

Slutrapport - Minska utsläppen av lustgas från industriell och kommunal vattenrening

Gustavsson, D.J.I.¹, Persson, F.², Stark Fujii, K.³, Lindblom, E.U.⁴, Björk, A.⁵, Ekström, S.¹, Sundström, K.⁶, Christensson, M.⁷ & Baresel, C.⁵

¹VA SYD, ²Chalmers tekniska högskola, ³Stockholm Vatten och Avfall, ⁴Lunds universitet, ⁵IVL Svenska Miljöinstitutet, ⁶Gryaab, ⁷Veolia Water Technologies

Vid dagens konventionella hantering av fekalier och urin späds dessa avloppsfraktioner ut hundra gånger med toalettpolvatten och bad-, disk- och tvättvatten. Det leder till att de nyttigheter som finns i avloppet, såsom växtnäring och organiskt material, inte kan utnyttjas till fullo. Nyttigheterna omvandlas istället till föroreningar som behöver renas bort från vattnet för att det ska kunna ledas vidare till välmående sjöar, vattendrag och kuster.

Vid omvandling i och avskiljning av växtnäringsämnet kväve (N) från vattnet riskerar den kraftiga växthusgasen lustgas (N₂O) att bildas och släppas ut till luften. Lustgasutsläppen står idag för 10-40 % för de direkta växthusgasutsläppen från det kommunala VA-systemet, men storleksordningen på utsläppen är egentligen väldigt osäkert. Än mer osäkra är lustgasutsläppen från industriell vattenrening då belastningen på de industriella reningsverken inte redovisas offentligt. Klok vattenanvändning och hållbart vatten för alla 2050 kan enbart uppfyllas om avloppsreningen sker på ett klimatsmart sätt.

Nuläge

FN:s klimatpanel IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) uppskattar att 1,6 % av inkommande kväve till de kommunala avloppsreningsverken släpps ut från de biologiska vattenreningsprocessen till atmosfären i form av lustgas (IPCC, 2019). Detta motsvarar utsläpp av 280 kton koldioxid-ekvivalenter (Naturvårdsverket, 2022), vilket är 0,6 % av Sveriges direkta utsläpp av växthusgaser, och ett utsläpp på 30 kg koldioxidekvivalenter per person och år. Enligt SCB (2022) står industriell vattenrening enbart för 4 % av lustgasutsläppen från avloppsrening i Sverige.

Internationella, men också nationella, studier av utsläppsdynamik från kommunal avloppsrening visar på ett behov av kontinuerliga mätningar av lustgasutsläppen för att kunna göra rättvisa uppskattningar av utsläppen. Utsläppen varierar både i tid och rum och är svåra att förutse med de mekanistiska modeller som finns för de biologiska processer som idag är kända för lustgasproduktionen. Utsläppsfaktorn på 1,6 % av inkommande kväve behöver alltså inte säga så mycket om de totala svenska utsläppen.

Kvantifiering måste alltså ske med mätning. Ett reningsverk som är övertäckt så att mätning kan ske i all frånluft från verket är idealt för att kunna kvantifiera utsläppen. De allra flesta reningsverken är dock förlagda utomhus. Stockholms tre största kommunala avloppsreningsverk (Bromma, Henriksdal och Käppala) är dock förlagda i berget och mätning av lustgas sker i kontinuerligt ventilationsluften från dessa verk. Dessa verk har faktiska utsläpp som motsvarar ca 0,6 % av inkommande kväve. Alltså kan rapporterade utsläpp av lustgas från dessa verk minskas med en tredjedel bara genom att mäta utsläppen.

Klagshamns avloppsreningsverk i Malmö är förlagt utomhus. Där sker kontinuerlig mätning av lustgasutsläppen, men då via flytande huvar, från de bassänger där luftning sker och därmed från de bassänger där majoriteten av lustgasutsläppen sker. Utsläppsfaktorn på Klagshamn ligger kring 1,4 %.

Kontinuerlig mätning av utsläppen från svenska vattenrening sker alltså på bara fyra reningsverk. Under 2020-talet har flera VA-bolag gjort årliga klimatbokslut, vilket har gett utsläppen ytterligare uppmärksamhet. Även Svenskt Vattens nya satsning på klimatneutral VA har skruvat upp intresset, liksom förslaget till EU:s nya avloppsdirektiv där det föreslås att lustgasutsläppen från reningsverk över 10 000 personekvivalenter ska övervakas och på sikt minska.

När möjligheten finns att mäta på frånluft i ventilationssystem finns flera fabrikat för mätning av lustgashalten att välja på (minst åtta olika enligt vår undersökning) som alla baseras på infraröd teknik (FTIR eller NDIR). När det gäller att inhandla komplett utrustning för att samla in gas från öppna bassänger och analysera lustgashalten i den insamlade gasen så finns enbart två kommersiella företag (en schweizisk och en tysk) som kan leverera komplett utrustning.

När väl kontinuerlig mätning av utsläppen är på plats behöver utsläppsdynamiken utvärderas för att kunna ta fram idéer om vilka utsläppsminskande åtgärder som ska implementeras. Traditionella multivariata statistiska metoder kan användas för att öka förståelsen för samband mellan driftparametrar och lustgasutsläpp. Då utsläppsdynamiken varierar under dygnet, mellan veckodagar och mellan säsonger och kan härledas till olika produktionsmekanismer vilka alla ännu inte är kända så är denna analys komplicerad. Att olika driftparameter mäts med olika upplösningar och noggrannhet är en tillkommande utmaning i denna analys. Nuvarande mekanistiska modeller har en begränsad möjlighet till att hjälpa till att förstå utsläppen. Nyare AI-baserade maskininlärningsmetoder har visat goda resultat för prediktion och klassificering av perioder med höga utsläpp. Samtidigt lyfter litteraturen behovet av att förbättra tolkbarheten i dessa modeller för att de skall kunna användas i praktiken och leda till minskade lustgasutsläpp.

Trots att kontinuerlig mätning har skett på fyra stora kommunala avloppsreningsverk de senaste åren har begränsade driftförändringar implementerats för att minska utsläppen. Detta beror till stor del av att analysen av insamlade data har varit tidskrävande och svår. Till detta kommer avsaknaden av en aktiv erfarenhets- och kunskapsöverföring för en harmonisering av mätningar och utsläppsberäkningar mellan olika VA-aktörer

Önskad framtid

I en önskad framtid år 2050 vet vi hur stora lustgasutsläppen är eftersom vi då kontinuerligt mäter utsläppen och vi håller utsläppen på mycket låga nivåer. Många av Sveriges avloppsreningsverk kommer att byggas ut de kommande tio åren. Nästa större utbyggnation kommer att ske på 2050-talet och då kommer kunskapen om lustgasutsläppen att kunna beaktas även i designstadiet. De nybyggda reningsverken de kommande tio åren kommer enbart att kunna beakta utsläppen enbart i driftstadiet. Analysen av och kunskapen om utsläppen kommer dock att öka och generera kunskap till 50-talets utbyggnationer.

År 2050 finns flera leverantörer, även svenska, som levererar komplett kostnadseffektiv utrustning för mätning av utsläpp både från öppna och övertäckta processteg, inte bara baserad på IR-teknik utan också hyperspektral värmekamera, laser och gaskromatografi. Data-analys sker bl a via användarvänlig AI-baserade maskininlärningsmetoder som är specialdesignade för reningsverkspersonal, men de mekanistiska modellerna är också betydligt bättre och kan användas vid design av reningsverk.

EU ställer tydliga och rimliga krav på mätning vid reningsverk större än 2 000 personekvivalenter och redovisning av utsläpp. Om inte EU ställer krav på låga utsläpp så är den svenska lagstiftningen tuffare och kräver att de direkta utsläppen av lustgas från Sverige minimeras. Kravet på svensk avloppsrening utformas utefter totala utsläpp av koldioxidekvivalenter från verksamheten. Avgifter utgår om kraven inte uppfylls.

År 2050 har också det svenska avloppssystemet påbörjat en större omställning för att samla in kvävet i avloppet och recirkulera det direkt till den svenska matproduktionen. Det sker via källsorterande avloppssystem, vilket innebär att reningsverken inte mottar allt kväve från invånarna och därmed minskar även lustgasutsläppen.

Behov av omställning

Projektets och kommande initiativs huvudsakliga mål är att accelerera implementering av kontinuerlig mätning på svenska reningsverk för att kunna kvantifiera och minska utsläppen av lustgas från svensk vattenrening. En hel del av utmaningarna för att accelerera implementeringen är tekniska, men även ekonomiska, juridiska och sociala hinder finns för att komma vidare. Dessutom behövs inledningsvis en testinfrastruktur för att kunna accelerera arbetet.

Teknik, produkter och processer

Mätteknik - möjligheter, hinder, lösningar och relevanta aktörer

Det finns idag endast två företag som levererar komplett utrustning för mätning av lustgasutsläpp från öppna bassänger. Båda företagen (Upwater och Variolytics) har mångårig erfarenhet och projektet har varit i kontakt med båda dessa företag och bedömer att de har mycket god kompetens. Dock har de båda enbart sålt 10-15 stycken system vardera. Kostnadsnivån på respektive företags lösningar är likvärdiga, men leveranstiden är något längre för Upwater då de är ett yngre företag och inte har samma personalstyrka som Variolytics. Å andra sidan har Upwater en enklare systemlösning som kan vara attraktivt för fler köpare då deras lösning innehåller färre mätceller per installation.

Inga svenska reningsverk har installerat utrustning från ovanstående företag. Kommunalförbundet VA SYD har själva komponerat och köpt in utrustning till Klagshamns avloppsreningsverk för mätning från bassänger med mätluvar. De bedömer dock att det är enklare att köpa in en färdig totallösning. Vi rekommenderar att svenska reningsverk köper in och testar dessa två leverantörers lösningar så att vi erhåller svensk erfarenhet av dessa. Det finns här en uppenbar möjlighet för andra företag att skapa totallösningar för att konkurrera med dagens fåtaliga aktörer. IVL Svenska Miljöinstitutet har ett pågående samarbete med det svenska företaget Senseair för utveckling av ännu billigare och enklare mätutrustning och inom detta projekt har ytterligare steg tagits för att utveckla en konkurrerande lösning.

För själva analysen av lustgashalter finns flera leverantörer av mätutrustning vilket gör att mätningar i ventilationssystem från reningsprocesser är enklare att implementera. Det är dock viktigt att komma ihåg att det kanske krävs flytande luvar även på bassänger i täckta verk för att kunna ta reda på varifrån mer exakt utsläppen härrör ifrån. Det kan också vara bra att komplettera med någon vätskesensor då denna mätning kan berätta mer om vart lustgasproduktionen sker. Mätning av lustgashalten i frånluften behöver inte alltid avslöja vart lustgasen har producerats, men naturligtvis vart den släpps ut. Det danska företaget Unisense är världsledande gällande lustgassensorer för vätskefas. Även Variolytics kompletterar sin frånluftsmätning med en vätskefasmätning i ett av sina erbjudanden. Den sistnämnda lösningen ger en mycket god bild av lustgassituationen på ett reningsverk, men kostar betydligt mycket mer än en lösning med enbart frånluftsmätning.

Förutom de omnämnda aktörerna ovan är följande kommunala VA-organisationer viktiga, intresserade och relevanta aktörer i kommande projekt gällande mätteknik: Stockholm Vatten och Avfall, Käppala-förbundet, Nodra, Syvab, Uppsala Vatten och Avfall, VA SYD och Vivab.

Mätteknik - identifierade fortsättningsprojekt

Projektet har tagit fram ett färdigt projektförslag med syfte att ta fram praktisk kunskap och stöd vid val och installation av utrustning för kontinuerlig mätning. Mer konkret avser projektet ge praktisk kunskap och vägledning gällande:

- Vilken typ av kostnadseffektiv mätutrustning som bör implementeras för en bra utsläppskvantifiering och åtgärdsalternativ.
- Möjligheter att identifiera lämpliga placeringar för mätutrustning i öppna processer.
- Tillvägagångssätt för en så bra kvantifiering av lustgasutsläpp som möjligt baserat på underliggande osäkerheter.

Resultaten från projektet kommer ge praktiskt stöd både för anläggningar med redan befintliga kontinuerliga lustgasmätningar och de som önskar implementera sådana.

Det är av stor vikt att flera reningsverk börjar mäta sina utsläpp. VA SYD erhöll under våren 2025 pengar från Klimatklivet, som är ett stöd till fysiska investeringar som minskar utsläppen av växthusgaser, för installation av mätutrustning för lustgas. Under sommaren 2025 skapas den så kallade Klimatklivet-klubben där ett flertal kommunala reningsverk, under ledning av VA SYD, genomför ett samarbete för att stödja varandra till att enskilt skicka in ansökningar till Klimatklivet för inköp av mätutrustning.

Utsläppsminskande åtgärder - möjligheter, hinder, lösningar och relevanta aktörer

Det är idag vedertaget att lustgas bildas av mikroorganismerna som utför de biologiska processer som krävs för att avskilja kväve från avloppsvattnet. Dock kan inte rent kemiska processer uteslutas har en viss betydelse vid vissa omständigheter. För att kunna utforma effektiva strategier för att minska lustgasutsläppen behövs en grundläggande förståelse för mikroorganismernas produktionsvägar och hur dessa kan regleras. Inom projektet har vi skapat en webbsida där bland annat utsläppsminskande åtgärder beskrivs (<https://swedenwaterresearch.se/projekt/minska-utslappen-av-lustgas-fran-vattenrening/>). Dessa åtgärder, som är till stor del består av förändringar av driftparametrar, kräver ibland vetenskap om vilken produktionsväg som lustgasen har sitt ursprung ifrån.

Det finns ett begränsat antal rapporterade studier om åtgärder för att minska lustgas i fullskala. Fullskaletester har genomförts, men många reningsverk befinner sig fortfarande i ett tidigt skede av detta arbete. Det finns ett mindre antal svenska redovisade studier, men desto fler studier från Danmark, Finland, Nederländerna och Schweiz. Under projektet har vi skapat goda kontakter med kommunala VA-organisationer, forskningsinstitut och företag som arbetat nära de utländska studierna.

Ett sätt att minska lustgasutsläppen är att destruera lustgasen i frånluften. Det finns flera metoder för att destruera lustgas. Implementeringen av dessa tekniker på reningsverk medför dock flera utmaningar. En av de största svårigheterna är att samla in och behandla frånluften från de stora luftade bassängerna, eftersom det är stora gasflöden och lustgaskoncentrationen är låg och fluktuerande. Dessutom har frånluften en hög syrehalt, låg temperatur och innehåller vattenånga, vilket ytterligare påverkar effektiviteten hos traditionella destruktionsmetoder. I allmänhet inkluderar de tillgängliga teknikerna för att avlägsna lustgas från gasströmmar absorption, termisk katalytisk nedbrytning, selektiv katalytisk reduktion eller plasmabehandling. Destruktion av lustgas förekommer i flera industrier och är inte så vanligt i avloppsreningsverk. Praktiska erfarenheter av lustgasdestruktion från avloppsreningsverk finns i bl a Danmark och Schweiz. Inom projektet har vi varit i kontakt med ett par leverantörer och forskare som gärna vill implementera sin teknik på reningsverk. Förutom att det kan vara tekniskt svårt att destruera lustgasen så är ju minskningen av lustgasutsläppen helt beroende av destruktionsmetoden om sådan teknik väljs. Kanske optimeras den biologiska reningsprocessen så att lustgas-

produktionen maximeras och då blir utsläppen och klimatpåverkan skyhög om destruktionsmetoden skulle vara ut bruk.

Utsläppsminskande åtgärder – identifierade fortsättningsprojekt

Det finns många infallsvinklar på fortsatta projekt gällande utsläppsminskande åtgärder. Det behövs mer kunskap om själva lustgasproduktionsmekanismen för olika processer, fler dokumenterade fullskalemätningar från reningsverk där åtgärder testas för att minska lustgasutsläppen och utvärdering av dataserier med lustgas för att få ökad förståelse och en verktygslåda att för kontrollera utsläppen.

På avloppsreningsverk som mäter lustgas erhålls data som visar dynamik i utsläpp med samtidiga mätningar av vattenkvalitet och driftdata. Eftersom utsläppen beror på mikroorganismernas aktivitet och sammansättning behövs också data på dynamiken för dessa grupper av mikroorganismer för att förstå orsakerna till dynamiken så att rätt åtgärder kan sättas in. Komplettering av vattenkvalitetsmätningarna med kväveintermediärer (nitrit och helst också kvävemoxid) bidrar också till ökad mekanistisk förståelse över produktions- och konsumtionsvägarna för lustgas. Vi föreslår därmed projekt med parallella mätningar av lustgasemissioner, vattenkvalitet och mikrobiell aktivitet och sammansättning.

Vår förståelse för hur lustgas omsätts vid avloppsrening är baserad på rening med aktivt slam i vilket mikroorganismerna växer i flockar. Men flera avloppsreningsverk i Sverige och andra länder har biofilmsprocesser för kväveavskiljning. Vi vet idag mycket mindre om hur lustgas omsätts i biofilm än i flockar. Gradienterna av substrat (kväveföreningar, syre, organiskt material) i biofilmen gör att förhållandena för mikroorganismerna är annorlunda i biofilm än i flockar. Vi vet heller inte ifall den dynamik i lustgasutsläpp som har mätts på flera verk med aktivt slam också gäller för biofilmsprocesser. Vi föreslår därmed projekt där lustgasutsläpp mäts på verk med biofilm för kväveavskiljning och att dessa mätningar sker tillsammans med mätningar av mikroorganismernas sammansättning och aktivitet. Projekt med mätningar från membranbioreaktor (MBR) i fullskala föreslår även för att öka kunskapen om dess lustgasproduktion i jämförelse med andra processer.

Ett annat intressant projekt skulle vara att utvärdera serier av driftdata från mätningar för att hitta en indikator för respektive produktionsväg som producerar lustgasen. Med hjälp av denna indikator kan en driftstrategi kopplas för att minska lustgasen på ett reningsverk. Deltagare i projekt är förslagsvis flera verk för att hitta den indikator och åtgärd som passar för det speciella reningsverket. Det kan vara olika åtgärder beroende på om lustgasen produceras under en driftstörning eller under normala förhållanden.

För att genomföra ovanstående projekt behövs en aktörsgrupp bestående av representanter från både reningsverk (intresserade omnämnda under Mätteknik) med ätning i fullskala och forskare, framför allt från Chalmers tekniska högskola. Även samarbete med forskare från Nederländerna, Danmark, Schweiz och Spanien är att önska i dessa projekt.

Digitala verktyg - möjligheter, hinder, lösningar och relevanta aktörer

Det är svårt för dagens personal vid reningsverken att analysera all den insamlade lustgasmätardatan och data från andra driftparametrar och bestämma sig för vilka utsläppsminskande åtgärder som ska testas. Dels för att kompetensen om digitala verktyg är låg, men också för att de digitala verktygen är inte tillräckligt utvecklade. Dels för att den vetenskapliga kunskapen om de bakomliggande mekanismerna för lustgasproduktionen, biologiska och kemiska, är till viss del okända, men också beroende av ett flertal komplexa, icke-linjära och delvis utforskade processer som påverkas av ett stort antal driftparametrar. Det är inte enskilda faktorer i sig, som syrehalt, kvävefraktioner eller recirkulationsflöden, utan snarare kombinationer som triggar lustgasutsläppen. Dessa mönster är

svåra att upptäcka manuellt, särskilt eftersom många involverade mätvärden är brusiga, ofullständiga och ibland osäkra.

Samtidigt har teknikutvecklingen inom sensorer, datalagring och analys skapat förutsättningar för mer automatiserad och datadriven övervakning. Traditionella multivariata statistiska metoder som principalkomponentanalys (PCA) kan användas för att öka förståelsen för samband mellan driftparametrar och lustgasutsläpp. Dessa tekniker erbjuder transparens och enkelhet, men missar ibland viktiga interaktioner. Nyare AI-baserade maskininlärningsmetoder, såsom RF, SVM och LSTM, har visat goda resultat för prediktion och klassificering av perioder med höga utsläpp. Samtidigt lyfter litteraturen behovet av att förbättra tolkbarheten i dessa modeller för att de skall kunna användas i praktiken och leda till minskade lustgasutsläpp.

Vi ser en stor potential för att datadrivna (statistiska, AI-baserade) metoder skall kunna användas för att minska lustgasutsläppen från reningsverk och spela en nyckelroll i VA-sektorns klimatomställning.

För att utveckla digitala verktyg för att minska lustgasutsläppen krävs kompetens från flera teknikområden såsom mätteknik, dataanalys, biologisk avloppsvattenrening och djupgående kunskap om lustgasbildning. Framtida projekt behöver ske i nära samarbete mellan forskningsinstitut (IVL Svenska Miljöinstitutet), universitet (t ex Lunds och Uppsalas universitet) och VA-organisationer (omnämnda ovan). Teknikkonsulter och leverantörer bidrar med specifik expertis om implementering och lösningar som möjliggör realtidsanvändning i anläggningarna, t ex Edge computing.

Digitala verktyg – identifierade fortsättningsprojekt

Ett projektförslag är framtaget med övergripande mål om att lustgasutsläppen från svenska reningsverk genom att utveckla digitala verktyg som utifrån driftdata kan:

- Identifiera perioder med förhöjda N₂O-utsläpp.
- Synliggöra vilka kombinationer av driftparametrar som påverkar utsläppen.

Med denna funktionalitet kommer verktyget kunna ge svar på frågor som ger stöd till operatörer i att fatta informerade beslut om driftstrategi, exempelvis:

- Hur har N₂O-utsläppen varierat det senaste dygnet, veckan eller månaden?
- Vilka processparametrar låg utanför normalintervallet under perioder med höga N₂O-utsläpp?

Det är viktigt att identifiera hur datatillgång och anläggningsstrukturen för anläggningarna ser ut med olika typer av processer och storlek för att skapa typfall. Det är också viktigt att deltagande organisationer representeras i hög grad då det är där erfarenhet och kunskap om lokala mätdata och nödvändig funktionalitet finns. Erfarenheten säger att det måste finnas dedikerade personer hos behovsgäaren för att datadrivna verktyg skall komma till användning och detta behöver säkerställas under utvecklingen.

Projektet ska resultera i ett fritt tillgängligt mjukvarubibliotek som innehåller de funktioner som är nödvändiga för analys av lustgasutsläpp från reningsverk, men också i datadrivna modeller som kan prediktera lustgasutsläppen och beskriva hur dessa samvarierar med övriga data. Målet är att utvärdera olika datadrivna metoder i en gemensam och öppen mjukvara, där verktyget ska kunna användas online och att det finns en väg framåt för hur kodbasen skall underhållas.

Pengar och värde

Samtidigt som mätutrustning och datahantering kräver en betydande ekonomisk insats finns det idag inga ekonomiska drivkrafter för att minska sina lustgasutsläpp från vattenrening i Sverige. Det finns ingen utsläppshandel för de kommunala reningsverkens utsläpp. De stora företag inom tillverknings-

industrin som deltar i utsläppshandelssystemet ETS2, det nya europeiska utsläppshandelssystemet för koldioxidutsläpp, som också har vattenrening har ofta betydligt större utsläpp i sin basverksamhet. Koldioxidskatter för rening av avloppsvatten hade påskyndat implementeringen av kontinuerlig mätning.

Implementering av lustgasmätning som direkt visar på minskade utsläpp (30-60 %) i förhållande till IPCC:s standard utsläppsfaktor kan för reningsverk med en belastning från en medelstor svensk stad (50 000 personekvivalenter) innebära en kostnad (under en femårsperiod) på 360-720 kr/ton koldioxidekvivalenter. Även med enklare justeringar av lustgasproduktionsberoende driftparametrar, som ger effekt, kan kostnaden lägga sig i den nedre delen av spannet. För de kommunala avloppsreningsverken är implementering av mätning av lustgas och implementering av utsläppsminskande åtgärder den billigaste och mest kraftfulla åtgärden för att minska sin klimatpåverkan.

Som redan omnämnts så kan organisationer med fördel söka medel från Naturvårdsverkets Klimatklivet för att erhålla upp till 40 % av investeringskostnaden och kostnaderna för de efterkommande utsläppsåtgärderna.

Policy och styrning

Enligt EU:s nya avloppsdirektiv ska samtliga reningsverk större än 10 000 personekvivalenter (belastning) övervaka sina utsläpp av växthusgaser. I direktivet står det att växthusgaser ska övervakas med mätning, beräkning eller modellering. Den 2 juli 2027 kan EU-kommissionen komma med en genomförandeakt som beskriver hur detta ska göras i mer detalj. Den svenska lagstiftningen är på plats den 31 juli 2027 och Sverige ska rapportera nationella utsläpp från sektorn 31 december 2030 till EU. Om EU-kommissionen menar allvar med att minska lustgasutsläppen bör det beslutas att övervakningen ska ske med mätning. Det står också i direktivet att utsläppen från avloppsreningen ska minska, men inte med hur mycket.

I Danmark har Miljøstyrelsen under 2024 (Miljøstyrelsen 2024) lagt fram ett förslag för att minska utsläpp av lustgas från reningsverk genom att införa regleringsmetoder och gränsvärden. Rapporten rekommenderar en dynamisk, relativ gränsvärdesmetod där gränsvärden för lustgas relateras till kväveinnehållet i inkommande avloppsvatten (utsläppsfaktor). För att mäta och följa upp dessa utsläpp föreslås en positivlista över godkända mätteknologier samt en ackrediterad metod för standardiserad datainsamling. Implementeringen föreslås ske i flera steg, med en inledande period där enklare mätningar används för att etablera baslinjeutsläpp, följt av mer detaljerade mätningar om gränsvärden överskrids. Varje ARV får sitt gränsvärde baserat på en etablerad baslinje för historiska lustgasutsläpp. Gränsvärdet revideras årligen vilket möjliggör en kontinuerlig förbättring och anpassning av regleringen till tekniska framsteg och förändrade förutsättningar. Om baslinjen inte är känd används schablonvärden för utsläppsfaktorn, exempelvis 0,84 % (utifrån nationella mätningar) eller 1,6 % (IPCC-standard). Vid behov kan gränser fastställas individuellt med hänsyn till faktorer som kväveinnehåll, typ av processer och tekniska möjligheter till reduktion. Ett grundkrav i förslaget för att kunna mäta och övervaka lustgasutsläpp effektivt är användning av sensorer som mäter lustgasproduktion och utsläpp i realtid. En förteckning över godkända mätteknologier rekommenderas tas fram för att säkerställa att alla reningsverk använder pålitliga och validerade metoder. Dessutom ska en standardiserad metod för mätning och beräkning av lustgasutsläpp utvecklas och ackrediteras via DANAK (danska ackrediteringsorganet). Fram till dess föreslås en tillfällig metod som inkluderar riktlinjer för mätning, kalibrering och rapportering av utsläpp.

Även på svensk mark bör vi arbeta fram policyförslag för hur vi kan accelerera arbetet med att minska klimatutsläppen från vattenrening med inspiration från Danmark.

Acceptans och beteendeförändring

Arbete med att minska en verksamhets klimatarbete kan kräva enskilda personers engagemang om inte legala eller ekonomiska drivkrafter finns närvarande. En kommuns ambitiösa klimatmål räcker ofta inte till. Ytterligare mätutrustning innebär till exempel mer drift och underhåll. När VA-verksamheter bolagiseras kan dessa delar av kommunen kanske frånges ifrån. Lustgasutsläppen från avloppsreningen kan stå för en stor andel av de lokala klimatutsläppen. Även på reningsverk där krav saknas gällande kväveavskiljning kan kväveomsättande processer uppstå om inte driften kontrolleras noggrant. Det finns till och med exempel på mycket höga utsläpp från icke-kväveavskiljande verk.

Allmänheten har till stor del accepterat att vi måste agera för att minska våra klimatutsläpp. VA-verksamhetens utsläpp kan invånarna normalt inte påverka. Att verka för alternativa VA-system, som källsorterande avloppssystem som urinsortering, kan dock minska utsläppen vid implementering. Minskat proteinintag minskar också kvävebelastningen på reningsverken som i sin tur kan minska lustgasutsläppen.

Vårt initiativ hoppas kunna engagera enskilda medarbetare på reningsverken att påverka sin ledning till att agera och köpa in mätutrustning. En hemsida har skapats för att öka kunskapen hos berörda. Hemsidan kommer kontinuerligt uppdateras för att redovisa aktuella rön, aktiviteter och events. Hemsidan kommer kanske också fungera som en medlemsportal, där exempelvis det digitala verktyget för data-analys kan nås. Initiativet kommer också vara aktivt genom att synas i branschtidskrifter och på konferenser.

Omställningsinfrastruktur

År 2023 startade ett informellt lustgasnätverk mellan ett femton kommunala VA-organisationer. Under detta projekt har förutom parterna Stockholm Vatten och Avfall och VA SYD även Gryaab deltagit vid samtliga projektmöten. Vid ett tillfälle har samtliga lustgasnätverksmedlemmar samt andra intresserade VA-organisationer och företag bjudits in för att berätta om detta projekts resultat.

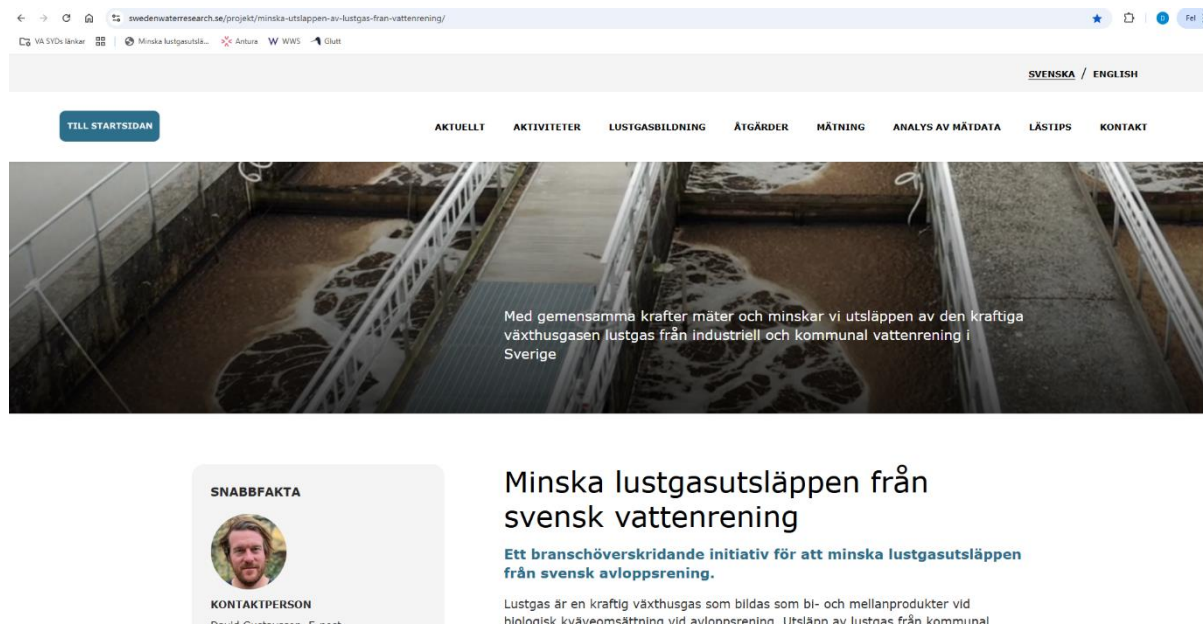
I slutet av projektet har det skissats på ett förslag till omställningslabb för att minska lustgasutsläppen, se Figur 1 nedan. För att accelerera minskningen av lustgasutsläpp krävs idag att reningsverk installerar mätutrustning. Inom de två utav Svenskt Vattens finansierade forskningsklustren inom VA, VA-kluster Mälardalen och VA-teknik Södra, finns ett flertal kommunala VA-organisationer som är villiga att börja arbeta med att minska sina lustgasutsläpp redan idag. Redan omnämnda Klimatklivetklubben kommer förhoppningsvis generera ytterligare fem installationer vid fem olika reningsverk under år 2026. När mätning genereras data som kan delas och bearbetas i ett centralt gemensamt kompetenscenter bestående av forskare på Chalmers tekniska högskola (produktionsmekanismer), Lunds universitet (data, modellering och AI), IVL Svenska Miljöinstitutet (mätning) och Sweden Water Research (kommunikation). Samarbete sker med företag för att utveckla ny mätutrustning, destruktionslösningar och nya digitala verktyg. Industrier som inkluderar kväveavskiljning i sina reningsverk, såsom slakterier, läkemedelsindustrier och petrokemisk industri, deltar också. Även konsultbolag, vilka vissa redan finns representerade i klustren, deltar för att öka sin kunskap om lustgasproblematiken. VA SYD är den behovsägare som projektleder omställningslabbet.

Reningsverken köper in mätutrustning, med stöd från Klimatklivet, och kan bidra med en viss kontantfinansiering till kompetenscentret och sin egen tid i in-kind. Extern finansiering krävs för att kunna driva kompetenscentret och hyra in utvecklare.



Figur 1. Skiss på omställningslabb för att minska lustgasutsläppen från vattenrening i Sverige. De två redan existerande forskningsklustren inom VA samarbetar och skapar ett gemensamt kompetenscentrum tillsammans med övrigt näringsliv.

Basen i omställningslabbet är den redan befintliga webbsidan, se Figur 2, som togs fram under detta projekt.



Figur 2. En webbsida är skapade för att sprida information om lustgasproblematiken, lösningar till den och kontaktuppgifter till viktiga aktörer inom området (<https://swedenwaterresearch.se/projekt/minska-utslappen-av-lustgas-fran-vattenrening/>).

Ytterligare resultat från projektet

Se initiativets hemsida på <https://swedenwaterresearch.se/projekt/minska-utslappen-av-lustgas-fran-vattenrening/> för ytterligare resultat av projektets arbete. Projektet har också genererat tre PM för internt bruk.

Övrigt

Denna slutrapport innehåller inte uppgifter om affärs- och driftsförhållanden som skulle kunna leda till skada om de offentliggörs.

Referenser

IPCC 2019. *Chapter 5.6 Wastewater treatment and discharge*. In: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>.

Miljøstyrelsen 2024. *Forslag til reguleringsmetoder til reduktion af lattergasemissioner fra renselanlæg*. Miljøprojekt nr. 2273, ISBN: 978-87-7038-629-6.

Naturvårdsverket 2022. *Avloppsvatten. Rening av avloppsvatten i Sverige 2020*. Naturvårdsverket. <https://www.naturvardsverket.se/4acbd5/globalassets/media/publikationer-pdf/8800/978-91-620-8895-8.pdf>.

SCB 2022. *Utsläpp till vatten och slamproduktion 2020 – Kommunala avloppsreningsverk, massa- och pappersindustri samt viss övrig industri*. Statistiska meddelanden serie MI22 SM2001.