steget. MBBR-steget fördelades på ett flertal zoner för att kunna driva verken med för- och efterdenitrifikation.

Eftersom kalkylerna togs fram i utredningen där befintlig struktur av avloppsvattenrening jämfördes med centraliserad rening på ett nytt reningsverk har vissa ombyggnationer och renoveringar, som inte är en direkt konsekvens av införande av kväverening, räknats med i kalkylerna (exempelvis ny maskinell utrustning i grovreningen och slamavvattningen, översyn av byggnader samt översyn av el och VVS. SMED har gjort en bedömning i kalkylen vilka ombyggnationer som inte är en konsekvens av kväverening och strukit det som inte är relevant att ta med. Polerande rening med skiv-/sandfilter togs med för att motsvara omfattningen av ombyggnationer för grupp 3.2.

Även av MSVA genomförd riskvärdering sågs över och relevanta poster (som tillståndsansökan och 20% fördyrning på grund av ombyggnation under pågående drift) lämnades kvar medan vissa ströks bort.

För att ytterligare förstärka nitrifikation och denitrifikation (att rena ner till 6 mg N/l i stället för 10 mgN/l och kunna nitrifiera året om) lades det till kostnader för nya bassänger, maskinell utrustning samt andra relevanta poster och påslag. Nödvändiga volymer räknades fram av SMED och kostnadsbedömdes utifrån de a-priser som användes av Ramboll.

Grupp 2. Retentionsverk

Som beskrevs tidigare, är skillnaden mellan omfattningen av ombyggnad för grupp 1 och grupp 2 inte särskild stor. Det som skiljer är att ytterligare luftade volymer inte anses behövas och att nya denitrifikationsvolymer är mindre för grupp 2. Kostnadsbedömningen för reningsverk i denna grupp bygger därför på samma kalkyl som för grupp 1 med justerade tillkommande volymer av nya bassänger.

Grupp 3.1 Reningsverk > 100 000 pe (MBR)

Det är endast 12 reningsverk som är med i gruppen. Ett av dessa har en inkommande medelbelastning av ca 400 000 pe (Sjölunda, Malmö), fyra har en belastning av 175 000 – 200 000 pe och ytterligare sju har en belastning av 75 000 – 130 000 pe.

Inom projektet har Sweco tagit fram en kalkyl på ombyggnad av en aktivslamanläggning till MBR med en kapacitet av 110 000 pe efter ombyggnad. Det har antagits en viss kostnad för ombyggnation av befintliga bassänger samt helt nya bassänger för membrantanken. All mekanisk utrustning ersätts med en ny. I verkligheten kan i vissa fall befintliga volymer (exempelvis biosedimenteringen) byggas om för membrantankarna, vilket dock kräver att de är tillräckligt djupa. Även blåsmaskiner och en del av luftningssystemet kan eventuellt återanvändas beroende på skick.

SMED har dessutom tillfrågat VA Syd och Syvab angående möjligheten att ta del av kalkyler på ombyggnad av Sjölunda ARV respektive Himmerfjärdsverket till MBR-processen för att använda dessa som underlag för kostnadsbedömning av ombyggnation av reningsverk > 175 000 pe. Detaljerade kalkyler kunde dock inte tillhandahållas i tid för att kunna användas i projektet. Totalkostnad för ombyggnation av Himmerfjärdsverket enligt uppgift från Syvab beräknas till 1 926 Mkr. Ombyggnationen innebär ökning av kapaciteten från ca 250 000 pe till 375 000 pe. Ombyggnationen innebär även att inte bara biosteget, utan även andra steg, byggs om för att öka den hydrauliska kapaciteten. Totalkostnaden för ombyggnation av

Himmerfjärdsverket delat på dimensionerande belastningen ger en liknande kostnad som Swecos kalkyl. Därför har Swecos kalkyl applicerats för alla reningsverk i grupp 3.1.

Grupp 3.2 Reningsverk < 100 000 pe (MBBR+skivfilter)

Kalkyler för anläggningar av tre storlekar togs fram av Sweco på beställning av SMED. Eftersom det är kvävereduktion i kg N/d som är dimensionerande för MBBR-anläggningen och det är flöde som är dimensionerande för skivfiltret presenterades dessa anläggningsdelar i separata kalkyler så att en rätt storlek av MBBR respektive skivfilter kan väljas för varje reningsverk.

Generella antaganden, omräkning till kapitaltjänst

I alla kalkyler användes påslag för oförutsett på 20% samt påslag på byggherrekostnader på ca 20%, antingen som ett påslag eller med fördelning på projekteringskostnader och andra byggherrekostnader.

Beräknad investeringskostnad räknades om till kapitaltjänst (årskostnad av nya investeringen) med användning av 4% ränta och följande avskrivningstider:

- Bygg och mark – 27 år
- Maskin – 15 år
- El/Styr – 19 år
- VVS – 20 år

Samma avskrivningstider använde Ramboll/MSVA i utredningen om ombyggnad av sina reningsverk för att åstadkomma kväverening. Dessa avskrivningstider är vanliga i projekt där ombyggnad av reningsverk kalkyleras men varierar lite i branschen. Ofta används avskrivningstider för bygg och mark på 30 år, el/styr på 15 år.

Driftkostnad

Ökad elförbrukning

Ökning av elförbrukning beräknades schablonmässigt av SMED enligt gällande praxis. De poster som togs med är:

- Ökning av syrebehov för nitrifikation av kväve (endast för grupp 1 och 2)
- Pumpning av nitratretur (endast för grupp 1 och 2)
- Mekanisk omrörning i tillkommande oluftade MBBR (denitrifikation)
- Luftning i efterluftning MBBR
- Energiförbrukning lyft av vatten och drift av skivfilter

- Högre energiförbrukning av MBR-processen. Membrantankar måste luftas för rengöring av membran, vilket kräver ett högt flöde men med relativt lågt tryck. En del av det luftflödet används för syresättning av vatten och oxidation av ammonium till nitrat men en stor del bidrar inte till de biologiska omvandlingsprocesserna. Returslamflödet är vanligtvis mycket högre än i aktivslamprocessen. Högre slamhalt i aktivslambassängerna påverkar även syresättningseffektiviteten negativt. Dessutom tillkommer permeatpumpar som inte finns i aktivslamprocessen. Det finns således många faktorer som ökar MBR:ens energiförbrukning, men som vid smart drift inte behöver vara väldigt kostsamma. I föreliggande studie antogs att energiförbrukning av MBR-processen endast ökar som ett resultat av membranluftning och drift av permeatpumpar. Tillkommande energiförbrukning har bedömts till 0,06 kWh/m³.

Den beräknade tillkommande elförbrukningen multipliceras med antaget elpris på 1,0 kr/kWh för grupp 1 (de flesta reningsverk i den gruppen ligger i elområde 1 och 2 där elpris är lägre) och 1,5 kr/kWh för alla andra grupper.

Kemikalieförbrukning

Endast förbrukning av extern kolkälla togs med i utvärderingen. Det antogs att metanol från fossil ursprung används och att förbrukningen av metanol motsvarar 5 kg COD/kg NO₃-N avskilt. I verkligheten kommer även förbrukningen av flockningskemikalier öka vid ombyggnad av aktivslamprocessen till MBBR-processen. MBR-processen medför behov av en mindre tillkommande mängd tvättkemikalier för membranrengöring.

Personal

Ombyggnad av ett reningsverk till en ny mer avancerad reningsprocess eller tillbyggnad av ytterligare reningssteg kommer kräva förstärkning av personalstyrkan. Vi har antagit att för grupp 1 och 2 innebär det en extra heltidsanställd per reningsverk, för grupp 3.1 - 1,5 heltidsanställda och för grupp 3.2 – 0,5 heltidsanställda. Kostnad för en heltidsanställd har antagits till 700 000 kr/år.

Klimatpåverkan

De poster som utvärderades var:

- Direkt och indirekt utsläpp av klimatgaser vid användning av kolkälla av fossilt ursprung, 1,3 kg CO₂ekv/kg COD
- Klimatpåverkan kopplat till elförbrukning. För grupp 1 antogs klimatavtryck enligt svensk elmix (0,037 kg CO₂-ekv/kWh) och för alla andra grupper antogs nordeuropeisk mix (0,52 kg CO₂-

ekv/kWh). Anledningen till val av de olika utsläppskoefficienterna är att elområde 1 och 2 har en begränsad överföringskapacitet till södra Sverige och vidare till Norra Europa och reningsverk belägna i norra Sverige kommer i huvudsak använda svenskproducerad el. Elsystem i södra Sverige är sammankopplat med resten av Europa och det är då rimligt att anta nordeuropeisk elmix för marginalproduktion av el.

- Utsläpp av lustgas från reningsprocessen räknades inte med. Det är väl känt att lustgasutsläpp från kväverening står för en stor del av reningsverkets totala utsläpp av växthusgaser. Det direkta utsläppet på reningsverket kommer, med störst sannolikhet, öka med införande av kväverening. Risk för utsläpp av lustgas är dock störst när nitrifikation eller denitrifikation sker i okontrollerade förhållanden med brist på något substrat. Det finns därför risk för höga lustgasutsläpp även på reningsverk som inte är byggda för kväverening, men där delvis nitrifikation händer oavsiktligt under den varma perioden. Dessutom produceras lustgas även vid kvävereduktion i naturlig miljö. Beaulieu et al (2011)² kom fram till att vid naturlig kvävereduktion omvandlas < 1% av kväve till lustgas, vilket är samma storleksordning som produktion av lustgas vid kontrollerad kväverening (IPCC 1,6%). Det är därför svårt att säga om införande av kväverening kommer minska eller öka nettoutsläpp av lustgas. Därför ingår inte lustgasproduktion i vår beräkning av klimatpåverkan.
- Indirekta utsläpp av växthusgaser från ny- och ombyggnationer ingår inte i utvärderingen eftersom de är svåra att beräkna inom ramen för projektet.

Resultat och diskussion

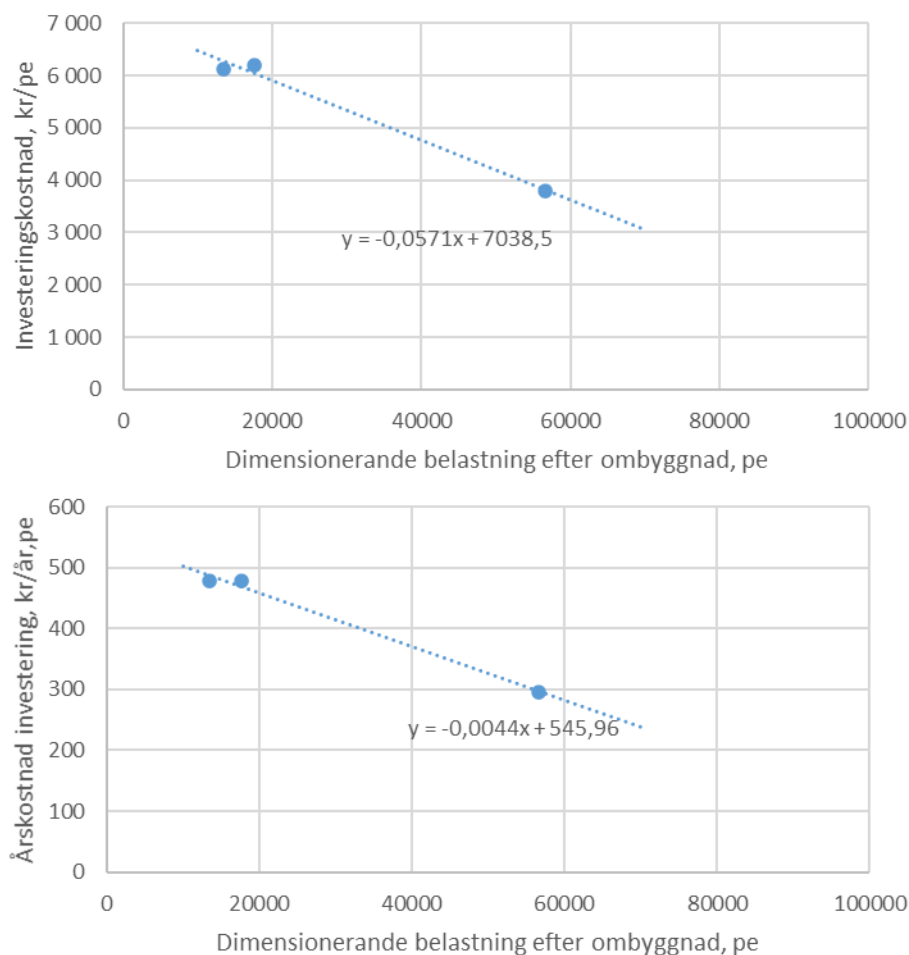
Investeringskostnad

Grupp 1. Norrlandsverk

Efter genomgång av MSVA:s kalkyler och modifiering för att utöka nitrifikations- och denitrifikationsvolymerna beräknades kostnaden för ombyggnad uttryckt som kr/pe samt kr/år,pe (Figur 2). I grupp 1 ingår reningsverk i storleken 7 000 – 118 000 pe. För reningsverk i storleken 10 000 – 70 000 pe

² Beaulieu JJ, Tank JL, Hamilton SK, Wollheim WM, Hall RO Jr, Mulholland PJ, Peterson BJ, Ashkenas LR, Cooper LW, Dahm CN, Dodds WK, Grimm NB, Johnson SL, McDowell WH, Poole GC, Valett HM, Arango CP, Bernot MJ, Burgin AJ, Crenshaw CL, Helton AM, Johnson LT, O'Brien JM, Potter JD, Sheibley RW, Sobota DJ, Thomas SM. Nitrous oxide emission from denitrification in stream and river networks. Proc Natl Acad Sci U S A. 2011 Jan 4;108(1):214-9. doi: 10.1073/pnas.1011464108.

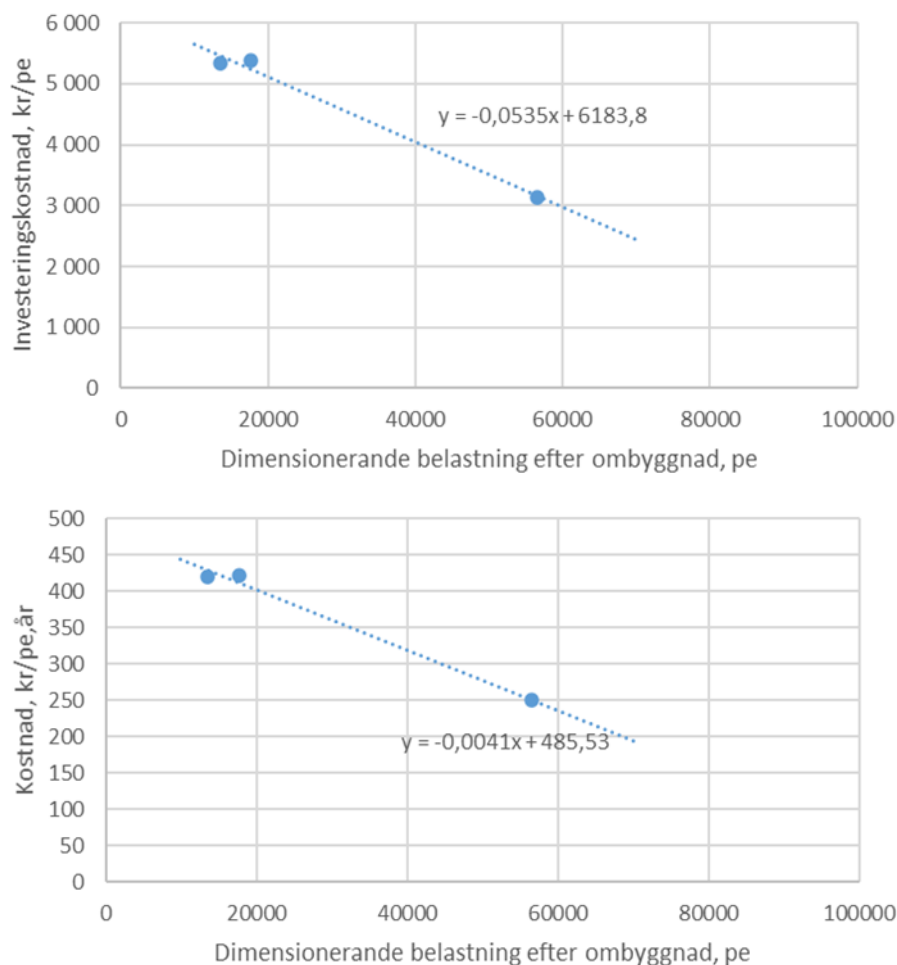
beräknades kostnaderna från de linjära trendkurvorna i Figur 2. För reningsverk > 70 000 pe har antagits att kostnaden per pe är samma som för ett 70 000 pe reningsverk. För reningsverk < 10 000 pe har antagits att kostnaden per pe är 50% högre än för ett 10 000 pe reningsverk.



Figur 2. Kostnad ombyggnad av reningsverk i grupp 1.

Grupp 2. Retentionsverk

På likande sätt som för grupp 1 har kostnaden för ombyggnad av MSVA:s tre reningsverk men nu utan utökad luftning och endast något utökad denitrifikationsvolym jämfört med ursprungliga kalkylen presenterats som kostnad i kr/pe samt kr/år,pe (Figur 3). I grupp 2 ingår reningsverk i storleken 6 000 – 30 000 pe. Kostnaden för alla reningsverk i grupp 2 extrapolerat på samma sätt som för grupp 1, med 50% högre kostnad per pe för reningsverk < 10 000 pe.



Figur 3. Kostnad ombyggnad av reningsverk i grupp 2.

Grupp 3.1 Reningsverk > 100 000 pe (MBR)

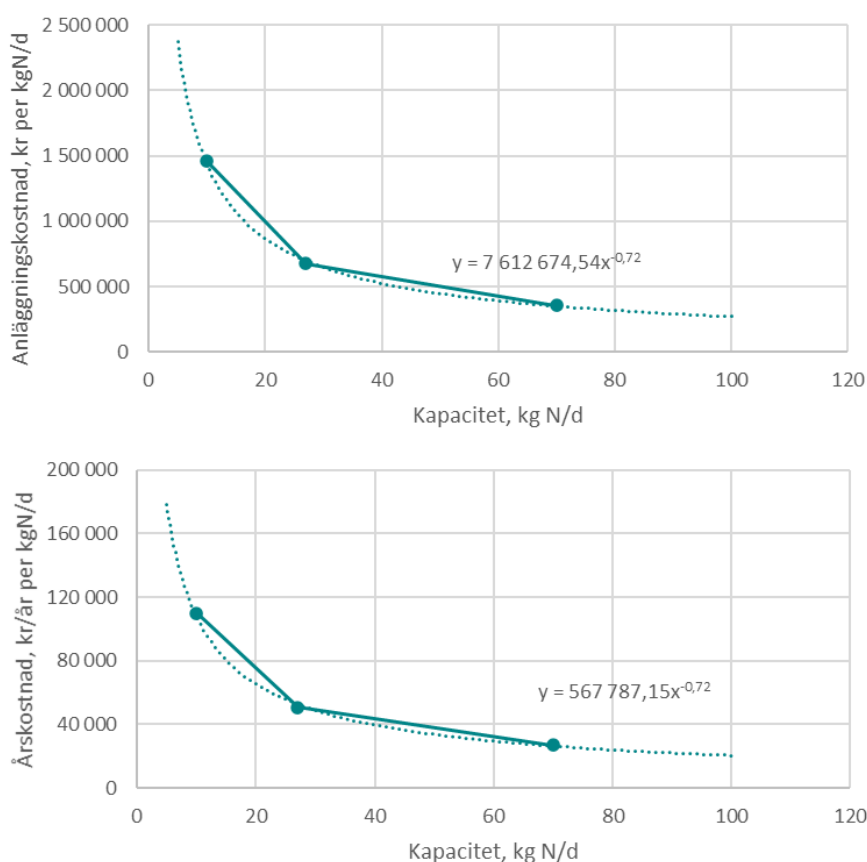
Kalkylen som togs fram av Sweco visade att kostnaden för ombyggnad av ett 110 000 pe reningsverk är ca 470 Mkr. En övervägande del av totala kostnaderna är för entreprenader med en kortare avskrivningstid på 15-20 år (Maskin, El/styr, VVS). Årskostnaden för investeringen beräknats till ca 39 Mkr/år, vilket motsvarar en medelavskrivningstid på 17 år. Omräknat till kostnad per 1 pe blir kostnaden 4 300 kr/pe och 350 kr/pe, år.

Budgetkostnaden av ombyggnaden av Himmerfjärdsverket (1 926 Mkr) ger en specifik kostnad av 5 100 kr/pe respektive 420 kr/pe, år, det vill säga lite högre än enligt Swecos kalkyl. Att den specifika kostnaden är högre för ett större reningsverk kan förklaras av att andra ombyggnationer förutom ombyggnad av biosteget ingår. Det kan förväntas att det blir lite billigare per pe att bygga om ett 400 000 pe reningsverk jämfört med ett 110 000 pe reningsverk. Den skillnaden borde dock inte vara så stor eftersom kostnaden ökar mest i intervallet 0 – 100 000 pe. För extrapolering av kostnader för

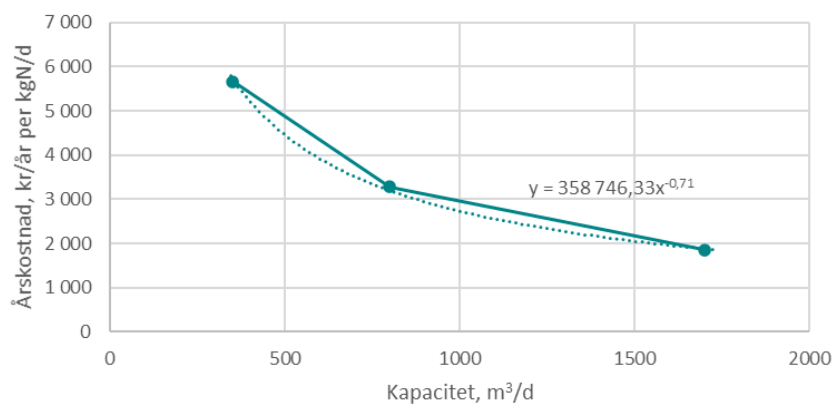
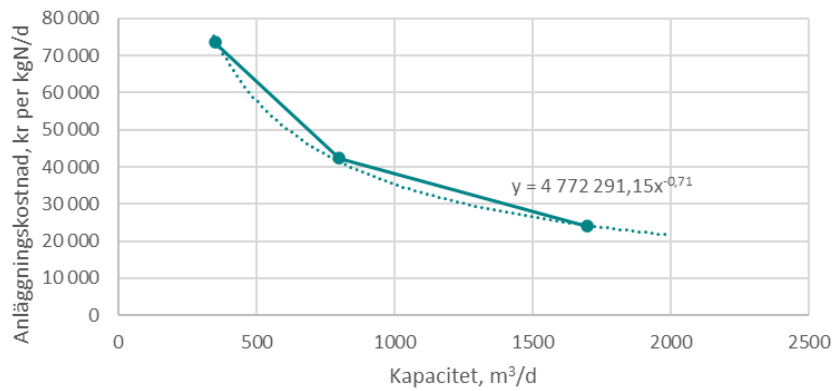
alla reningsverk i gruppen användes därför samma specifika kostnader som tagits fram av Sweco.

Grupp 3.2 Reningsverk < 100 000 pe (MBBR+skivfilter)

Resultat av Swecos kalkyler, omräknat till specifik kostnad per kgN/d denitrifikationskapacitet eller m³/h filterkapacitet presenteras i Figur 4 och Figur 5. För anläggningar < 10 kgN/d respektive <350 m³/h antogs totala investeringskostnaden vara samma som för de minsta anläggningarna. För anläggningar >100 kg N/d respektive >2 500 m³/h antogs kostnaden per kg N respektive m³/h vara samma som för de största anläggningarna och för resterande reningsverk extrapolerades kostnaderna enligt trendlinjerna i Figur 4.



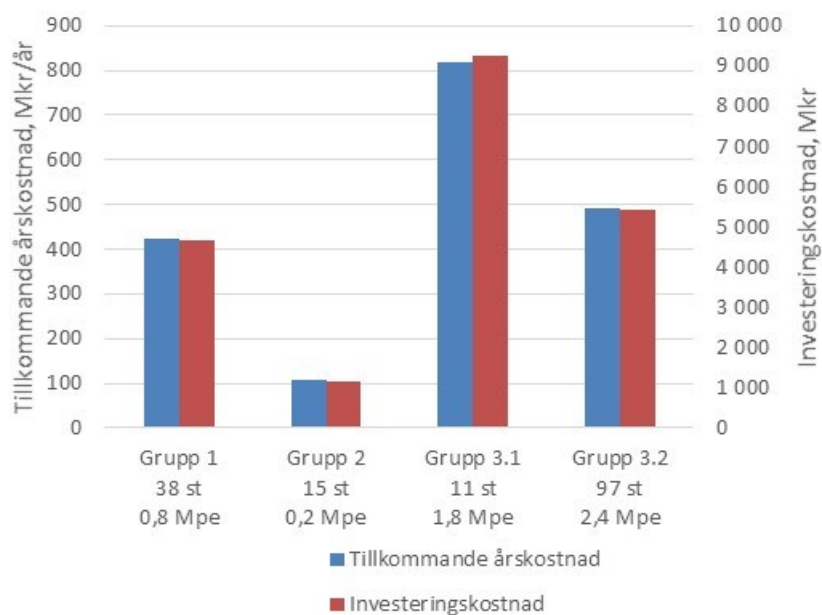
Figur 4. Kostnad för tillbyggnad av denitrifierande MBBR för reningsverk i grupp 3.2.



Figur 5. Kostnad för tillbyggnad av skivfilter för reningsverk i grupp 3.2.

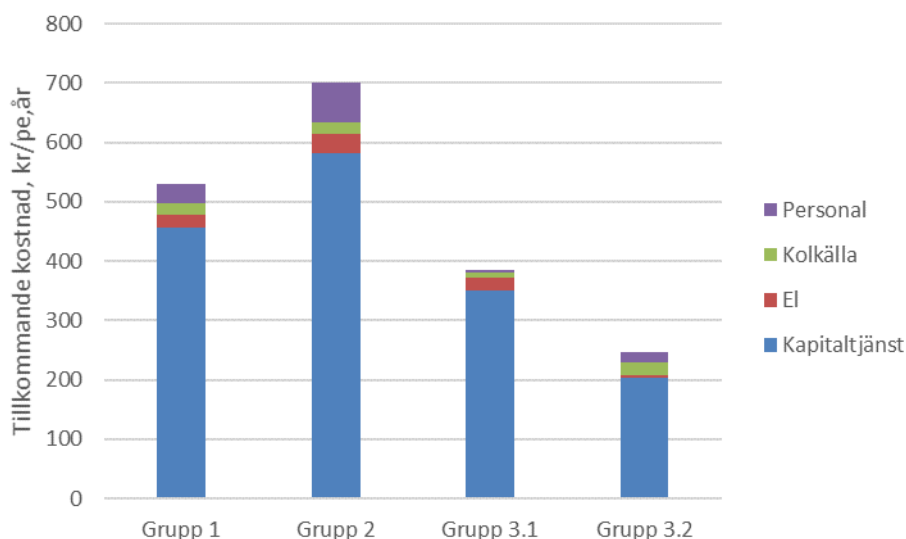
Total kostnad

Total tillkommande kostnad för införande av de hårdare kraven i förslaget till avloppsdirektiv beräknas till ca 1,8 miljarder kronor per år (Figur 6). Störst investering och årskostnad blir för de reningsverk som redan har kvävekrav eftersom de också är flest i gruppen.



Figur 6. Total tillkommande kostnad för reningsverk av olika grupper.

Den i huvudsak största kostnadsposten är själva investeringen (kapitaltjänst) medan andra driftkostnader (personal, kolkälla och el) utgör endast ca 15% av totala kostnaden (Figur 7). Medelkostnad per pe är ca 530 kr/år för grupp 1, ca 700 kr/år för grupp 2, 400 kr/år för grupp 3.1 och ca 250 kr/år för grupp 3.2. Att tillkommande medelkostnad per pe är högst för grupp 2 beror på att medelstorleken för reningsverk som ingår i den gruppen är lägst.

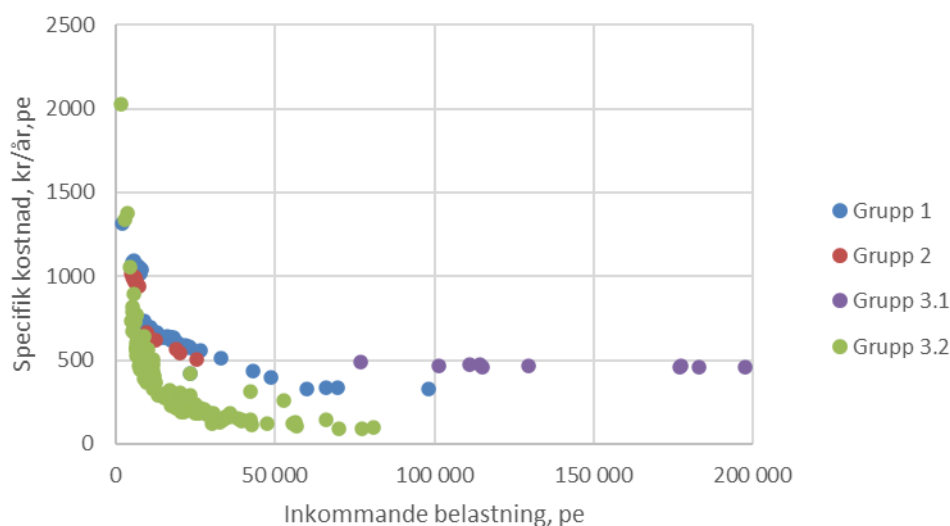


Figur 7. Tillkommande kostnad per pe för reningsverk av olika grupper.

Att den specifika kostnaden för grupp 3.1 är högre än för grupp 3.2 trots att reningsverk som ingår i grupp 3.1 är större visar att ombyggnation till MBR inte är den mest ekonomiskt motiverade lösningen för att klara de hårdare kvävekraven. Andra faktorer, som platsbrist, robusthet av processen, bättre

möjlighet för vattenåtervinning och mer kostnadseffektiv läkemedelsrening kan ändå motivera MBR-processen. Även utökning av kapaciteten är mycket enklare i framtiden eftersom ombyggnad till MBR innebär att biosteget kan rena ca 50% större belastning i samma volymer. Dessutom har det antagits att all maskinell utrustning i biosteget ersätts med ny utrustning vid ombyggnation till MBR. Ombyggnationen innebär därför att biosteget kommer vara i mycket bättre skick i grupp 3.1 jämfört med tillbyggnad av nya steg i grupp 3.2.

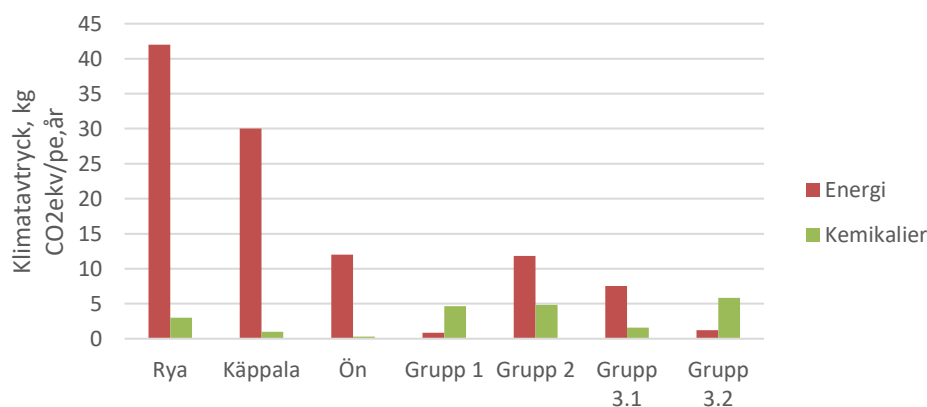
För reningsverk < 100 000 pe är tillkommande kostnad starkt beroende av reningsverkets storlek (Figur 8). För enskilda reningsverk inom gruppen <10 000 pe kan kostnaden vara högre än 1 000 kr/person per år. Det kan utläsas från Figur 8 att förbättring av kväverening genom tillbyggnad av efterdenitrifikation och skivfilter är mycket mer kostnadseffektivt än ombyggnad av hela reningsverket till MBR-process. Det är också tydligt att ombyggnaden för grupp 3.2 är väsentlig billigare än för de andra grupperna, vilket är förståeligt eftersom omfattningen på ombyggnaden är mindre. Att kostnaden för införande av kväverening i grupp 1 jämfört med grupp 2 är väldigt lika beror på att kostnaden för de tillkommande volymerna som krävs för att åstadkomma rening vid kallare vatten är proportionerligt liten jämfört med ombyggnation av resten av biosteget, ombyggnation av sedimentering till flotation, nyinstallation av skivfilter och byggherrekostnader. Om man tittar bara på ombyggnation av biobassänger med tillhörande utrustning är kostnaden ca 30% högre för grupp 1 jämfört med grupp 2.



Figur 8. Specifik tillkommande reningskostnad per 1 pe.

visas inte utsläpp från andra kategorier, som slamhantering och emission av lustgas.

Klimatpåverkan från el- respektive kolkällanvändning är väldigt olika för de fyra grupperna. Ombyggnad av ett reningsverk som bara har BOD-reduktion idag innebär stor ökning av elförbrukningen. Att komplettera med en efterdenitrifikation ger inte lika stor ökning av elförbrukning och därför är bidraget till klimatutsläpp lägre också. Att skillnaden mellan grupp 1 och 2 är så stor beror på att svensk elmix antagits för grupp 1 och nordeuropeisk mix (som har ca 15 gånger högre klimatavtryck per kWh än svensk elmix) för grupp 2. Även elförbrukning för grupp 3.1 ökar markant, även om inte så mycket som för grupp 2.



Figur 11. Ökning av klimatavtryck i olika grupper jämfört med totalt avtryck per pe år 2012 på tre stora reningsverk.

Klimatpåverkan från extra energianvändning är förhållandevis liten med dagens utsläpp. Däremot ökar klimatpåverkan från användning av kemikalier väsentligt vid införande av hårda kväverenskapskrav på grund av stor ökning av kolkällaförbrukning. För Ön ARV (Umeå, tillhör grupp 1) ökar exempelvis CO₂ekv-utsläppet från kemikalieanvändning med 1 400 %.

Andra konsekvenser

Förutom ökad kostnad, ökad resursanvändning och ökad klimatpåverkan finns det andra aspekter som måste utvärderas i en fullständig konsekvensanalys av förslaget till avloppsdirektiv. Dessa aspekter utvärderas bara översiktligt inom ramen för föreliggande studie och beskrivs nedan i korthet.

Reningsverk från bebyggelser < 10 000 pe

Enligt förslaget till avloppsdirektiv ska det göras riskanalys för varje reningsverk och vid behov ska även kväverening på mindre reningsverk införas. Det är i sig ingen ändring mot gällande praxis eftersom recipientsbedömning är en viktig del av varje tillståndsprövning och det finns redan

möjligheter att ställa hårdare krav än vad avloppsdirektivet föreskriver. Skillnaden i förslaget är dock att om kväverening bedöms behövas kan endast samma reningskrav som för andra reningsverk (dvs <6 mg/l som årsmedel eller 85 % reduktion) ställas.

För de flesta reningsverken i den storleken skulle det krävas mycket omfattande ombyggnationer. Oftast är det inte värt att bygga om så små bassängvolymer till en annan process utan det är billigast att bygga ett helt nytt biosteg. Miljövinsten av den ombyggnationen ska bedömas i varje enskilt fall men det kan konstateras att reningskostnaden kommer vara väldigt hög, väl över 1 000 kr/kg N.

Tillgång till metanol och ökat beroende av naturgas

Vid införande av krav enligt förslaget till avloppsdirektiv kommer förbrukningen av metanol öka markant, inte bara i Sverige utan i hela EU. Huvuddelen av metanolen importeras till Sverige från EU och övriga världen. Huvuddelen av metanolen produceras från naturgas men det även är möjligt att producera metanol från förnyelsebara källor. Ökad förbrukning av metanol kan på kort sikt leda till kapacitetsbrist och ökade priser. På längre sikt kan kapacitetsproblemen lösas men importberoendet på EU-nivå kommer kvarstå, antingen för metanol eller naturgas.

Det finns även möjlighet att använda biobaserad kolkälla (exempelvis bioetanol) i stället för metanol. Priset på bioetanol är dock i dagsläget mycket högre än för fossilbaserad metanol. Produktion av bioetanol är begränsad och användning som kolkälla kommer konkurrera med andra tillämpningar, som produktion av biobränsle och fossilneutrala kemikalier och material.

Tidsplan för omställningen

Tidsplanen för införande av de nya kraven bedöms som svår (på gränsen till omöjlig) att tekniskt klara. Det är många reningsverk som bygger om och ut nu och brist på kapacitet hos de byggbolag som är verksamma inom industrisektorn märks redan idag. Konsekvensen av förslaget till avloppsdirektiv innebär att 161 av 179 berörda reningsverk kommer behöva byggas om, i tillägg till de fyra största reningsverken som bygger om idag eller planerar ombyggnad i närtid. Samtidigt införs krav på att införa rening av mikroföroreningar på de största reningsverken. Konsekvensen av detta blir att även många andra EU-länder skulle behöva bygga om sina reningsverk, vilket gör att det blir svårt att hitta kapacitet hos konsulter, byggbolag, entreprenörer och maskinleverantörer i Sverige eller i övriga Europa. Att hela EU:s industri samtidigt ställer om till fossilfri produktion ställer extra hårda krav om även avloppsreningsverken ska byggas om samtidigt. Allt detta kommer

leda till att det blir svårt att klara tidsplanen och att ombyggnationerna blir mycket dyrare än vad som beräknats i föreliggande rapport.

Påverkan på VA-taxan

De tillkommande kostnaderna för de flesta reningsverken ligger mellan 100 och 700 kr/pe, år där kostnaderna är högre för de mindre reningsverken och för de som behöver mer omfattande ombyggnad (Figur 7, Figur 8). Vattnenanvändningen i Sverige ligger på ca 180 l/pers, d, vilket ger årsförbrukning av ca 66 m³/pers, år. Tillkommande kostnader kan därför beräknas leda till en ökning av VA-taxan med 1,5-10,5 kr/m³. Påverkan på VA-taxan kommer vara väldigt olika för olika kommuner och olika kundgrupper. Svenskt Vatten sammanställer statistik om VA-taxan som medlemmarna rapporterar. Brukningsavgiften består av en fast månadskostnad och en rörlig kostnad per m³ förbrukat vatten. Om man räknar om de båda delarna till en total kostnad per m³ vatten blir kostnaden för olika kommuner mellan 22-107 kr/m³ för typhus A (normalvilla med förbrukning 150 m³/år). Generellt är VA-taxan högre i glesbebyggda kommuner, som även har mindre reningsverk. Man kan därför generalisera att hårdare kvävekrav kommer att leda till att VA-taxan ökar med ca 10% för både glesbebyggda kommuner och storstäder. Dessa kostnader härleds endast till införande av skärpta kvävekrav. Ytterligare kostnader kommer tillkomma gällande bättre utsläppsuppföljning, omställning till energineutralitet samt reningen av mikroförroreningar om kostnaden inte kan läggas på de företag som sätter kosmetiska och läkemedelsprodukter på marknaden.

Konsekvensbeskrivningen som EU-kommissionen redovisar i samband med presentationen av förslaget till avloppsdirektiv anger att införandet av förslaget kommer leda till en ökning av kostnaderna med 2,58 miljarder EUR per år, exklusive kostnader för införande av rening av mikroförroreningar. De extra kostnaderna förväntas täckas av kommunala budgeter (30% av kostnaden) och höjd VA-taxa (70% av kostnaden), vilket motsvarar en höjning av VA-taxan med 2,26% som medel. De skärpta reningskraven avseende kväve bedöms kosta 2,0 miljarder EUR/år. Om hela kostnaden av de skärpta kvävekraven ska finansieras av VA-taxan innebär det därför ökning av taxan med 2,5% i medel, enligt EU-kommissionens bedömning.

Vår grovt bedömda ökning av VA-taxan för Sverige på 10% är således fyra gånger högre än kommissionens uppskattade ökning i hela EU som medel. Det är viktigt att poängtera att en stor del av den tillkommande kostnaden (ca 55%) är för ombyggnation av reningsverk i storleken 10 000 pe – 100 000 pe, som enligt förslaget till avloppsdirektiv krävs för de reningsverk som släpper ut vattnet i områden känsliga för övergödning. Eftersom i princip alla reningsverk i Sverige släpper ut vatten till det som av

direktivet definierats som känsligt område kan det göra att kostnaden för Sverige blir betydligt högre än för andra länder som inte behöver förbättra reningen för de mellanstora reningsverken. Det är dock klart att EU:s konsekvensbeskrivning missbedömt kostnader för uppgradering av reningsverk till föreslagna reningskraven, vilket behandlas längre ner i rapporten i ett separat kapitel.

Jämförelse med Svenskt Vattens bedömning

Svenskt Vatten har bedömt tillkommande kostnader från införande av förslaget till avloppsdirektiv som också visar på stora kostnader för VA-kollektivet, särskilt på grund av de skärpta kvävekraven. Nedan jämförs vissa av antaganden och slutsatser mellan Svenskt Vattens bedömning och bedömningen i föreliggande studie:

- Svensk Vatten har utgått från egen statistik och SCB:s statistik om antal reningsverk i olika storlekar. En typkostnad för ett reningsverk i olika storleksgrupper multiplicerats med antal reningsverk i den gruppen. I denna studie har vi utgått från statistik på alla reningsverk och multiplicerat kostnaden per pe eller kg N med den faktiska storleken/reningsbehovet för varje reningsverk.
- Den genomsnittliga avskrivningstiden i Svenskt Vattens bedömning valdes till 15 år, vilket är lågt, dock har något lägre ränta på 3% antagits. Det ger vid samma investeringskostnad ca 15% högre årskostnad enligt Svenskt Vattens modell jämfört med vad som antagits i denna studie.
- Svenskt Vatten har antagit att för 15% av alla reningsverk behöver en helt ny anläggning byggas med en kostnad på 17 000-30 000 kr/pe. Vi har inte räknat med att några helt nya reningsverk byggs. Det kan vara motiverat, i vissa fall, att bygga helt nytt reningsverk, speciellt om bassänger och utrustning ändå är slitna. Det kan dock diskuteras om hela kostnaden ska åläggas skärpta reningskravet eller om en stor del kan ses som en reinvestering som ändå behövde göras.
- Svenskt Vatten har antagit att en ombyggnad av ett reningsverk för att klara skärpta krav kostar 2 000-5 000 kr/pe. Vår bedömning resulterar i investeringskostnader om 1 000-5 000 kr/pe för reningsverk i storleken 10 000 – 100 000 pe i grupp 3.2 och ca 5 000 kr/pe för reningsverk i grupp 2.
- Svenskt Vatten räknade med att ombyggnaden av ett reningsverk i Norrland ger en fördubbling av investeringskostnaden jämfört med ombyggnaden i södra Sverige, vilket ger en ombyggnadskostnad på 4 000 - 10 000 kr/pe. Vår kalkyl resulterade i en

ombyggnadskostnad på 3 000 – 6 000 kr/pe för reningsverk i storleken 10 000 – 100 000 pe i grupp 1.

- Svenskt Vatten räknade med liknande kolkälförbrukning för reduktion av 1 kgN som i vår beräkning men räknade med att målvärdet ska vara 4-5 mg/l medan vi antagit 5,5 mg/l som medel utgående halt.
- Inga extra kostnader förutom kolkälförbrukning medräknades av Svenskt Vatten. Vi har adderat ökad kostnad för personal och elförbrukning i driftskostnadskalkylen.
- Svenskt Vattens bedömning ger ökad driftkostnad med 20-70 kr/pe, år för reningsverk i Svealand och Götaland och 70-110 kr/pe, år för reningsverk i Norrland. Vår beräkning ger en ökning av kostnaden med 120 kr/pe för grupp 2, ca 40 kr/pe för grupp 3 (båda grupperna i Svealand och Götaland) respektive 74 kr/pe i grupp 1 (Norrland).
- Svenskt Vattens bedömning har kommit fram till en ökning av VA-taxan med 3,8-6,8 miljarder kronor per år eller 400-700 kr/pers,år, vilket ger 16-28% höjning av VA-taxan. Specifik kostnad i vår studie är liknande på 100-700 kr/pers,år. Dock är totala ökningen endast 1,8 miljarder kronor, vilket ger en ökning av VA-taxan med ca 10% enligt föreliggande studie. Att totala kostnaden inte stämmer överens trots att kostnaden per person är liknande kan delvis förklaras av att Svenskt Vatten delat totala kostnaden på 9,5 miljoner personer och i vår sammanställning är det endast reningsverk som tar emot belastning motsvarande 4,74 miljoner pe som behöver byggas om som en konsekvens av kvävekrav i förslaget till avloppsdirektiv. Att belastningen i vår sammanställning är så mycket lägre än Sveriges befolkning beror mest på att stora reningsverk i Stockholm och Göteborg exkluderats, att reningsverk som tar emot en belastning < 10 000 pe inte är med och att de 13 reningsverk som redan renade kväve till < 6 mg/l år 2020 (totalt ca 260 000 pe) antagits inte behöva byggas om.

Jämförelse med EU-kommissionens konsekvensbedömning

EU-kommissionen har gjort konsekvensbedömning av olika alternativ för utformning av kvävekrav i förslaget till avloppsdirektiv⁴. Konsekvensbedömningen låg till grund för val av det alternativ som gav störst miljönytta till lägst samhällskostnad. I det här avsnittet diskuteras de antaganden och

⁴ https://environment.ec.europa.eu/document/download/0c65f57a-9db0-4665-b5e4-e2ba671de95d_en?filename=Impact%20assessment%20accompanying%20the%20proposal.pdf

metodik som gjorts i konsekvensbedömningen med fokus på bedömning av klimatpåverkan och kostnaden.

Effekten på klimatpåverkan är beskriven översiktligt i konsekvensbedömningen men mer utförlig beskrivning är tillgänglig i publicerad vetenskaplig artikel⁵. I artikeln antas att samma koefficient för utsläpp av lustgas gäller för både dagens och föreslagna kvävereduktionskravet, 0,008 kg N₂O-N/kg N_{inkommande}. Eftersom koefficienten är uttryckt per kg inkommande kväve och inte reducerat kväve ökar inte lustgasutsläppet när reduktionsgraden ökar. Indirekt utsläpp av lustgas i recipient beräknas med koefficienten 0,005 kg N₂O-N/kg N_{utgående}. Med användning av dessa koefficienter minskar nettoutsläpp med ökad reduktionsgrad. Viktigt att poängtera att författarna uttryckligen beskriver att extern kolkälla inte ska användas eftersom det leder till indirekt ökat utsläpp av växthusgaser när fossilbaserad kolkälla används. Indirekt utsläpp från ökad elanvändning och eventuell ombyggnad försumrades.

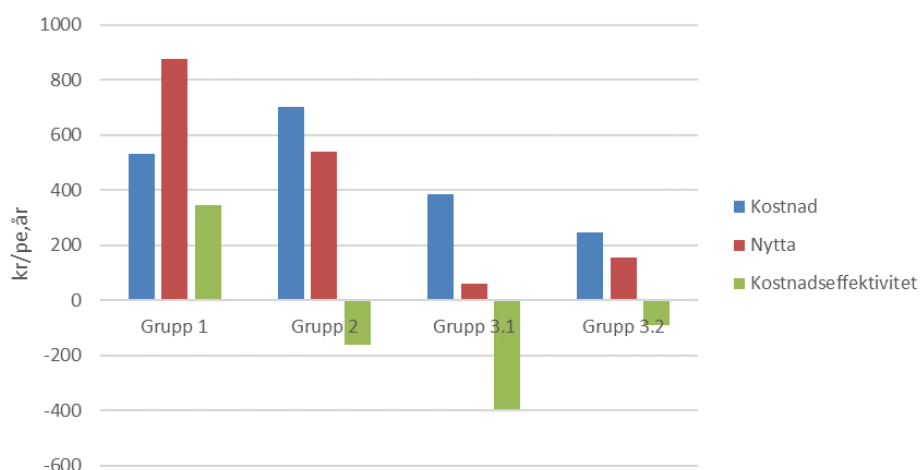
Författarna av föreliggande studie bedömer att antaganden som användes i EU-kommissionens konsekvensbedömning inte är realistiska. Det är tekniskt inte möjligt att uppnå kvävereduktion >80% eller till under 6 mg/l som årsmedel utan användning av kolkälla och utan stora ökningar av bassängvolym. Om extern kolkälla inte ska användas behöver man ha väldigt låg slambelastning och hög recirkulationsgrad i kombination med lågt uttag av organiskt material i försedimenteringen, exempelvis som i Biodenitro-processen. Det kräver dock väldigt stora bassängvolym för att ge tillräcklig tid för hydrolys av slam och ger lägre biogasproduktion. De tre största reningsverk i Stockholmsområdet har valt att i stället använda efterdenitrifikationsprocessen med extern dosering av kolkälla för att uppnå utgående kvävehalt av 6 mg/l. Detta eftersom den processlösningen ger bäst ekonomi och förmodligen även minsta miljöpåverkan. Vid efterdenitrifikation är det hög risk för bildning av lustgas om det finns underskott av kolkälla. Den producerade lustgasen kommer då strippas ut i efterföljande efterluftningssteget. Fullständig efterdenitrifikation med tillräcklig mängd kolkälla är dock den bästa möjligheten att reducera bildad lustgas löst i vattenfasen. Det finns dock inte tillräcklig med underlag för att välja rätt utsläppskoefficient för efterdenitrifikationsprocessen. Vi har därför valt att likställa utsläppskoefficienten i efterdenitrifikationsprocessen med koefficienten av indirekt utsläpp i recipienten. Det kan diskuteras om detta antagande är rimlig, dock är det mer rimlig än att bortse från det ökade utsläppet i efterdenitrifikationssteget alls, så som EU-kommissionens konsekvensbedömning gjort.

⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722034192?via%3Dihub>

Kostnadsbedömningen av de nya kraven bygger på en modell för beräkning av kostnader för reningsverk med olika utformningar⁶. Ingen av de utformningar som ingår i modellen kan uppnå utgående kvävehalt < 8 mg/l enligt modellens beskrivning. I EU-kommissionens konsekvensbedömning beräknas kostnaden för implementering av nya kvävekravet genom att beräkna hur mycket det kommer kosta att bygga om de reningsverk som endast har sekundär rening idag till tertiär rening. Det antas därför att de ombyggda reningsverken kommer kunna reducera kvävet till under 6 mg/l med en process som inte är anpassat till så hög reduktionsgrad. Dessutom antas att alla de reningsverk som har ett kvävereduktionskrav idag (oftast med 10-15 mg/l som begränsningsvärde) kan öka reduktionen till motsvarande 6 mg/l utan någon ombyggnad och utan användning av extern kolkälla. Författarna av föreliggande rapport anser att det är helt orimliga antaganden som användes i kommissionens kostnadsbedömning. Det är också viktigt att poängtera att en detaljerad version av kostnadsbedömningen skickats på publicering i en vetenskaplig tidskrift men ännu inte är publicerad eller tillgänglig för allmänheten. Konsekvensbedömningen bygger således på beräkningar som inte är referentgranskade.

EU:s konsekvensbedömning innefattar även kostnad/nytta analys som visar att nyttan med de hårdare kvävekraven är större än kostnaden. I den analysen anges skuggpris för utsläpp av kväve och växthusgaser till 20 EUR/kg N respektive 100 EUR/tCO₂ekv. Om samma priser används för resultat av beräkningar i föreliggande studie blir kostnadseffektiviteten negativ för alla grupper förutom grupp 1 (Figur 12), det vill säga det minskade utsläppet väger inte upp de extra kostnaderna och utsläpp av växthusgaser som reningen kräver. Även kostnadseffektiviteten i Grupp 1 är osäker eftersom den beror mycket på om minskat kväveutsläpp till Bottenhavet och Bottenviken medför samma miljönytta som utsläpp i mer känsliga vattenbassänger.

⁶ <https://www.oecd.org/env/outreach/36227787.pdf>



Figur 12. Kostnad-nyttoanalys av hårdare kvävekrav.

Osäkerheter

I denna studie har konsekvenserna av hårdare krav avseende kväverening bedömts bara grovt för att visa storleksordningen av investeringen och de tillkommande årskostnaderna. Några exempel på antaganden som gjorts men som inte alltid stämmer i verkligheten:

- Det har antagits att alla reningsverk i grupp 1 bygger på aktivslamprocessen och byggs om till MBBR för att öka kapaciteten. Några reningsverk i grupp 1 har redan MBBR-processen, exempelvis Uddebo ARV i Luleå, ett av de största i gruppen. För dessa reningsverk kommer det krävas en större utökning av volymer för att klara kvävereningen.
- För grupp 3.2 dimensioneras oluftad MBBR-volymer för att reducera kväve från dagens utgående halt till 6 mg/l och efterluftningsvolymen har antagits vara 1/3 av den oluftade. Om utgående kvävehalt redan är nära 6 mg/l blir denitrifikationsvolymen liten och efterluftningen ännu mindre. I verkligheten kan inkommande vatten till de kompletterande stegen ha så hög syrehalt att en kompletterande deoxreaktor kan behövas eller att denitrifikationsreaktorn behöver utökas. Efterluftningssteget dimensioneras vanligtvis utifrån flöde och inte kvävebelastning så även den blir för liten om kvävehalten behöver reduceras med bara någon mg/l.
- Tillkommande kostnad för reningsverk i grupp 1 blev väldigt lik kostnaden för reningsverk i grupp 2 eftersom utökningen av volymerna på grund av antagandet om två grader kallare vatten inte var kostnadsdrivande. I verkligheten har vissa reningsverk i Norrland liknande vattentemperaturer som i södra Sverige, medan andra har lägre temperaturer än antagits. Dessutom har det i pågående IVL

pilotprojekt på Fillan ARV visats att höga inkommande syrehalter i inkommande vatten samt låga halter av tillgängligt organiskt material kan kräva mycket högre dosering av kolkälla än vad som antagits i föreliggande studie. Detta gör att verkliga reningskostnaden kommer vara betydligt högre för vissa reningsverk. Det finns flera reningsverk som har vattentemperaturen under smältperioden på ca 5 °C under flera veckor (exempelvis Essvik, Fillan, Lycksele), vilket är ca 5 grader lägre än dimensionerande temperatur för reningsverk i södra Sverige. För att dimensionera för fem grader kallare vatten behöver volymer av biobassänger vara upp till 50% större. För dessa reningsverk kommer kostnaden vara väsentligt högre än vad som beräknats som medel för gruppen i föreliggande studie.

- Vissa reningsverk som redan har ett efterdenitrifikationssteg och tillräcklig kapacitet eller marginaler i dimensioneringen, kan öka kvävereduktionen genom att bara öka doseringen av extern kolkälla. Det kommer bara ge en marginell ökning av reningskostnaden, motsvarande 25 kr/kg N, det vill säga 3-100 gånger lägre än för de reningsverk som behöver bygga om.
- I denna studie antas att alla reningsverk behöver minska utgående kvävehalt till < 6 mg/l. I förslaget till avloppsdirektiv finns ett undantag att vissa reningsverk inte behöver reducera utsläppet om kvävemängden för alla reningsverk som släpper ut i visst område reduceras med minst 85%. Vissa reningsverk som ligger väldigt nära 6 mg/l behöver förmodligen inte byggas om till stor kostnad per kg N om andra reningsverk reducerar utsläppet till ännu lägre halter. Det är dock svårt rent praktiskt att reducera kväve till < 5 mg/l.
- Det finns stora osäkerheter i de beräknade investeringskostnaderna. Kalkyler som tas fram i förstudieskede för specifika reningsverk brukar ha en osäkerhet av ±25%. Vid en generisk dimensionering utan utredning av specifika reningsverkets behov ökar den osäkerheten, uppskattningsvis till ±35%. Om sådan kalkyl appliceras sedan på andra reningsverk, med okänd reningsprocess och eventuellt helt andra förutsättningar, ökar osäkerheten ytterligare, uppskattningsvis till ±50-60%. Marknadsläget i byggbranschen (exempelvis när många reningsverk behöver byggas om samtidigt och det generellt ökande prisnivån) kan öka priser ytterligare.
- Kalkylerna avgränsades till bara de om- och tillbyggnationer som kommer vara nödvändiga som en direkt konsekvens av hårdare kväverenkingskrav. Det är oftast lämpligt att bygga om även andra anläggningsdelar samtidigt samt renovera bassänger och lokaler.

Tillkommande kostnad för dessa ombyggnationer kan vara av samma storleksordning som vad som krävs för förbättrad kväverening. Det sätter ännu hårdare press på VA-kollektivet, både i form av kostnader men även avseende tillkommande arbete med planering och projektering.

Slutsatser

Genomgång av utsläppsdata för alla svenska reningsverk visade att 161 av 179 reningsverk som är större än 10 000 pe behöver byggas om som en direkt konsekvens av skärpta krav i förslaget till avloppsdirektiv. Dessa reningsverk renar vatten från ca hälften av Sveriges befolkning. Om även pågående eller planerad ombyggnad av fem reningsverk i Stockholm och Göteborg räknas in kommer ca 70 % av alla Sverige reningsverks kapacitet att behöva byggas om inom löpet av 13 år. Det kommer innebära stora utmaningar med att klara den tuffa tidsplanen men även stora kostnader för samhället.

Total investeringskostnad för alla ombyggnationer uppskattas till 20,5 miljarder kronor. Hårdare reningskrav och mer avancerad reningsprocess innebär även väsentlig ökning av elförbrukning och användning av extern kolkälla, som vanligtvis produceras av naturgas eller andra fossila råvaror. Total tillkommande årskostnad, som inkluderar kapitaltjänst, ökad förbrukning energi och kemikalier samt förstärkt personalstyrka beräknats till 1,8 miljarder kronor per år.

Det finns stora skillnader i de tillkommande kostnaderna för olika reningsverk med olika förutsättningar. Kostnad per pe är högst för små reningsverk i Norrland (> 1000 kr/år, pe) medan den är lägst för medelstora och stora reningsverk i södra Sverige (< 100 kr/år, pe). Även specifika kostnaden för reduktion av 1 kg N varierar kraftigt för olika reningsverk och uppgår till > 1000 kr/kg N för de små reningsverk som renar kväve redan bra idag.

Införande av de skärpta kvävekraven förväntas öka Sveriges utsläpp av växthusgaser med 38 000 ton CO₂ekv/år, exklusive indirekta utsläpp förknippade med ombyggnation av reningsverken. Det är en av de största skillnaderna med EU:s konsekvensanalys där utsläpp av växthusgaserna skulle minska som ett resultat av mer hårda kvävekrav.